

EVALUACIÓN DEL SISTEMA AGRO-SILVO-PASTORIL DEL SUR DE SINALOA

*Martha A. Perales Rivas, Luis E. Fregoso Tirado,
César Oscar Martínez Alvarado, Venancio Cuevas Reyes,
Alfredo Loaiza Meza, Juan Esteban Reyes Jiménez,
Tomás Moreno Gallegos, Oscar Palacios Velarde
y José Luis Guzmán Rodríguez^(†)*

1. ANTECEDENTES

1.1. Introducción

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a través del Campo Experimental Sur de Sinaloa (CESSI), en coordinación con un grupo de profesores-investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), iniciaron en 1993 el proyecto *Desarrollo Sostenible de los Agroecosistemas en el Sur de Sinaloa*.

El objetivo general del proyecto ha sido mejorar el manejo de los recursos suelo y vegetación de la región a través de la generación, validación, transferencia y adopción de tecnologías agropecuarias y forestales con factibilidad económica, que integren principios ecológicos y sociales. Mediante este proyecto se pretende aportar alternativas productivas sostenibles para la problemática inherente al sistema de producción agro-silvo-pastoril tradicional que manejan la mayoría de los productores de temporal de la región y del estado.

Los trabajos desarrollados conjuntamente por ambas instituciones en la región han recibido —además de recursos de las propias instituciones— apoyo financiero de la Fundación Rockefeller, de la Fundación Tecnológica Sinaloa A.C., y de la Fundación Produce Sinaloa A.C.

El presente trabajo consigna los resultados de la evaluación de la sostenibilidad del sistema agro-silvo-pastoril del Sur de Sinaloa y las alternativas tecnológicas implementadas durante el periodo de 1993 a 1996. La evaluación se realizó aplicando el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) (Maser *et al.*, 1999). Esta metodología tiene como antecedente el Marco para la Evaluación del Manejo Sostenible de la Tierra (FESLM, por sus siglas en inglés) generado por Smyth y Dumanski (1993).

Los objetivos de la presente evaluación son:

1. Identificar y evaluar los puntos críticos para alcanzar la sostenibilidad del sistema agro-silvo-pastoril del Sur de Sinaloa.
2. Restablecer prioridades de investigación y desarrollo.
3. Retroalimentar la metodología utilizada con los resultados y las experiencias obtenidos.

La estructura del escrito se presenta en el mismo orden que propone el MESMIS: En la primera parte se describen las características físico-bióticas y de población de la región de estudio. En el siguiente apartado se describen los sistemas agro-silvo-pastoriles (SASP) tradicional e innovador, así como los puntos críticos del SASP tradicional y los indicadores y metodologías seleccionados para su medición y monitoreo.

En los subcapítulos tres y cuatro se discuten e integran los resultados para las áreas técnico-ambiental, económica y social. Como resultado de

esta discusión, en el último apartado se presentan los nuevos puntos críticos identificados, que se deberán atender en las siguientes etapas del proyecto.

Al término de la evaluación se concluyó que el sistema tradicional es menos sostenible que el innovador, aunque en este último se deben resolver ciertos aspectos de organización de productores, de comercialización y de desarrollo de tecnologías, con el fin de reducir la inversión inicial y de permitir que los productores retengan una mayor proporción del beneficio obtenido, con lo que aumentaría la adoptabilidad, la equidad y la sostenibilidad hasta ahora alcanzadas.

1.2. Contexto socioeconómico y ambiental regional

1.2.1. Ubicación de la zona de estudio

El estado de Sinaloa está localizado en el noroeste de la República Mexicana. Ocupa 58,093 kilómetros cuadrados de superficie continental, 608 km² de superficie insular y 17,751 km² de plataforma continental. Su litoral mide 656 km (Gobierno del Estado de Sinaloa, 1990).

La región Sur de Sinaloa se ubica entre los meridianos 105°11'16" y 107°02'10" Oeste, y entre los paralelos 22°29'18" y 24°52'52" Norte. Comprende siete municipios: Cosalá, Elota, San Ignacio, Mazatlán, Concordia, Rosario y Escuinapa (véase la Ilustración 5.1), que abarcan 17,784 km² del territorio estatal. Por su fisiografía de lomeríos y montañas y su escaso desarrollo socioeconómico, existen marcadas diferencias entre esta región y las zonas Centro y Norte de la entidad.

1.2.2. Suelos y fisiografía

En la región predominan las rocas ígneas extrusivas, aunque hacia el sur y alrededor de las lagunas costeras se encuentran detritos sedimentarios, mientras que hacia el noroeste se presentan rocas ígneas intrusivas ácidas. Los suelos derivados de estas rocas son predominantemente regosoles éutricos, luvisoles vérticos y cambisoles. La mayoría de estos suelos son de textura franco-arenosa y areno-arcillosa, con serias deficiencias de fertilidad, y principalmente de materia orgánica, nitrógeno y fósforo (*ídem*).

Ilustración 5.1. Municipios del Sur de Sinaloa



La región se encuentra orográficamente determinada por las ramificaciones de la Sierra Madre Occidental. Con base en su elevación y topografía es posible distinguir tres subregiones claramente diferenciadas: (a) la planicie costera, (b) los lomeríos transicionales y (c) la sierra, que alcanza altitudes de hasta 2400 metros sobre el nivel del mar (véase la Ilustración 5.2). La mayor parte de la actividad agropecuaria se realiza en la subregión de lomeríos, en terrenos con pendientes frecuentemente mayores al 4 por ciento, por lo que se consideran poco aptos para la producción de cultivos anuales (véase la Ilustración 5.3).

Ilustración 5.2. Elevaciones (m.s.n.m.) en el Sur de Sinaloa

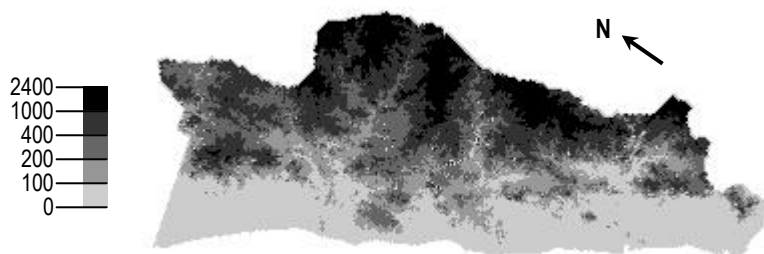


Ilustración 5.3. Pendientes (%) en el Sur de Sinaloa



1.2.3. *Clima y vegetación*

El clima predominante en la planicie costera y en los lomeríos transicionales es cálido subhúmedo (Awo(h)w, el más seco de los subhúmedos), con una precipitación media anual de 600 a 900 mm y una temperatura media de 24.8°C (García, 1973). La lluvia tiene una gran variabilidad inter e intra-anual y una fuerte concentración en verano (normalmente el 80 por ciento se presenta entre julio y septiembre, pero este porcentaje puede llegar a ser mayor¹).

La vegetación predominante tanto en la llanura costera como en los lomeríos transicionales es el bosque tropical caducifolio o selva baja

¹ Por ejemplo, en la comunidad de El Huajote (una de las dos comunidades donde el proyecto ha concentrado sus esfuerzos), la lluvia entre octubre de 1995 y junio de 1996 fue cero.

caducifolia, mientras que en las partes elevadas de la sierra hay bosque de encino y bosque de pino–encino (Gobierno del Estado de Sinaloa, 1990).

1.2.4. *Uso del suelo*

Debido a las condiciones topográficas, así como a la escasez y a la irregular distribución de las lluvias, entre otros factores, el potencial de la región Sur de Sinaloa es esencialmente agropecuario. En 1994 el 13 por ciento de su superficie estaba destinada al uso agrícola, mientras que para uso pecuario y forestal se dedicaba el 57 y el 27 por ciento, respectivamente (véase el Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1. Uso del suelo en Sinaloa y en el Sur de Sinaloa

Uso del suelo		Sinaloa [km ²] (%)	Sur de Sinaloa [km ²] (%)
Uso agrícola	Riego	7,495 (13%)	286 (2%)
	Temporal	5,486 (9%)	2,083 (12%)
	Total	13,342 (23%)	2,369 (13%)
Uso pecuario		25,976 (45%)	10,155 (57%)
Uso forestal		9,364 (16%)	4,814 (27%)
Otros usos		9,410 (16%)	446 (3%)
Superficie total		58,092	17,784

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa, 1994.

Los principales sistemas de producción agrícola, pecuaria y forestal en la región son los sistemas agropecuarios becerro–leche, los sistemas palma de coco–ganado; los sistemas hortalizas y frutales tropicales–ganado y los sistemas agro–silvo–pastoriles (SASP). Éstos últimos son los más importantes en cuanto al uso del suelo, a la utilización de mano de obra familiar y al ingreso económico, y cubren 2,210 kilómetros cuadrados de superficie agrícola de temporal y 8,660 km² de agostadero para uso pecuario y forestal, es decir, el 63 por ciento de la superficie total agrícola, pecuaria y forestal de la región (Perales y Fregoso, 1994).

A pesar de que en la región existen siete ríos importantes, sólo el 12 por ciento de la superficie agrícola de la región cuenta con riego (véase el Cuadro 5.1), lo que hace a la actividad agropecuaria muy dependiente de las variaciones climáticas, y en especial de las lluvias de verano.

1.2.5. Población

La densidad de población en la región es baja, con excepción del municipio de Mazatlán, donde se encuentra la segunda ciudad más poblada del estado (véase el Cuadro 5.2).

A pesar de esta baja densidad de población, la presión sobre la tierra y los riesgos de degradación de suelo y vegetación son muy altos, debido al alto número de cabezas de ganado bovino (aproximadamente 600,000), así como al bajo potencial productivo del ecosistema y a su fragilidad. Por otro lado, la baja densidad de población impone un límite al grado de intensificación del SASP, debido a la escasez de fuerza de trabajo disponible (véase el Cuadro 5.2).

La mitad de la población económicamente activa (PEA) de la región (excluyendo al municipio de Mazatlán) se dedica a las actividades agropecuarias, lo que muestra la importancia económica y social de encontrar alternativas en este sector.

Cuadro 5.2. Densidad de población y población económicamente activa (PEA) en el sector primario del Sur de Sinaloa

Municipio	Población total	Densidad de población [habitantes/km ²]	Porcentaje de PEA en el sector primario con respecto a...	
			...la población total	...la PEA total
Concordia	26,314	17.3	11.5	40.6
Cosalá	16,975	6.4	11.7	53.4
Elota	30,319	20.1	14.0	54.0
Escuinapa	45,928	28.2	14.0	48.6
Mazatlán	314,345	102.4	4.0	12.0
El Rosario	47,416	17.4	15.0	54.6
San Ignacio	24,085	5.2	17.4	65.2
Sur de Sinaloa	505,382	28.4	8.0	24.5
Sinaloa	2,204,054	38.0	10.2	36.0

Fuente: INEGI, 1990 (Censo de Población y Vivienda).

2. MARCO DE LA EVALUACIÓN

2.1. Descripción de los sistemas de manejo

Tal como lo sugiere la metodología del MESMIS, la evaluación de la sostenibilidad del sistema agro-silvo-pastoril del Sur de Sinaloa se realizó mediante la comparación del sistema tradicional con un sistema innovador, cuyas tecnologías buscan principalmente conservar los recursos suelo y vegetación y mejorar su uso. A continuación se presenta la descripción de ambos sistemas. (Véase en el Cuadro 5.4, p. 160, un resumen de sus características).

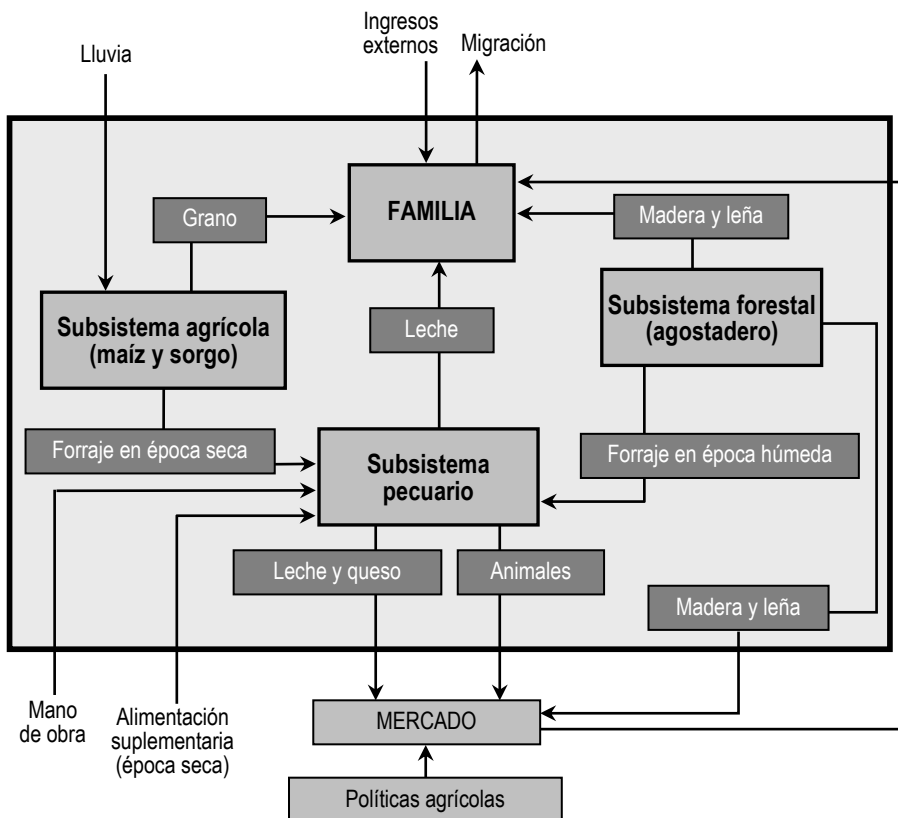
2.1.1. *El sistema de producción agro-silvo-pastoril tradicional*

El sistema de producción agro-silvo-pastoril (SASP) del Sur de Sinaloa se basa en la utilización extensiva de los recursos naturales disponibles (suelo, agua y vegetación) y está integrado por tres subsistemas productivos: (a) el subsistema agrícola, que produce maíz o sorgo para forraje y grano; (b) el subsistema pecuario, que se centra en el ganado vacuno, y (c) el subsistema forestal, que produce madera, leña y forraje (en la época húmeda), en áreas de vegetación nativa o agostadero (véase la Ilustración 5.4).

Los principales problemas que enfrentan los productores son la falta de forraje durante la época seca del año, la desnutrición del ganado bovino, la degradación (erosión y compactación) de las tierras de uso agrícola y de agostadero, y la baja eficiencia en el uso del agua de lluvia.

El SASP, como se dijo antes, es el sistema productivo más importante en la región. Por ejemplo, es para el 73 por ciento de los productores agropecuarios de las comunidades de Malpica y El Huajote, en el municipio de Concordia, la principal opción productiva, debido a que los cultivos anuales más rentables requieren una mayor inversión y otro tipo de tierra (Ramírez y Sosa, 1994). El tamaño de la unidad productiva típica en la región es de 20 hectáreas y el 80 por ciento de los productores cuentan con un hato de bovinos de entre 21 y 42 cabezas. La mayoría de los productores se clasifican como *campesinos excedentarios* (véase el Cuadro 5.3), de acuerdo con Perales (1994).

Ilustración 5.4. Esquema del sistema agro-silvo-pastoril tradicional en el Sur de Sinaloa



El SASP tradicional tiene como salidas principales el ganado en pie (beceros de 150 kilogramos), vacas de desecho y leche (fresca y procesada como queso), con las que el productor obtiene ingresos en efectivo. El manejo del sistema productivo se divide en dos etapas diferenciadas a lo largo del año: la época húmeda, que va de julio a diciembre, y la época seca, que comprende los meses de enero a junio.

En la época seca, el ganado consume mediante pastoreo directo el forraje y los esquilmos que se produjeron en la época húmeda, pero la mitad del forraje disponible no se aprovecha, ya sea por su mala calidad o por el

Cuadro 5.3. Tipología de productores de las unidades productivas de Malpica y El Huajote, Concordia, Sinaloa

Estrato	Tipo de productores	Cabezas de ganado	Superficie agrícola [ha]	Porcentaje de productores
I	Campesinos de infrasubsistencia	-	13	7.5
II	Campesinos de subsistencia	21	18	7.5
III y IV	Campesinos excedentarios	23	22	52.5
V y VI	Agricultores transicionales	42	24	20.0
VII	Pequeños empresarios agrícolas	52	40	12.5

Nota: La tecnología propuesta por el CESSI está dirigida al 80 por ciento de los productores existentes en la región, correspondientes a todos los estratos económicos medios (los estratos II al VI), que cultivan sorgo o maíz y que cuentan con ganado bovino.

Fuente: Adaptado de Perales, 1994.

pisoteo de los animales. En esta época es muy común que la escasez de forraje obligue a los productores a adquirir diversos suplementos o mezclas de productos o a rentar *potreros* (parcelas con esquilmos agrícolas) a productores con superávit de forraje. Para ello el productor se ve obligado a vender ganado (con frecuencia el mejor), justamente en la época en la que los precios son más bajos (debido a la alta oferta). Esta descapitalización le impide controlar el proceso productivo y de comercialización para aumentar sus ingresos.

En la época húmeda, los productores suelen alimentar su ganado con la vegetación nativa que crece en los agostaderos de uso comunal o con la vegetación herbácea que crece en los terrenos en descanso (llamados localmente *sabanas*).

Dentro del subsistema agrícola, la preparación del terreno se realiza mediante dos pasos de rastra de discos en suelo húmedo para sembrar sorgo en hileras separadas a 60 centímetros, o maíz en hileras a 80 centímetros. Para el sorgo forrajero se ha generalizado la siembra al voleo, que se hace de manera simultánea con el primer o segundo rastreo. Este uso de la rastra, según parece, es excesivo, pues ha provocado compactación del suelo. La siembra se realiza principalmente en julio y agosto, pero a veces también a principios de septiembre (con el fin de tener forraje disponible durante un periodo de tiempo más largo). Se usa entre 15 y 20 kilogramos de semilla de sorgo por hectárea en surcos, y entre 30 y 50 al voleo.

Las malezas no se controlan en el cultivo del sorgo forrajero, ya que en su mayoría se consideran como un recurso forrajero adicional. Asimismo, los fertilizantes prácticamente no se usan en la mayoría de las explotaciones agropecuarias, debido a la falta de recursos económicos de los productores.

Como el ganado consume la totalidad de los esquilmos durante la época seca, a la llegada de las lluvias los terrenos agrícolas están desprovistos de residuos, lo que favorece la erosión del suelo.

La ganadería está constituida en un 96 por ciento por animales criollos encastados con cebú y en menor escala con cruzamiento de suizo y Holstein. La escasez recurrente de forraje en la época seca provoca una deficiente nutrición del ganado, lo que a su vez se manifiesta en la edad relativamente avanzada de las vacas en su primer parto (cuatro años), en los pesos bajos que alcanzan los becerros al nacer y al destete, y en los índices bajos de fertilidad que se registran (50 por ciento anual, es decir que las vacas paren una vez cada dos años).² Por otro lado, el 89 por ciento de los ganaderos no controla el empadre y no existe una época de monta específica, lo que dificulta el mejoramiento genético.

Las bajas tasas de productividad, aunadas a una estacionalidad alta en la producción y venta de ganado y leche y al alto intermediarismo,³ resultan en la obtención de ingresos igualmente bajos y concentrados en dos épocas del año.

En este contexto, el principal objetivo de los productores es la permanencia, es decir, lograr la reposición del hato y mantener el mismo número de cabezas año tras año.

Para los productores que tienen menos de 40 cabezas de ganado, la producción de leche permite obtener ingresos diarios para el consumo básico, pero no suficientes para reinvertir en el proceso productivo. Por otro lado, como este ingreso es estacionario (el ganado sólo tiene la alimentación necesaria para producir leche durante los meses de julio a marzo), el productor o sus hijos se ven obligados a trabajar fuera de la unidad familiar

² Las vacas se desechan a los 10 años de edad, después de haber producido de 4 a 5 crías, cifra bastante baja si se considera que, reduciendo la edad del primer parto a 28 meses y el intervalo entre partos a un año, se producirían 8 crías por vaca en ese periodo.

³ Los intermediarios se apropian del 77% del precio final del becerro, 50% del de las vacas (Perales, 1994) y 60% del precio final del litro de leche (Cuevas, 1997).

en la época seca para obtener los ingresos complementarios necesarios para subsistir.

La emigración se dirige principalmente a Mazatlán y a los Estados Unidos y puede ser permanente o estacional, dependiendo de las necesidades de la propia familia y de las posibilidades de empleo. A diferencia de otras regiones de alta emigración, en las unidades de producción de estas comunidades siempre está presente el jefe (algún hombre de la familia), que se encarga de manejar el SASP. La mayoría de las unidades productivas contratan jornaleros en las épocas pico de la producción agrícola (la cantidad de jornales contratados depende de la superficie agrícola, del número de cabezas de ganado y de la disponibilidad de fuerza de trabajo familiar).

Los hombres son los responsables del manejo y de la venta del ganado bovino, así como del cultivo de las parcelas. Las mujeres son responsables de la crianza de ganado menor (puercos, gallinas, etc.) y de la producción y venta de quesos y leche. Los ingresos provenientes del trabajo externo y de la venta de productos son utilizados, en orden de prioridad, para: (a) la educación de los hijos, (b) mejoras de la casa y (c) insumos o medios de trabajo. Como el dinero disponible varía año tras año, no siempre se alcanzan todos los objetivos.

El ingreso familiar varía fuertemente entre la época seca y la de lluvias, debido a las variaciones en la producción, a las relaciones de mercado y, en general, al contexto socioeconómico (decisiones de política económica y culturales), tal como se explica más adelante (véase la discusión sobre los puntos críticos del SASP en la p. 161).

Aun cuando la mayoría de los productores del Sur de Sinaloa producen pocos excedentes, **todos** están inmersos en relaciones de mercado debido a las características de los productos obtenidos en el SASP y a su poca diversidad. El ingreso que pueden obtener trabajando tanto al interior de la unidad familiar como afuera de ella es vital para su subsistencia y reproducción.

2.1.2. El sistema de producción agro-silvo-pastoril innovador

La investigación agrícola en el Sur de Sinaloa se inició con la creación en 1975 del Campo Experimental Sur de Sinaloa (CESSI). Desde su origen todos

los trabajos de investigación se han realizado en terrenos de agricultores cooperantes, debido a que el CESSI carece de terrenos propios. A pesar de que esto ha provocado que en ocasiones se tenga un control limitado sobre las actividades experimentales, también ha creado las condiciones propicias para una mayor interacción entre los investigadores y los productores.

Las investigaciones realizadas durante los primeros años del CESSI aportaron alternativas a problemas productivos de la región, pero tuvieron una baja adopción, ya que no contemplaban la dinámica histórica, económica y social de las comunidades ni los aspectos relacionados con la conservación de recursos. Este enfoque unidisciplinario impidió la integración de todos los elementos necesarios para generar alternativas viables al sistema agro-silvo-pastoril en su conjunto.

Ante este panorama, un grupo de investigadores del CESSI y de la Universidad Autónoma Chapingo iniciaron en 1992 el proyecto de investigación denominado *Desarrollo Sostenible de los Agroecosistemas en el Sur de Sinaloa*. Dada la complejidad de la problemática, se consideró necesario establecer un programa de investigación a mediano y a largo plazos, ya que la generación y adopción de tecnologías sostenibles requieren tiempos prolongados. Mediante dicho proyecto se pretende aportar alternativas productivas sostenibles a la problemática inherente al sistema de producción agro-silvo-pastoril tradicional que manejan la mayoría de los productores de temporal de la región (Perales y Fregoso, 1994).

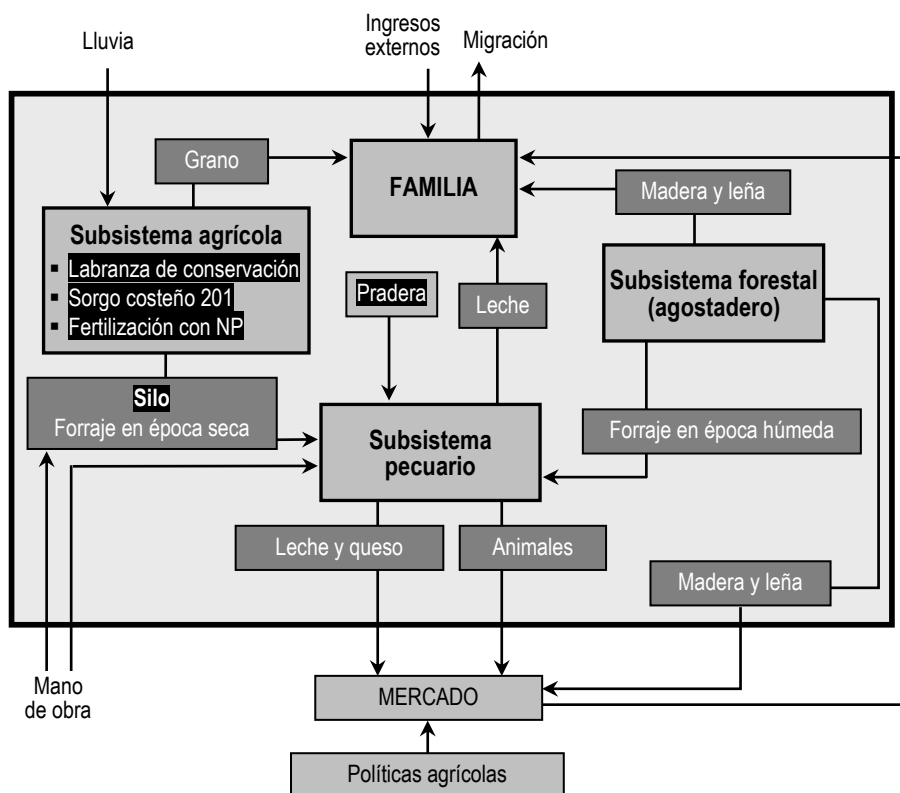
Partiendo del principio de que el SASP es el más apto para las condiciones físico-bióticas y socioeconómicas restrictivas descritas anteriormente, la estrategia del proyecto ha sido mejorar el sistema productivo existente y no sustituirlo por uno nuevo. Con este enfoque adaptativo se pretende tener un mayor impacto en los componentes críticos del sistema tradicional en su conjunto.

Con la finalidad de mejorar tanto las condiciones de vida de los productores agropecuarios como el uso de los recursos naturales en el Sur de Sinaloa, los investigadores participantes propusieron la integración de los avances de investigación a nivel sistema y unidad productiva, tomando como eje central el reordenamiento del uso actual del suelo en la región.

Este ordenamiento del uso del suelo propone que en áreas con aptitud agrícola (con pendientes menores de 7 por ciento) se siembre sorgo de doble propósito, y que en las áreas con aptitud pecuaria (con pendientes mayores

al 7 por ciento), se establezcan praderas. Los principales componentes incluidos en el sistema de producción innovador son: (a) la siembra con labranza de conservación; (b) la fertilización nitrofosfórica; (c) el uso de semilla de sorgo variedad Costeño 201; (d) el ensilaje de forraje de sorgo, y (e) el uso de pastos Llanero (*Andropogon gayanus*) y Callie (*Cynodon dactylon*) (véase la Ilustración 5.5).

Ilustración 5.5. Esquema del sistema agro-silvo-pastoril innovador en el Sur de Sinaloa



Para demostrar la viabilidad técnico-económica del sistema innovador a escala comercial, se inició en 1993 la implementación de *módulos de validación y transferencia de tecnología* (MVT). En estos módulos los

productores aplican, en forma integral y en toda su unidad productiva, los avances de investigación agropecuaria disponibles para aumentar la productividad y para aprovechar de manera más sostenible los recursos suelo, vegetación y agua.

Para el establecimiento de los MVTT se seleccionó a las comunidades de Malpica y El Huajote, en el municipio de Concordia, por ser representativas de las características socioeconómicas y físico-bióticas de la región, así como por su cercanía a las instalaciones del CESSI.

Siembra de sorgo con labranza de conservación

A través de la labranza de conservación se busca aumentar la cobertura del suelo y con ello reducir la erosión hídrica que se presenta en la región. Sin embargo, como se trata de un proceso de largo plazo, se requiere (de acuerdo con los antecedentes de investigación) de un mínimo de tres años para empezar a observar los cambios positivos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

En la labranza de conservación, el sorgo se siembra en suelos sin preparación alguna, o con una labranza mínima (rastreo o cinceleo) en el caso de suelos fuertemente compactados. Para la labranza de conservación se recomienda el uso de una sembradora-fertilizadora especial, cuyo elemento principal es una cuchilla circular de borde ondulado, que abre solamente una ranura estrecha del ancho y profundidad suficientes para obtener una cobertura adecuada de la semilla.

La distancia entre hileras es de entre 65 y 80 centímetros y la densidad de población es de alrededor de 180,000 plantas por hectárea, que se obtiene con aproximadamente 20 kilogramos de semilla por hectárea. Otro disco, paralelo al que abre la ranura para la semilla, abre una franja angosta para colocar el fertilizante en banda, que queda también incorporado al suelo.

No se realizan labores mecánicas para el control de malezas, pero sí se aplican herbicidas al momento de la siembra con una aspersora adaptada a la sembradora-fertilizadora.⁴

⁴ Los herbicidas recomendados son Glifosato y Atrazina (con 0.96 y 1.0 kilogramos de ingrediente activo por hectárea respectivamente), disueltos en 100 a 150 litros de agua por hectárea.

Fertilización nitrofosfórica

Los resultados de investigación han demostrado que los suelos de la región son altamente deficientes en nitrógeno y fósforo y que es por lo tanto necesario reponer estos nutrientes consumidos por el SASP (Guzmán y Fregoso, 1994; Martínez y Guzmán, 1999). Las dosis exactas, así como el momento y método de aplicación, se detallan adelante.

Variedad de sorgo Costeño 201

Con la utilización de la variedad Costeño 201 se busca aumentar el rendimiento y reducir el costo de las semillas, ya que, por tratarse de una variedad de polinización libre, el productor no depende del mercado de semillas. Esta variedad, introducida por el INIFAP en el Sur de Sinaloa en 1984, alcanza una altura de planta de entre 1.70 y 2.10 metros. Su panoja es semicompacta y el grano es de color crema, apto para consumo humano. Esta variedad es de doble propósito (forraje y grano); de ciclo tardío; tolerante a enfermedades foliares y a cierto grado de sequía, y es poco susceptible al *acame*.⁵ Presenta la característica de que el forraje permanece verde cuando el grano se encuentra en la etapa de madurez fisiológica. Su potencial de producción es de entre 2 y 2.9 toneladas de grano y de 20 toneladas de forraje verde (equivalentes a entre 6 y 7 toneladas de materia seca) por hectárea, con lo que iguala o supera a los híbridos comerciales disponibles en la región. La digestibilidad de su forraje es de 67 por ciento en la etapa de grano lechoso–masoso, superior en cuando menos ocho puntos porcentuales a la de otros sorgos forrajeros, mientras que su contenido de proteína cruda es de 7.5 por ciento, similar al valor reportado para sorgos tipo Sudán. Finalmente, el alto contenido de azúcares en su tallo facilita el ensilaje.

Ensilaje y utilización del forraje

Por otro lado, puesto que el problema principal del SASP es la falta de forraje durante la época seca, fue necesario buscar alternativas de conservación y utilización de pasturas y forrajes. Los estudios realizados al respecto

⁵ El *acame* es la pérdida del porte vertical de las plantas provocada por vientos fuertes, plagas o enfermedades.

mostraron que la mejor opción para resolver este problema es la conservación en silos (Loaiza, 1991).

El corte del sorgo para el ensilaje se efectúa aproximadamente a los 90 días después de la siembra, cuando la planta se encuentra en la etapa de grano lechoso–masoso y cuando la biomasa tiene un contenido de 30 a 35 por ciento de materia seca. El corte se realiza con una picadora de forraje a una altura de 15 a 20 centímetros sobre la superficie del suelo y en trozos de 2 a 5 centímetros de longitud. El forraje picado se deposita en silos tipo trinchera o aéreos tipo torta, procurando dispersarlo en capas no mayores de 30 centímetros antes de apisonarlo con tractor, ya que así se facilita su compactación y se asegura una mejor calidad del ensilado. Al terminar de compactar todo el forraje, el silo se cubre con plástico y luego con una capa de tierra o arena de 5 centímetros de espesor.

El inicio del uso del forraje ensilado depende de la disponibilidad de forraje en la pradera o en los potreros, pero de manera general ocurre en enero. El forraje ensilado se utiliza principalmente para alimentar a las vacas productivas durante el periodo seco del año (de enero a junio). Se estima un consumo diario de 25 a 30 kilogramos de ensilado por unidad animal,⁶ equivalente a 9 o 10 kilogramos de materia seca. Dado que un animal adulto necesita 900 kilogramos de ensilado por mes, una superficie de ocho hectáreas destinada a la producción de sorgo es suficiente para alimentar 32 unidades animales durante los seis meses de secas.

Establecimiento de praderas

Los estudios de introducción y evaluación de especies gramíneas forrajeras efectuados de 1986 a 1989 bajo condiciones de temporal mostraron que los más sobresalientes fueron el pasto Callie y el Llanero (Reyes, 1994).

El establecimiento de praderas constituye un esfuerzo por utilizar de manera sostenible las superficies de fuertes pendientes y cuyo potencial productivo para la siembra de cultivos anuales se ha deteriorado por la erosión hídrica. Una vez establecidas las praderas, es posible disponer en la

⁶ La *unidad animal* (UA) se define como el promedio anual de los requerimientos alimenticios de una vaca de 400 kilogramos de peso vivo, que gesta, cría y desteta un ternero de 160 kilogramos de peso vivo a los seis meses de edad, incluido el forraje consumido por éste último (es decir, en promedio, un becerro de 50 kg) (SEP-DEGETA-FAO, 1977).

Cuadro 5.4. Características de manejo de los sistemas agro-silvo-pastoriles (SASP) tradicional e innovador del Sur de Sinaloa

Características	SASP tradicional	SASP innovador
Bio-físicas	Clima: Awo(h)w cálido subhúmedo. Fisiografía: planicie costera y lomeríos transicionales. Precipitación pluvial anual 500-900 mm. Vegetación: bosque tropical caducifolio. Pendientes: 0-45%. Suelo: regosoles eútricos, luvisoles vérticos y cambisoles	
Sistema de labranza	1 a 3 pasos de rastra; siembra tanto en hileras como al voleo al realizar el último rastreo	Labranza cero; siembra en hileras
Técnicas de conservación de suelo y agua	Ninguna	Hileras al contorno; el ganado no pastorea los residuos agrícolas, para reducir la compactación y erosión del suelo
Germoplasma de sorgo	Generaciones Fn ¹ de híbridos especializados para la producción de forraje; fenotipos de porte alto (de más de 2.5 m de altura) susceptibles a enfermedades foliares y al acame ²	Variedad mejorada de polinización libre de doble propósito (grano y forraje) Costeño 201; buena calidad para el ensilaje; resistente a enfermedades foliares y al acame
Fertilización	Prácticamente nula y cuando se realiza es con dosis muy bajas y desequilibradas (sólo N); el número de productores que aplican abonos orgánicos (estiércoles) es mínimo	Se recomienda la dosis 64-46-0, aunque los productores sólo aplican dosis que varían de 48-26-0 a 55-23-0
Control de malezas	No se realiza, ya que los productores buscan aprovechar toda la producción de biomasa como alimento para el ganado	Aspersiones de atrazina y glifosato
Método de cosecha	Pastoreo directo; sólo un 40% del forraje producido se aprovecha en verde; posteriormente el ganado pastorea los residuos ya secos y con menor valor nutritivo	Con picadora mecánica cuando la planta alcanza la etapa de grano lechoso
Método de conservación de forraje	Almacenamiento de forraje seco (<i>tazolera</i>)	Silos rústicos de trinchera y aéreos
Rendimiento	2-5 ton/ha de materia seca	5-7 ton/ha de materia seca
Comercialización de leche	Venta de leche y queso en la época húmeda	Venta de leche y queso durante todo el año
Comercialización de ganado	Venta forzada de animales en pie por escasez de forraje en la época seca, a precios desventajosos	Al disponer de suficiente forraje en la época seca, el productor decide cuándo salir al mercado

¹ Las generaciones Fn son poblaciones de plantas provenientes de híbridos y que presentan problemas de segregación (población muy heterogénea, en cuanto a floración y tamaño principalmente) cuando no se renuevan las semillas.

² Véase la nota 5, p. 158.

época de lluvias de fuentes de alimentación con buen nivel nutritivo para el ganado productivo y así favorecer una descarga de las áreas de agostadero en esta época.

Manejo y utilización de las praderas

Durante el primer año de establecida la pradera se realiza un pastoreo ligero de 30 días en el mes de enero (4 o 5 meses después de la siembra). El pastoreo intensivo con las vacas productivas comienza un año después de la siembra, manejando una carga animal de 2 a 3 vacas por hectárea durante el periodo de julio a diciembre, siguiendo un sistema de pastoreo rotativo de dos potreros con un descanso de 28 días. Con la finalidad de optimizar la cantidad y calidad de la biomasa disponible, el primer pastoreo deberá de realizarse a los 14 días después de la primera lluvia.

Las prácticas de mantenimiento de la pradera son: (a) un desvare o *chapeo* en el mes de junio; (b) fertilización al voleo con una dosis de 100 kilogramos por hectárea de urea cuando el suelo esté húmedo (aproximadamente 14 días después de la primera lluvia significativa), repitiéndose la misma dosis de fertilizante en septiembre (siempre y cuando el suelo esté húmedo), antes del retiro del temporal.

2.2. Puntos críticos e indicadores de sostenibilidad

La evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción es una tarea compleja ya que es necesario integrar diversos criterios y disciplinas. La sostenibilidad de un sistema no sólo se mide en términos productivos sino además en su capacidad tanto para conservar la base de los recursos naturales que utiliza como para satisfacer las necesidades (culturales, económicas, sociales y de reproducción) de los productores que lo practican, sin que esto sea a expensas de las generaciones futuras.

Para valorar el grado de sostenibilidad tanto del sistema tradicional como del innovador se identificaron sus puntos críticos y se obtuvieron los indicadores correspondientes. Posteriormente se midió en ambos sistemas el comportamiento de estos indicadores durante el periodo de evaluación, así como sus tendencias.

Puntos críticos para la sostenibilidad

Son complejas las causas que explican el carácter extensivo del SASP tradicional, pues involucran factores tanto ambientales como socioeconómicos y culturales. Entre estas causas podemos mencionar: (a) la escasez de capital aunada al bajo potencial de las tierras disponibles; (b) la relación negativa precio-subsidio;⁷ (c) el desconocimiento de tecnologías alternativas que reduzcan la degradación ambiental y que sean económicamente viables; (d) la ausencia de políticas económicas y sociales que estimulen la conservación de los recursos naturales, y (e) las oportunidades económicas que existen para algunos miembros de la unidad productiva fuera del sistema y que han disminuido la necesidad de incrementar la productividad.

A estos factores hay que añadir la sobreexplotación del bosque tropical caducifolio para extraer forraje, madera y leña⁸ y la concomitante disminución en la capacidad de captación y conservación de la escasa agua de lluvia. La interacción de todos estos factores ocasiona que el SASP tradicional esté provocando sobrepastoreo, agotamiento de los terrenos agrícolas, degradación (erosión y compactación) y, por lo tanto, bajos niveles de rendimientos agrícolas.

La conjugación de la baja productividad agrícola y el escaso nivel de manejo de ganado bovino provoca que las salidas del SASP tradicional (leche y carne) sean bajas en general y altamente dependientes de la cantidad de lluvia que se presenta durante el año: Cuando el temporal es bueno (en volumen y distribución), la producción de leche aumenta y la venta de animales en pie disminuye, y lo contrario ocurre en los años secos. Esto hace que el SASP tradicional sea estable en lo agrícola (con un bajo nivel de riesgo) e inestable en lo pecuario.

⁷ Durante los últimos años los costos de producción se han incrementado en una proporción mucho mayor a la de los precios de los productos de este sistema. Esta brecha entre costos y precios se ha hecho mas profunda en la medida en que los subsidios estatales a los insumos y productos han ido desapareciendo. De esta manera encontramos una relación negativa entre precio-subsidio y sostenibilidad, ya que el productor, al irse descapitalizando, hace un uso mas extensivo del suelo y bosque, lo que incide en su mayor degradación.

⁸ La madera del agostadero se utiliza principalmente para postes y para *tutores* de hortalizas, aunque especies como *Amapa*, *Palo Amargo* y *Huanacaxtle* se venden a aserraderos en una menor proporción. La leña se usa sobre todo en ladrilleras y otras pequeñas industrias.

Además, la estacionalidad de la producción de forraje obliga al productor a comprar una alta proporción del alimento del ganado durante la época seca del año, lo que hace al SASP tradicional altamente dependiente de insumos externos.

Desde el punto de vista económico, la inestabilidad y la baja eficiencia de los factores productivos (tierra, trabajo y capital) del SASP tradicional provocan un proceso de descapitalización del productor. El SASP tradicional es igualmente ineficiente en términos de rentabilidad, debido a la baja productividad y a la estacionalidad de la venta de los productos del sistema (que coincide con las épocas de menores precios).

Cuando el productor no estaba inserto en la lógica del mercado, sino sólo en la producción de subsistencia, el nivel de conocimientos sobre sus recursos y sobre su manejo era el adecuado para la obtención de los satisfactores familiares y para la conservación de los recursos. En la medida en que sus necesidades familiares aumentaron, el productor se vio en la necesidad de aumentar su producción y de vender parte de ésta, pero sin que se diera un cambio tecnológico que le permitiera aumentar la producción sin degradar los recursos. En suma, la adopción de nuevas tecnologías por el productor está limitada por la mayor inversión inicial requerida, por la falta de conocimientos y por el riesgo que implica cualquier cambio tecnológico en la agricultura.

El aumento en el número de miembros de la familia (cuando los hijos mayores se casan y forman sus propias familia, pero siguen viviendo en casa de sus padres) se refleja ciertamente en un aumento en la disponibilidad de fuerza de trabajo por unidad de producción, pero ésta no puede ser empleada en su totalidad dentro de la misma unidad debido a la escasez de recursos productivos, lo que provoca emigración y pérdida de conocimientos tradicionales.

Históricamente, las formas organizativas en las comunidades rurales del Sur de Sinaloa han sido muy limitadas y se han generado fundamentalmente alrededor de aspectos religiosos, culturales y políticos. Por otro lado, el poco éxito que han tenido las organizaciones de producción promovidas por el propio Estado ha provocado que los productores estén renuentes a organizarse con fines productivos, para la obtención de créditos y para la comercialización de sus productos.

Es así que el productor se enfrenta de manera individual y desventajosa a las fuerzas del mercado y a la obtención de recursos productivos, lo que además dificulta la transmisión de conocimientos para el mejoramiento tecnológico.

Su desorganización, aunada a la estacionalidad de su producción y a lo perecedero de sus productos, impide que los productores controlen la totalidad del proceso productivo y en particular la cantidad y la oportunidad de la venta de sus productos, así como los canales de comercialización.

Con base en las anteriores consideraciones, se identificó una serie de puntos críticos y sus correspondientes indicadores y formas de medición o estimación para las áreas técnico-ambiental, económica y social (véase el Cuadro 5.5).

2.3. Métodos de medición y monitoreo de los indicadores

2.3.1. Área técnico ambiental

Las mediciones de los indicadores se realizaron tanto en los módulos de validación y transferencia de tecnología (MVTT) como en lotes de productores y estuvieron a cargo de los investigadores, con el apoyo de los productores.

Rendimiento de sorgo

La estimación del rendimiento de materia seca de sorgo por hectárea se hizo en lotes comerciales con ambos sistemas. Se usó muestreo aleatorio o estratificado, dependiendo de la homogeneidad de cada lote, con una densidad de 10 muestras por hectárea. Para el sorgo sembrado en hileras, el tamaño de la muestra fue de una hilera de 6 metros de longitud, mientras que para el sorgo sembrado al voleo fue de 0.25 metros cuadrados. Se evaluó la altura de planta, el peso de forraje verde y el número de plantas por hectárea. De la muestra total se tomó al azar una submuestra (una planta) para determinar el porcentaje de materia seca, para lo cual ésta se secó a una temperatura de 105°C durante 24 horas. Con esta información se determinó el rendimiento de forraje verde y seco.

Cuadro 5.5. Indicadores técnico–ambientales y socioeconómicos evaluados entre 1993 y 1996

Atributo		Puntos críticos	Indicadores	Forma de medición o estimación
Área técnico-ambiental	Productividad	Productividad agrícola	Rendimiento de sorgo y pradera	Muestreo de materia seca de sorgo y pradera
		Productividad pecuaria	Producción y estacionalidad de leche y carne	Registro de producción de leche y carne promedio por vaca y por época
	Estabilidad; confiabilidad y resiliencia	Degradación de suelos	Contenido de materia orgánica	Análisis de suelos
			Compactación	Penetrómetro estático
			Condiciones de fertilidad del suelo	Análisis de suelos
			Pérdida de suelo	Lotes de escurrimiento y predicciones a largo plazo (EPIC)
		Captación y conservación de humedad	Escurrimiento superficial	Lotes de escurrimiento
			Contenido de humedad en el suelo	Medición de humedad volumétrica
		Diversidad de especies	Número de especies	Conteo de especies
		Riesgo	Variabilidad de la productividad de sorgo	Coefficiente de variabilidad del rendimiento de sorgo
Área económica	Productividad	Rentabilidad y eficiencia	Índice de rentabilidad y eficiencia económica	Cálculo de B/C, RMO, RT, RNCI, VAN y TIR
	Estabilidad; confiabilidad y resiliencia	Distribución de ingresos y egresos	Proporción de ingresos del exterior del sistema y por producto	Origen y monto de ingresos; precios de productos
			Cambio en los precios de insumos y productos	Análisis de series anuales de precios
		Estacionalidad de producción de leche	Distribución anual de ingresos por venta de leche	Ingresos mensuales por venta de leche
	Equidad	Adoptabilidad de tecnologías	Costo de inversión inicial	Número de becerros necesarios para costear las innovaciones
		Generación de empleo	Demanda de fuerza de trabajo	Número de jornales familiares y asalariados
	Autodependencia	Autosuficiencia	Índice de dependencia de insumos externos	Proporción de los costos de insumos externos respecto a la inversión total
Intermediarismo		Proporción de ganancias apropiadas por el intermediario	Relación entre precio pagado al productor y precio en el mercado	
Área social	Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovaciones	Proporción de superficie con adopción de tecnología completa y parcial	Superficie dedicada a innovaciones
	Autodependencia	Organización	Participación de productores en aspectos organizativos	Número de productores participantes en grupos ganaderos

Variabilidad de la productividad de sorgo

La información sobre los rendimientos de sorgo forrajero obtenidos con ambos sistemas se comparó estadísticamente para una serie de tiempo de 4 años. Adicionalmente, se estimó su variabilidad calculando el coeficiente de variación para cada sistema.

Rendimiento de pastos

Para estimar el rendimiento en pastos, se tomaron de 15 a 20 muestras al azar por hectárea. Para el caso de siembras en surcos, la muestra fue una hilera de 2.0 metros y, para siembra al voleo, un área de 0.25 metros cuadrados. Para determinar el porcentaje de materia seca se tomó una submuestra al azar de 200 gramos, que se sometió por 24 horas a una temperatura de 105°C. Con esta información se determinó el rendimiento de forraje (verde y como materia seca) por hectárea.

Producción y estacionalidad de leche y carne

Estos datos se obtuvieron de los registros diarios de producción de leche que se manejan en los MVTT y en las unidades de producción tradicionales.

El promedio de peso vivo de becerros al destete (carne en pie) se obtuvo a los 11 meses de edad para los sistemas tradicional e innovador (MVTT).

Contenido de materia orgánica y condiciones de fertilidad del suelo

Para estimar el nivel de materia orgánica y las condiciones de fertilidad del suelo se tomaron 8 submuestras completamente al azar en las profundidades de 0 a 15 y de 15 a 30 centímetros, en superficies de entre 2.5 y 3 hectáreas. El muestreo se realizó en tres tipos de manejo del suelo, a saber, labranza cero con sorgo en surcos, labranza tradicional con sorgo al voleo y pasto Llanero. Las muestras se mezclaron y homogeneizaron formando una muestra compuesta. El muestreo se realizó entre los 0 y los 30 días después de la fecha de siembra del sorgo.

Se usaron los siguientes métodos de análisis químico: (a) la materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black (1934); (b) el

fósforo aprovechable se cuantificó con el método Bray P-1 (Olsen y Sommers, 1982).

Pérdida de suelo

Se utilizaron lotes de escurrimiento con las dimensiones estándar (20 metros de largo y 2 metros de ancho y una pendiente uniforme para cada tratamiento del 3 por ciento). En ellos se recabó: (a) datos de pérdida de suelo y escurrimiento superficial por efecto de la lluvia; (b) grado de cobertura vegetal; (c) cantidad e intensidad de precipitación por evento de lluvia, y (d) producción de materia seca por hectárea del cultivo agrícola y de pradera. Los tratamientos evaluados fueron labranza tradicional de sorgo sembrado en surcos (LTSS); labranza tradicional de sorgo sembrado al voleo (LTSV); labranza cero de sorgo sembrado en surcos (LCSS); pradera de Llanero (PLL) y pradera de Callie (PC). Para cada tratamiento se tuvieron dos repeticiones.

Los lotes se colocaron en el sentido de la pendiente principal del terreno y se aislaron con lámina galvanizada lisa. En la parte baja se colocaron dos tinacos en serie con una capacidad de 450 litros cada uno para captar los escurrimientos y sedimentos. Después de cada evento de lluvia se midió el volumen captado y se tomó una muestra de un litro del volumen escurrido (después de agitarlo para homogeneizar los sedimentos) para medir la cantidad de sedimento en peso seco. De este modo se determinó la pérdida de suelo y el escurrimiento superficial.

La intensidad de la lluvia se midió con un pluviógrafo de tipo *registrador de eventos de largo plazo*. La erosividad de la lluvia se estimó calculando su índice de erosividad EI(30), para lo cual se usó el método propuesto por Wischmeier y Smith (1978).

El factor C de cobertura y manejo se determinó para cada uno de los sistemas estudiados mediante el procedimiento descrito por los mismos autores. Este factor adimensional incluye el efecto combinado de las variables de manejo y cobertura y depende de la combinación entre cobertura, secuencia de cultivos y prácticas de manejo de un suelo en particular. Se calcula comparando las pérdidas de suelo en un terreno con cierto tipo de manejo con las que se presentan en el mismo terreno manejado de manera tradicional.

Con el objeto de estimar el impacto a largo plazo de los diferentes sistemas de manejo del suelo sobre este recurso, se utilizó la versión 5125 del modelo de predicción EPIC (*Erosion–Productivity Impact Calculator*, propuesto por Perrins *et al.*, 1985, citados a su vez por Williams *et al.*, 1990). Las predicciones se hicieron para los sistemas de manejo de la tierra descritos arriba (Tasistro, 1996). Para su validación se instalaron sendos lotes de escurrimiento en 5 sitios en los que se pusieron en práctica los distintos sistemas de manejo de la tierra.

Se simuló el efecto de los cinco sistemas de manejo señalados en dos suelos con características físico–químicas contrastantes (los suelos correspondientes a los sitios 1 y 5, con LCSS y LTSV respectivamente). Para cada sistema se simularon 600 años con y sin erosión. Con los valores de rendimiento de los cultivos con y sin erosión se calculó el *índice erosión–productividad* (Tasistro, 1996). Este índice es el cociente entre el rendimiento anual promedio del cultivo en una parcela erosionada y el rendimiento en la misma parcela sin erosión, por lo que es un buen indicador del efecto de la erosión sobre la productividad (Perrins *et al.*, 1985, citados por Williams *et al.*, 1990).

Escurrimiento superficial

Esta información se obtuvo de los lotes de escurrimiento utilizados para estimar la pérdida de suelo, y de ella se infirió la eficiencia de captación y conservación del agua de lluvia en cada sistema.

Número de especies

A partir del número de especies vegetales cultivadas se asignó un valor (porcentaje) a cada sistema.

2.3.2. *Área económica*

Para la cuantificación y el análisis de los indicadores económicos y sociales se utilizaron, entre otras, las metodologías de análisis microeconómico y de estudios de caso.

Los estudios de caso se realizaron para entender con mayor profundidad el comportamiento de los factores productivos y las decisiones que toma el productor con respecto a su asignación (Ragin y Becker, 1995), sin

pretender extrapolar los resultados a todos los productores de la región, sino sólo a aquellos que presentan las mismas características genéricas (estratos del II al VI, véase el Cuadro 5.3, p. 152).

En los estudios de caso se realizó un análisis comparativo en el caso de las unidades de producción con SASP tradicional: se compararon estas unidades con las que han adoptado la tecnología con todos sus componentes (MVT) y con aquéllas que han adoptado al menos uno de los componentes tecnológicos (productores en transición).

Los estudios de caso se seleccionaron con base en una clasificación previa de las unidades de producción de la región (CESSI-UACH, 1994; Perales, 1994) y mediante muestreo simple aleatorio (véase p. 152). Se seleccionaron como *unidades de trabajo* a productores representativos de los estratos II al VI de la tipología de productores (véase el Cuadro 5.3, p. 152), en los que se ubican el 80 por ciento de los productores de la región.

La información reportada en esta evaluación se obtuvo entre febrero y mayo de 1995 mediante tres procedimientos: (a) aplicación de cuestionarios, tanto semiabiertos como abiertos, y seguimiento a través del tiempo (a lo largo de los ciclos productivos), incluyendo aspectos cualitativos y cuantitativos; (b) registro de la variación en los costos de insumos y productos a lo largo de 10 años (información obtenida de instituciones del sector agropecuario), y (c) registro de productores de las comunidades que han obtenido créditos.

Unidades de estudio

Aunque esta evaluación se concentra en el sistema productivo agro-silvo-pastoril (SASP), en muchos casos la unidad de análisis es la unidad productiva, que abarca tanto al SASP como a otros recursos y sistemas agrícolas. En las comunidades de Malpica y El Huajote las unidades productivas son unidades familiares, tanto nucleares como ampliadas o extensas. Por ejemplo, algunos datos, tales como el empleo de la fuerza de trabajo, la distribución del ingreso-egreso, la venta de ganado, etc., se obtuvieron para el conjunto de la unidad productiva y no sólo para el SASP.

Asimismo, la comunidad y la región son en algunos casos unidades de referencia, ya que existen recursos productivos colectivos comunales, tales como el agostadero, que forman parte del SASP y, por otro lado, existen

decisiones a nivel comunal y regional que pueden afectar positiva o negativamente la sostenibilidad del sistema agropecuario bajo evaluación.

Indicadores financieros y económicos

La evaluación en el área económica se hizo mediante la cuantificación de factores financieros y económicos. Para los primeros la unidad de estudio fue el SASP y para los segundos tanto el SASP como la unidad productiva.

Con el fin de encontrar la factibilidad de la inversión de capital en los SASP (innovador y tradicional), se utilizaron indicadores financieros tradicionales tales como beneficio–costo (B/C), valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) (para mayores detalles, véase Muñante, 1992).

Dentro de los cálculos financieros y económicos se consideran los productos finales del sistema (leche y carne) y no los productos agrícolas intermedios (sorgo y pastos) que se utilizan como insumos para la producción pecuaria.

Para eliminar el sesgo de las diferencias en alimentación de los diferentes hatos y homogeneizar los cálculos económicos, se utilizó como base de comparación el concepto de *unidad animal* (o UA, véase la nota 6, p. 159).

Índices de rentabilidad

La evaluación financiera de los sistemas consiste en un análisis microeconómico que toma en cuenta los recursos que las diferentes unidades productivas destinan a las actividades agropecuarias. Los cálculos se realizaron para tres niveles diferentes de recursos: (a) 20 hectáreas de uso agropecuario y 50 UA; (b) 20 hectáreas y 25 UA; y (c) 12 hectáreas y 11 UA.

De este modo se evaluó tanto el B/C marginal como el valor presente neto (VPN), aplicando una tasa de descuento, para comparar las prácticas tradicionales con las innovadoras.

En los cálculos se considera el flujo de caja, incluyendo los pagos de intereses al capital (suponiendo 7 años y una tasa del 12 por ciento anual), para conocer la viabilidad financiera en caso de recurrir a préstamos bancarios.

Índices de eficiencia económica

Para la caracterización de la factibilidad económica de los dos sistemas productivos, se utilizaron los índices de eficiencia económica propuestos por Herrera *et al.* (1994), es decir, la retribución neta al capital en insumos (RNCI), el retorno a la mano de obra (RMO) y el retorno a la tierra (RT). Estos índices se obtienen del análisis individual de los ingresos brutos con relación al tipo de costos en que se incurre por tecnología utilizada. Se trata de un análisis puntual en el tiempo.

En el cálculo del costo agropecuario se incluyeron los insumos, los servicios, el establecimiento de cultivos agrícolas, los productos y servicios de sanidad, los suplementos para el ganado, etc.

Ingresos y egresos

La información sobre las principales fuentes de ingresos y egresos se obtuvo mediante 17 entrevistas a productores agropecuarios de las dos comunidades de estudio. Los ingresos provienen de la venta de leche, queso y carne, y los egresos se destinan a gastos familiares (alimentación, vestido, vivienda, servicios domésticos), gastos sociales (fiestas, cooperaciones comunitarias y transporte), gastos agrícolas (inversión en cultivos anuales y renta de potreros) y gastos pecuarios (mantenimiento de praderas, suplementos alimenticios, esquilmos de hoja molida y pollinaza, permisos para la venta de ganado, sanidad, etc.).

Inversión inicial

Se calculó para ambos sistemas el costo de producción por hectárea del sorgo Costeño 201 desde la siembra hasta la cosecha (incluyendo el corte para ensilaje, en el caso del sistema innovador). Además, para el caso del sistema innovador, se consideró la inversión que se requiere durante el primer año para el establecimiento de una hectárea de pradera perenne. Con fines ilustrativos se calculó el equivalente en becerros de la inversión que requiere el productor para mejorar su sistema.

Demanda de fuerza de trabajo

Para detectar el cambio en la demanda de mano de obra entre el sistema tradicional y el innovador, se realizó un análisis comparativo de 10 unidades de producción, considerando la utilización de mano de obra asalariada y familiar durante 1995 y 1996.

Índice de dependencia de insumos externos

El índice de dependencia de insumos externos (IDIE) muestra la proporción de la inversión total que tiene que dedicarse a la compra de insumos externos, para evaluar el grado de dependencia de los sistemas con respecto al exterior (estos datos se obtuvieron por UA).

2.3.3. Área social

Participación de productores en aspectos organizativos

En 1992 se hizo un diagnóstico regional que abordó, entre otros aspectos, los tipos de organización que existían en las comunidades de la región (CESSI-UACH, 1993). En 1993 este estudio se profundizó en las comunidades de Malpica y El Huajote (Cuevas, 1994; Ramírez y Sosa, 1994; Moreno, 1994). Los resultados obtenidos fueron utilizados para el diseño e implementación de la estrategia de validación y transferencia de tecnología del proyecto en general y de los MVTT en particular.

Proporción de superficie con adopción de tecnología completa y parcial

Por medio del monitoreo de productores que practican el sistema innovador y de entrevistas directas a las autoridades de las dos comunidades mencionadas, se obtuvo, desde 1993, información referente a la superficie destinada a las innovaciones de tecnología completa, al establecimiento de sorgo Costeño 201, con y sin labranza de conservación, al establecimiento de praderas y al ensilaje. Se obtuvo también información a escala regional sobre la superficie en que se adoptó al menos uno de los componentes antes mencionados. En este caso la fuente de información fue la Secretaría de

Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, así como las asociaciones ganaderas locales.

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

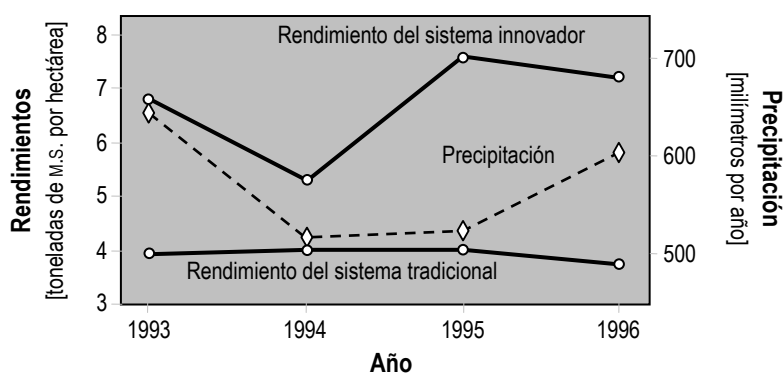
Los resultados que a continuación se presentan corresponden a los indicadores de los puntos críticos antes descritos. Aunque la mayoría de las mediciones se hicieron en 1995 y 1996, es importante tomar en cuenta que las innovaciones se iniciaron en 1993.

3.1. Área técnico-ambiental

3.1.1. Productividad de sorgo y pradera

Como resultado de los cambios introducidos en el sistema innovador, se logró incrementar la productividad del sorgo en un 72 por ciento, pasando el rendimiento medio de 3.9 a 6.7 toneladas de materia seca por hectárea (1993–1996; véase la Ilustración 5.6). Otra diferencia entre ambos sistemas es que en el innovador la totalidad de la biomasa producida es aprovechada para la alimentación del ganado durante el periodo seco, mientras que en el tradicional una parte significativa del forraje (aproximadamente la mitad) no es consumida por efecto del pisoteo y de su baja calidad. Finalmente, en el

Ilustración 5.6. Rendimiento de sorgo en Malpica y El Huajote, Sinaloa, 1993-1996



sistema innovador se producen 10 toneladas de forraje (materia seca) por hectárea en las praderas de Llanero y Callie, lo que permite obtener una alimentación de buena calidad durante todo el año y reducir el uso del agostadero y su consecuente perturbación ambiental.

3.1.2. Variabilidad de la productividad de sorgo

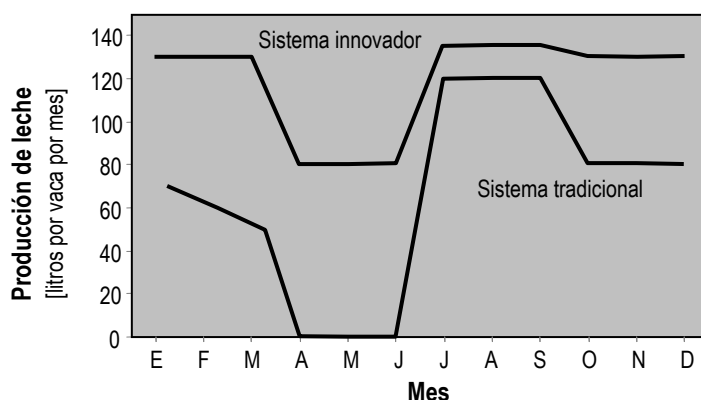
La integración de las innovaciones tecnológicas ha logrado incrementar consistentemente el rendimiento de sorgo desde 1993, cuando se puso en marcha el proyecto, hasta 1996 (véase la Ilustración 5.6). La experiencia acumulada durante este tiempo muestra también que la productividad del subsistema agrícola tradicional es más estable (con un coeficiente de variación de 4 por ciento) que la del innovador ($cv=15\%$). En ambos casos, esta variación se debe a las diferencias en la cantidad y distribución de las lluvias que se dan entre un año y otro durante la estación de crecimiento, pero, aun en el año más seco (1994), la producción del sistema innovador fue significativamente mayor que la del tradicional (lo que se demuestra estadísticamente con $p=0.0057$).

3.1.3. Estacionalidad de la producción de leche

La experiencia obtenida después de cuatro años de establecidos los MVTI demuestra que con el sistema innovador es posible lograr una producción mensual de leche de 135 litros por vaca, mientras que con el sistema tradicional se llega a un máximo de 120 litros. Sin embargo, la diferencia principal radica en el hecho de que en el sistema innovador la ordeña se realiza durante todo el año, alcanzando una producción anual de leche por vaca de 1400 litros en promedio, en comparación con los 790 litros que se obtienen (durante cuando mucho 9 meses) en el sistema tradicional (véase la Ilustración 5.7).

Esta diferencia entre ambos sistemas resulta aun más notoria si se evalúa en términos monetarios, pues el precio de la leche es un 25 por ciento más alto en la época seca. En el sistema tradicional la producción de leche en la época seca alcanza sólo para el autoconsumo y los excedentes sólo se producen en la época húmeda, cuando la sobreoferta hace que el precio baje.

Ilustración 5.7. Variación mensual de los excedentes para venta de leche en Malpica y El Huajote, Sinaloa, 1995-1996



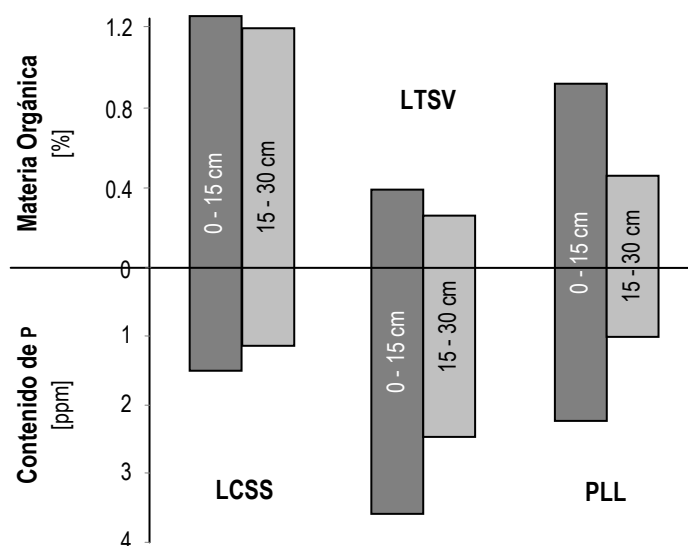
3.1.4. Producción de carne

La información obtenida en los MVT muestra que los becerros destetados (de 11 meses de edad) alcanzan un peso promedio de 125 kilogramos en el sistema tradicional y de 150 kilogramos en el innovador. Esta diferencia se explica por el ensilaje que se practica en el sistema innovador durante la época seca y que permite *preengordar* ligeramente a los becerros. Por otro lado, la disponibilidad de forraje durante todo el año permite a los productores innovadores vender su ganado en épocas de mejores precios.

3.1.5. Materia orgánica

Los análisis de suelos muestran que el contenido de materia orgánica es mayor en el suelo manejado con labranza cero con sorgo en surcos (LCSS) que en el sistema de labranza tradicional con sorgo al voleo (LTSV) o en el suelo con pasto Llanero (PLL) (véase la Ilustración 5.8). Sin embargo esta información no es concluyente sobre la dinámica de la variable, ya que no se cuenta con datos sobre la situación imperante antes de la introducción de estas prácticas. De cualquier modo, es notable que en todos los sistemas evaluados el nivel de materia orgánica es entre bajo y muy bajo, lo que reafirma la necesidad de ejecutar prácticas que aumenten su contenido.

Ilustración 5.8. Contenido de materia orgánica y de fósforo en tres sistemas de manejo del suelo. El Huajote, Sinaloa, 1996



3.1.6. Condiciones de fertilidad del suelo

Con la información disponible es difícil extraer conclusiones, ya que faltan datos que muestren los cambios ocurridos a través del tiempo para cada sistema. No es posible hacer comparaciones entre sistemas, ya que no conocemos su fertilidad original. Por ejemplo (véase la Ilustración 5.8), el suelo del sistema LTSV tiene más fósforo que el de LCSS, a pesar de que éste último ha recibido fertilización fosfórica cada año durante los últimos cuatro años, mientras que en el LTSV este insumo ha estado ausente durante mucho tiempo. Algo similar podría decirse para PLL. Por otra parte, a pesar de estas aparentes diferencias entre sistemas, la realidad es que los tres suelos muestreados son extremadamente pobres en fósforo, lo cual resalta la importancia de la fertilización fosfórica para mantener la sostenibilidad en el manejo de la tierra en la región.

Una alternativa válida para abordar el análisis del efecto de los sistemas analizados sobre las condiciones de fertilidad del suelo es el enfoque de

balance nutrimental (Frissel, 1978). Su desventaja es que requiere una considerable infraestructura de laboratorio y un mayor presupuesto.

3.1.7. Relación intensidad de lluvia–pérdida de suelo

La información obtenida en los lotes de escurrimiento durante 1995 y 1996 indica que los eventos de lluvia con más de 40 mm generaron entre el 51 y el 73 por ciento de la pérdida total de suelo en el sistema de labranza tradicional con sorgo al voleo. Los resultados anteriores confirman que el proceso de erosión hídrica en el Sur de Sinaloa sigue el patrón típico de las regiones tropicales.

Cobertura y manejo

Los sistemas de manejo más eficientes para reducir el factor adimensional C (véase la p. 167) fueron las praderas (PLL y PC), debido a que su cobertura amortigua el impacto y disminuye la velocidad de las gotas de lluvia. Por otra parte, LCSS fue más eficiente que LTSS y LTSV debido a que su porcentaje de cobertura del suelo es mayor que en los sistemas tradicionales (véase el Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. Valores para el factor C anual por sistema de manejo en el Sur de Sinaloa durante 1995 y 1996

Tipo de Sistema	Manejo del suelo	Factor C	Eficiencia* [%]
Innovador	PLL	0.009	99
	PC	0.03	97
	LCSS	0.12	88
Tradicional	LTSS	0.25	75
	LTSV	1.0	0

* Porcentaje de eficiencia con respecto al sistema de LTSV.

Fuente: Martínez y Guzmán, 1996.

Pérdida de suelo

Los resultados obtenidos durante 1995 y 1996 muestran que el comportamiento de esta variable fue consistente entre años y tratamientos

(véase el Cuadro 5.7). El sistema que produjo la mayor pérdida de suelo fue LTSV, mientras que en LCSS la tasa de erosión alcanzó sólo la mitad que en LTSS. Los sistemas que involucraron praderas (PLL y PC) tuvieron las menores pérdidas de suelo y fueron, junto con LCSS, los únicos cuyas tasas de erosión son inferiores a la tasa de formación natural del suelo (valor T) y que, por lo tanto, pueden considerarse sostenibles (Lal, 1994).

Cuadro 5.7. Pérdida de suelo y eficiencia en los sistemas de manejo evaluados en el Sur de Sinaloa, durante 1995 y 1996

Tipo de sistema	Manejo del suelo	Pérdida de suelo [ton/ha]		Eficiencia* [%]	
		1995	1996	1995	1996
Innovador	PLL	0.38	0.35	99.1	99.1
	PC	0.97	1.69	97.6	95.6
	LCSS	5.09	4.39	87.6	88.5
Tradicional	LTSS	9.92	10.05	75.8	73.6
	LTSV	41.06	38.05	0.0	0.0

* Porcentaje de eficiencia (en cuanto a suelo conservado) con respecto al sistema LTSV.

Fuente: Martínez y Guzmán, 1996.

Es importante mencionar que los resultados presentados en el cuadro anterior se obtuvieron en lotes de escurrimiento con 3 por ciento de pendiente. La erosión es probablemente mayor en terrenos más inclinados, especialmente en sistemas con cultivo anual.

Predicciones a largo plazo

Las simulaciones con el modelo EPIC se hicieron para dos tipos de suelos: el del sitio 1 (con fertilidad más alta) y el del sitio 5 (con fertilidad más pobre), tomando en cuenta la pérdida de suelo tanto por erosión como por escorrentía. Los resultados muestran que en el largo plazo (a partir de los cien años) los dos sistemas tradicionales tienen siempre las mayores pérdidas de suelo: El peor en este sentido es LTSV (aproximadamente el doble que LCSS en el sitio 1 y el triple en el sitio 5, a los 100 años), seguido por LTSS (véase la Ilustración 5.9). Por lo que se refiere a los sistemas innovadores, los resultados no son consistentes, puesto que en el sitio 1 las praderas muestran un mejor desempeño (PC<PLL<LCSS<LTSS<LTSV), mientras que en el 5 es LCSS el mejor sistema (LCSS<PC<PLL<LTSS<LTSV).

De cualquier modo, es claro que estos sistemas, con un movimiento de suelo menos intenso, tendrían los valores menores de pérdida de suelos (Tasistro, 1996).

En ambos sitios el rendimiento de forraje descendería más abruptamente en los sistemas LTSS y LTSV que en los demás (véase la Ilustración 5.10). En los sistemas de praderas y en LCSS con aportes de N y P, el factor de estrés principal sería la disponibilidad de agua en el suelo. La ausencia de fertilización nitrogenada y fosforada en los sistemas con sorgo bajo labranza tradicional hace que estos nutrientes sobrepasen en importancia al agua como factor restrictivo.

En ambos sitios se predicen descensos en los rendimientos de forraje bajo todos los sistemas, aunque la tasa de descenso proyectada es menor para el sistema LCSS, por lo menos en los primeros 400 años. Este último sistema y los de praderas son los que muestran Índices Erosión–Productividad (IEP) más altos, o sea, menores diferencias en los rendimientos con y sin erosión.

Cuando se considera la erosión, las pérdidas de materia orgánica proyectadas por EPIC aumentan en todos los sistemas. En el suelo del sitio 1 el aporte de N y P retrasaría el momento en que estos nutrientes se convierten en factores importantes de estrés, y lo mismo sucede cuando no se considera la erosión en la simulación. Para este sitio el agua sería el factor crítico. La respuesta sería bastante similar en el sitio 5. En los sistemas con sorgo con labranza tradicional, que tienen mayor erosión y carecen de fertilización, los rendimientos en el sitio 1 estarían limitados principalmente por N y P, mientras que en el sitio 5, donde la erosión ocurriría muy aceleradamente, no habría oportunidad de que se desarrolle el P como factor restrictivo. En el sitio 1, la compactación del suelo sería, según EPIC, un factor de estrés muy importante para cualquier sistema de manejo, independientemente de los niveles de erosión (Tasistro, 1996).

3.1.8. *Escurrimiento superficial*

Si se analiza el coeficiente de escurrimiento superficial (definido como el cociente entre el volumen de agua escurrido y el volumen de precipitación pluvial) para los cinco sistemas de manejo evaluados, se puede observar que el sistema más eficiente para reducir el escurrimiento superficial es PLL,

Ilustración 5.9. Pérdidas de suelo simuladas por EPIC en dos sitios y bajo cinco sistemas de manejo

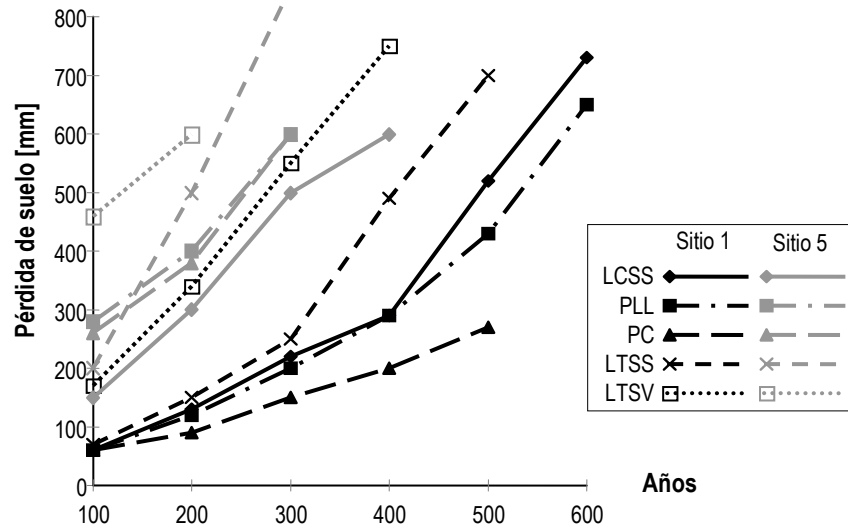
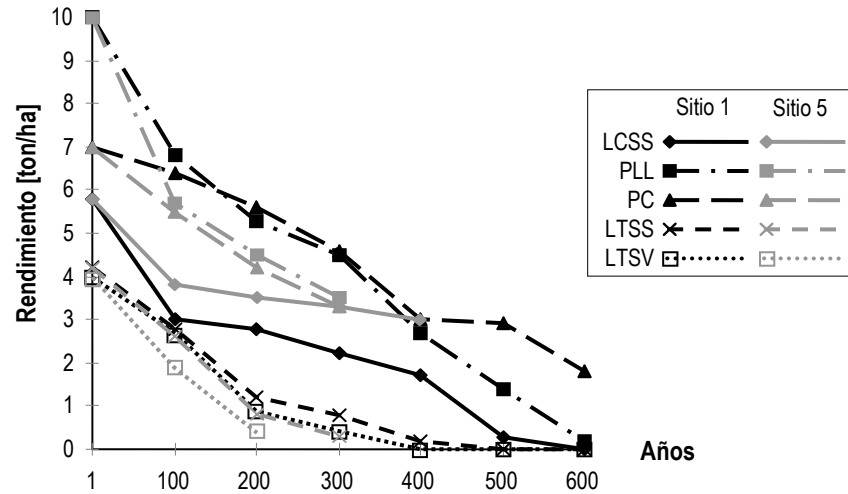


Ilustración 5.10. Rendimientos de forraje simulados por EPIC para cinco sistemas de manejo y dos sitios, con erosión



seguido por PC, LCSS y LTSS (que tienen pequeñas diferencias entre sí). El sistema más ineficiente en captar agua de lluvia es LTSV, que pierde por escurrimiento el 42 por ciento del agua de lluvia que recibe (véase el Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Pérdida de agua y coeficiente de escurrimiento en cinco sistemas de manejo evaluados en el Sur de Sinaloa, durante 1995 y 1996

Tipo de sistema	Manejo del suelo	Precipitación [mm/año]		Eskurrimiento superficial [mm/año]		Coeficiente de escurrimiento	
		1995	1996	1995	1996	1995	1996
Innovador	PLL	524.9	615.6	12.5	19.4	0.024	0.032
	PC	522.5	595.7	135.0	131.2	0.258	0.220
	LCSS	520.7	603.2	132.5	152.0	0.254	0.252
Tradicional	LTSS	524.9	615.6	122.5	190.6	0.233	0.310
	LTSV	524.7	592.3	267.5	247.4	0.510	0.418

Fuente: Martínez y Guzmán, 1996.

Los sistemas más efectivos en cuanto a captación de agua son los que se proponen como componentes del sistema innovador, lo cual asegura un manejo más sostenible.

3.1.9. Número de especies

El sistema agro-silvo-pastoril tradicional depende sólo de una especie vegetal, lo que lo hace muy susceptible a cambios ambientales adversos. El germoplasma usado en este sistema tampoco satisface los criterios de doble propósito (producción de grano y forraje), ni los de productividad y adaptabilidad. En cambio, el sistema agro-silvo-pastoril innovador tiene una mayor diversidad de germoplasma, ya que maneja tres especies vegetales (una de sorgo y dos de pastos). Además, los pastos Llanero y Bermuda Callie se adaptan fácilmente a las condiciones de trópico seco, requieren poco N y P, resisten tanto plagas y enfermedades como la sequía y son muy productivos. Todo esto contribuye a hacer más sostenible al sistema innovador que al tradicional.

3.2. Área económica

3.2.1. Índices de rentabilidad (B/C, VAN, TIR)

El análisis financiero del sistema innovador versus el tradicional generó indicadores financieros (B/C, VPN y TIR) positivos para los tres tamaños de unidades productivas analizadas en el sistema innovador y negativos para los mismos tres tamaños en el sistema tradicional, lo que implica una mayor viabilidad del sistema innovador desde el punto de vista financiero a precios de mercado (véase el Cuadro 5.9).

Cuadro 5.9. Indicadores financieros para los sistemas innovador y tradicional. Sur de Sinaloa, 1995

Unidad productiva	Sistema innovador			Sistema tradicional		
	B/C	VPN [\$] ¹	TIR [%]	B/C	VPN [\$]	TIR [%]
A (20 ha y 50 UA) ²	1.50	79,416	112	0.96	-7,336	n/f ³
B (20 ha y 25 UA)	1.36	28,958	66	0.98	-1,189	n/f
C (12 ha y 11 UA)	1.13	5,441	34	0.81	-7,556	n/f

¹ Valor por unidad productiva.

² UA = unidad animal = 1 vaca de 400 kg que gesta, cria y desteta un ternero de 160 kg a los 6 meses (peso vivo).

³ n/f = no factible (no se puede calcular la TIR cuando el VPN es negativo).

Fuente: Cuevas, 1996.

A continuación se presenta la interpretación de los indicadores financieros:

Relación beneficio/costo (B/C): Durante el horizonte de planeación de siete años del proyecto, a una tasa de actualización del 12 por ciento, descontando inflación, por cada peso invertido el sistema innovador tendría 50, 36 y 13 centavos de beneficios para las unidades productivas A, B y C, respectivamente. En cambio el sistema tradicional tendría 4, 2 y 19 centavos de pérdidas para las mismas unidades productivas durante el periodo considerado.

Valor Presente Neto (VPN): Los productores del sistema innovador tendrían una utilidad neta de \$79,416, \$28,958 y \$5,441 pesos, mientras que los del sistema tradicional tendrían pérdidas por \$7,336, \$1,189 y \$7,556 pesos para cada tamaño de unidad productiva analizado.

Tasa Interna de Retorno (TIR): En el periodo de implementación del proyecto se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad en promedio de 112 por ciento para la unidad productiva A (50 UA y 20 ha), de 66 por ciento para la B (25 UA y 20 ha) y de 34 por ciento para la unidad C (11 UA y 12 ha) en el sistema innovador. En cambio, en el sistema tradicional estas tasas resultan negativas, por lo que este indicador carece aquí de sentido.

3.2.2. *Indices de eficiencia económica (RNCI, RMO, RT)*

La eficiencia económica de ambos sistemas se calculó a partir de datos obtenidos en siete MVTT y seis unidades de producción tradicionales de las comunidades de Malpica y El Huajote (véase el Cuadro 5.10). Los resultados se interpretan a continuación:

Cuadro 5.10. Indices de eficiencia económica obtenidos en los sistemas innovador y tradicional. Sur de Sinaloa, 1996

Sistema productivo	RNCI	RMO [\$ / día]	RT [\$ / ha / año]
Sistema innovador (promedio de siete MVTT)	0.44	41	964
Sistema tradicional (promedio de seis UP)	0.13	11	410
Costo de oportunidad	-	35	646

Fuente: Cuevas, 1996.

Retribución neta al capital en insumos (RNCI): El cálculo indica que por cada peso gastado en insumos y pago de servicios, el sistema innovador tiene una retribución de 44 centavos, mientras que el tradicional sólo de ¢13.

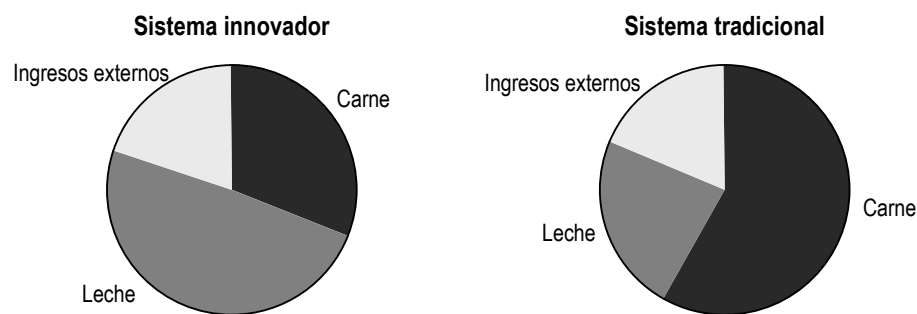
Retribución a la mano de obra (RMO): Al analizar el número de jornales totales utilizados por unidad animal al año en ambos sistemas, se ve que la fuerza de trabajo es más eficiente dentro del sistema innovador, puesto que en éste la retribución por jornal es de \$41, a diferencia de los \$11 que se obtienen en el sistema tradicional. Este resultado indica que la inversión utilizada en fuerza de trabajo en el sistema innovador es más eficiente que en el tradicional, y también que al productor innovador y a su familia les reditúa más autoemplearse que trabajar en otras actividades asalariadas rurales, en donde pueden obtener 35 pesos diarios.

Retorno a la tierra (RT): En 1996, en las comunidades de estudio se rentaba en promedio en \$646 al año una hectárea de tierra para cultivo, por lo que al comparar este monto con el obtenido por cada uno de los sistemas analizados se puede observar que el innovador tiene un retorno a la tierra (RT) superior, mientras que en el tradicional este valor es inferior al costo de oportunidad.

3.2.3. Composición de ingresos y egresos

La composición del ingreso de los productores innovadores ha cambiado significativamente como resultado de la adopción de nuevas tecnologías, ya que al contar el ganado con alimentación suficiente, la producción de leche aumenta (véase la Ilustración 5.7). Los resultados muestran que el ingreso de los productores tradicionales depende principalmente de la venta de animales (58 por ciento), mientras que la principal entrada de los innovadores es la leche (49 por ciento) (véase la Ilustración 5.11). Por otro lado, el ingreso del productor innovador se ha vuelto más constante a través del tiempo, lo que le permite tener además un mayor control sobre la oportunidad de venta de su ganado. No así para el caso de los productores tradicionales, que tienen que recurrir a la venta de animales para solventar sus gastos familiares y productivos en la época de secas.

Ilustración 5.11. Estructura de ingresos en dos sistemas productivos en Malpica y El Huajote, Sinaloa, 1995



Fuente: Cuevas, 1996.

El mayor egreso (46 por ciento) en que incurre el productor que depende del SASP tradicional corresponde al gasto familiar (alimentación, vestido, salud y servicios domésticos), seguido por el rubro pecuario (45 por ciento), que incluye la compra de suplementos alimenticios (concentrados, vitaminas, etc.) y de esquilmos agrícolas, así como los pagos de sanidad animal. Los productores innovadores destinan 41 por ciento de sus ingresos al consumo familiar, 21 por ciento al pago de jornales contratados como resultado del cambio de intensidad de manejo (de extensivo a semi-intensivo), sólo 20 por ciento a gastos pecuarios y 18 por ciento al rubro agrícola (para solventar la siembra con labranza de conservación y el ensilaje). Vemos entonces que en ambos sistemas el gasto familiar es el más importante, aunque el sistema innovador permite una mayor inversión de insumos, que se traducen en un aumento de la productividad agropecuaria y en la posibilidad de retención de mano de obra en las comunidades.

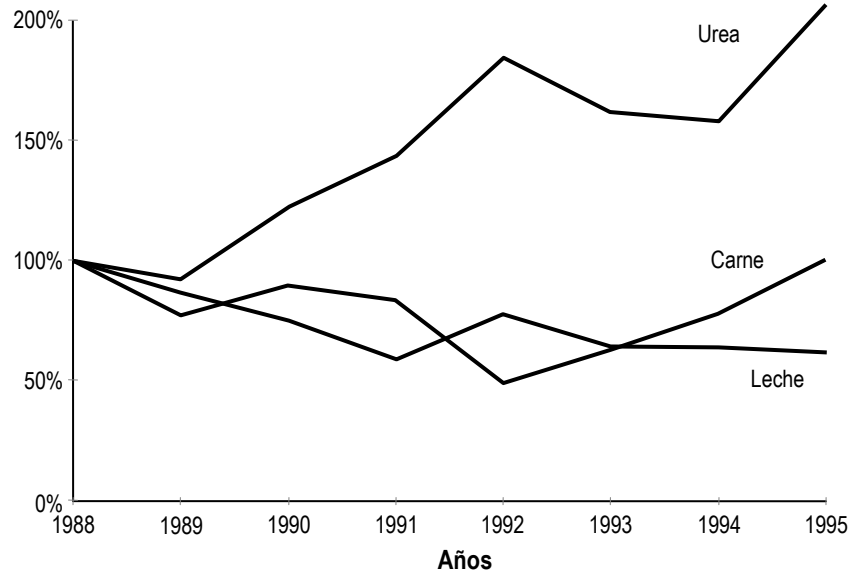
3.2.4. Evolución de precios de insumos y productos

La agricultura del Sur de Sinaloa no ha estado exenta de los efectos del modelo económico neoliberal impuesto en México desde finales de la década de los ochenta. Este modelo postula que las ventajas comparativas hacen innecesarias las políticas estatales de promoción de la autosuficiencia alimentaria y el consecuente apoyo al sector agropecuario. Los efectos de este modelo se han reflejado en una disminución o estancamiento del precio de los principales productos del SASP y en el significativo aumento de algunos insumos importantes, como la urea (véase la Ilustración 5.12). Esta conjugación de factores ha repercutido negativamente en la rentabilidad del SASP, dificultando la adopción de tecnologías que impliquen mayor inversión y mayor riesgo por variación de precios de insumos y productos.

3.2.5. Inversión inicial

Los cálculos de los costos necesarios para establecer el SASP innovador muestran lo siguiente: La siembra de una hectárea de sorgo Costeño 201 bajo labranza de conservación destinada al ensilaje cuesta \$1,000, y el ensilaje en sí \$800, es decir, un total de \$1,800, lo que equivale a la venta de 1 becerro (un becerro de 180 kilogramos, a \$10 por kg). El establecimiento

Ilustración 5.12. Evolución relativa de los precios reales de leche, carne y urea en el Sur de Sinaloa, 1988-1995



de una hectárea de pradera cuesta por su parte \$1360, lo que representa las tres cuartas partes de un becerro.

Para el cálculo de la inversión inicial se utilizó como dato la superficie que han dedicado al sistema innovador los productores que han adoptado hasta ahora todos los componentes de este sistema (normalmente alrededor del 60 por ciento de la superficie total disponible por unidad productiva). De esta superficie, aproximadamente la mitad se dedica al sorgo y la mitad a la pradera, de acuerdo con las recomendaciones de estudios técnicos (Loaiza, 1994).

Esto quiere decir que, en el caso de los estratos de productores que se busca impactar, es decir los estratos II al VI (véase el Cuadro 5.3, p. 152), el monto total de la inversión requerida para la siembra y ensilaje de sorgo Costeño 201 bajo labranza de conservación, así como para el establecimiento de praderas perennes, va desde \$17,160 (estrato II) hasta \$28,000 por unidad de producción (estratos V y VI). Estos montos

representan respectivamente 9.5 y 15.5 becerros (véase el Cuadro 5.11). Estas cifras muestran que es muy difícil para un productor tradicional adoptar la propuesta tecnológica de manera completa en el primer año.

Cuadro 5.11. Requerimientos productivos y económicos para la implementación del sistema innovador por estrato de productores. Sur de Sinaloa, 1996

Estrato	Cabezas de ganado	Superficie [ha]		Inversión necesaria [\$]			Inversión equivalente en becerros ²
		Sorgo ¹	Pradera	Sorgo y ensilaje	Pradera	Total	
II	21	5	6	9,000	8,160	17,160	9.5
III y IV	23	6	6	10,800	8,160	18,960	10.5
V y VI	42	8	8	14,400	13,600	28,000	15.5

¹ Siembra de sorgo Costeño 201 con labranza cero y fertilización nitrofosfórica para ensilaje.

² Becerro de 180 kilogramos a \$10 por kg.

Fuente: Cuevas, 1996.

Por lo que se refiere al SASP tradicional, el costo de inversión requerido para la siembra de sorgo forrajero es de \$450 por hectárea (sin incluir gastos adicionales como suplementos alimenticios del ganado y compra de potreros). En este sistema cada unidad productiva requiere entre 18 y 24 hectáreas de sorgo para pastoreo directo (en el sistema innovador se necesitan sólo de 5 a 8 ha de sorgo para ensilaje y de 6 a 8 ha de praderas perennes; véase el Cuadro 5.11). A pesar de que la superficie requerida por el sistema tradicional es mayor, el monto de la inversión es mucho menor, a saber, entre \$8100 y \$11250 según el tipo de unidad de producción, lo que equivale a entre 4.5 y 6.2 becerros (véase el Cuadro 5.12).

La diferencia entre las superficies necesarias para mantener un mismo número de animales en un sistema y en otro (véanse los Cuadros 5.11 y 5.12) resalta la magnitud del carácter extensivo del SASP tradicional y la consecuente necesidad que el productor tradicional tiene de utilizar tierras marginales para cultivos anuales.

En el sistema innovador, a diferencia del tradicional, el momento más crítico es el primer año, en el que se requiere mayor disponibilidad de capital para la inversión inicial (establecimiento de praderas y del silo). La inversión en los siguientes años es menor: Para la siembra de sorgo y el ensilado se requieren de nuevo \$1,800 por hectárea, pero cada hectárea de

Cuadro 5.12. Requerimientos productivos y económicos para la implementación del sistema tradicional por estrato de productores. Sur de Sinaloa, 1996

Estrato	Cabezas de ganado	Superficie de sorgo ¹ [ha]	Inversión necesaria [\$]	Inversión equivalente en becerros ²
II	21	18	8,100	4.5
III y IV	23	22	9,900	5.5
V y VI	42	24	11,250	6.2

¹ Sorgo bajo labranza tradicional sin fertilización, con dos rastreos, para pastoreo directo por el ganado.

² Becerro de 180 kilogramos a \$10 por kg.

Fuente: Cuevas, 1996.

pradera requiere sólo gastos de mantenimiento de \$360. Este gasto anual necesario a partir del segundo año puede ser fácilmente absorbido por la unidad de producción en virtud del aumento de la productividad tanto del capital como de la fuerza de trabajo y de la tierra, como se mostró en los índices de eficiencia económica (véase el Cuadro 5.10).

Como se ha dicho antes, el sistema tradicional requiere una baja inversión, pero es también muy baja la productividad que se obtiene en los componentes principales del proceso productivo (tierra, trabajo y capital). El sistema innovador, en cambio, requiere una inversión considerablemente mayor, pero permite obtener ganancias (véase el indicador B/C en el Cuadro 5.9,) en un grado que depende del número de cabezas de ganado que tiene la unidad de producción.

En términos estrictamente financieros, tradicionalmente se ha considerado que el riesgo de pérdida de inversión de capital por fluctuaciones en los precios de insumos o productos (o por cambios climáticos) es mayor para quienes invierten más y menor para los productores tradicionales que hacen una mínima inversión. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que en el sistema innovador la conservación y el mejoramiento del recurso suelo, así como el uso más eficiente de la escasa lluvia, permiten disminuir con el tiempo el riesgo de pérdidas ante efectos adversos (naturales o de mercado), gracias al aumento de la resiliencia y la estabilidad.

3.2.6. Demanda de fuerza de trabajo

Los productores del sistema innovador requieren un promedio de 1.7 jornales por día en el transcurso del año, mientras que los tradicionales sólo requieren de 1.1 jornales por día. Esto corrobora el carácter semi-intensivo del sistema innovador. Por otro lado, la fuerza de trabajo es en el sistema tradicional casi únicamente familiar, mientras que en el asalariado el 40 por ciento de los jornales son asalariados (véase el Cuadro 5.13).

Cuadro 5.13. Demanda de fuerza de trabajo asalariada y familiar por sistema productivo. Malpica y El Huajote, Sinaloa, 1995 y 1996

Tipo de fuerza de trabajo	Sistema innovador ¹ [jornales/año/unidad productiva]			Sistema tradicional ² [jornales/año/unidad productiva]		
	1995	1996	Promedio	1995	1996	Promedio
Asalariada	264	264	264	1	3	2
Familiar	369	425	397	407	407	407
Total	633	689	661	408	410	409

¹ Promedio de tres módulos de validación.

² Promedio de siete unidades productivas.

Fuente: Cuevas, 1996.

3.2.7. Índice de dependencia de insumos externos (IDIE)

Al calcular la proporción de insumos respecto a la inversión total anual (IDIE) por unidad animal se obtiene que el productor del sistema tradicional tiene una dependencia de insumos externos del orden de 75%, mientras que el innovador invierte un 52% del gasto total en la compra de insumos provenientes de fuera de la unidad de producción. En aquél los principales insumos son alimentos concentrados y esquilmos agrícolas durante el periodo de estiaje, mientras que en éste los insumos externos son fertilizantes y herbicidas utilizados en la siembra (véase el Cuadro 5.14).

3.2.8. Comercialización de productos agropecuarios

A partir de un monitoreo realizado en ambas comunidades se encontró que durante 1995 y 1996 tanto los productores innovadores como los

Cuadro 5.14. Niveles de inversión en insumos externos por sistema productivo. Sur de Sinaloa, 1996

Indicador	Sistema innovador	Sistema tradicional
Costo de insumos externos [\$/UA/año]	386	440
Inversión total [\$/UA/año]	743	589
IDIE	52%	75%

Fuente: Cuevas, 1996.

tradicionales continuaron utilizando los mismos canales de comercialización que se detectaron al inicio del proyecto. En general, el productor de la región obtiene porcentajes muy bajos del precio del producto final: Para el caso de los becerros el 23 por ciento y para las vacas la mitad (Moreno, 1994). En el caso de la leche y queso, el productor obtiene apenas un 40 por ciento del precio final del producto (Cuevas, 1996). Esto significa que de hecho son los intermediarios y acaparadores locales y regionales quienes se quedan con el mayor beneficio cuando los productores pasan del SASP tradicional al innovador.

La principal ventaja que han obtenido hasta ahora los productores innovadores en el mercado ha sido un mayor control sobre la oportunidad de venta de ganado y leche, puesto que están en capacidad de escoger épocas de mejor precio.

3.3. Área social

3.3.1. Proporción de superficie con adopción de tecnología completa o parcial

Al inicio del proyecto (1993) se establecieron 4 módulos, dos en cada comunidad de estudio, y en 1996 su número aumentó a 7; la superficie utilizada en los módulos (sistema innovador completo) se incrementó así de 60 a 84 hectáreas. Por otro lado, la superficie de las parcelas de productores en las comunidades de Malpica y El Huajote en las que se adoptó al menos un componente tecnológico pasó de 15 a 200 hectáreas en el mismo periodo (véase la parte superior del Cuadro 5.15). Esto representa aproximadamente el 4 por ciento de la superficie total de las comunidades.

Por otra parte, a nivel regional el proyecto ha logrado incrementar la superficie manejada con al menos un componente tecnológico propuesto por el sistema innovador (véase la parte inferior del Cuadro 5.15).

Cuadro 5.15. Grado de adopción de las innovaciones tecnológicas a nivel local (comunidades de Malpica y El Huajote) y regional (Sur de Sinaloa)

Grado de adopción del sistema innovador		1993	1994	1995	1996
A nivel local ¹	Superficie con al menos un componente [ha]	15 (0.3%)	80 (1.7%)	121 (2.5%)	200 (4.2%)
	Superficie con todos los componentes [ha]	60 (1.3%)	52 (1.1%)	74 (1.6%)	86 (1.8%)
A nivel regional	Superficie con sorgo Costeño 201 [ha]	3000	(n/d)		15000
	Superficie con praderas [ha]	16400	(n/d)		24300
	Número de silos	15	(n/d)		65

¹ La superficie total de las 2 comunidades es de 4,762 hectáreas (pero hay que tomar en cuenta que no toda es cultivable, y que una parte de la superficie abierta al cultivo se destina al descanso). Los porcentajes expresan la proporción con respecto a esta superficie.

Fuentes: Cuevas, 1996 (para los datos a nivel local) y CESSI, 1996 (para los datos a nivel regional).

Los avances en la adopción de las innovaciones propuestas refleja la disponibilidad de recursos y conocimientos de los productores de la región. En efecto, el componente tecnológico que ha sido más adoptado —la siembra de sorgo Costeño 201— es el que requiere menor inversión y el que modifica en menor grado el SASP tradicional. En cambio, el establecimiento de praderas y silos ha tenido una menor respuesta (véase el Cuadro 5.15).

Los beneficios obtenidos de la adopción parcial permiten mejorar la productividad del SASP y la conservación de los recursos suelo y vegetación, pero sin duda serían mayores si la adopción fuera completa.

3.3.2. Organización

Participación de productores en aspectos organizativos

A pesar de que los objetivos fundamentales de las instituciones participantes del proyecto *Desarrollo Sostenible de los Agroecosistemas en el Sur de Sinaloa* son la enseñanza y la investigación, y de que dentro de los objetivos iniciales del proyecto no se consideró organizar a los productores para la transferencia masiva de tecnología ni para la compra y venta de insumos y

productos, el equipo interinstitucional de investigadores ha participado en la gestión de recursos para los productores (subsidios para semillas de pastos, para cercas y para maquinaria para la construcción de silos, etc.).

Por otro lado, la información técnica y económica generada por el proyecto ha influido en la definición de políticas agrícolas para el Sur de Sinaloa y, en general, para el área de temporal del estado. Es así como el gobierno del estado creó en 1994 el Programa de Reconversión del Uso del Suelo, para el establecimiento de praderas en áreas no aptas para la agricultura. Por otro lado, a partir de 1996 el subsidio de Procampo, que antes sólo se otorgaba a productores con cultivos anuales, se hizo extensivo a los productores que optaran por el establecimiento de praderas.

Como se dijo antes, el efecto de las acciones de promoción del proyecto se ha manifestado solamente en el aumento de la productividad agropecuaria, ya que en los aspectos organizativos no ha habido ningún impacto diferencial entre los productores tradicionales y los innovadores: ambos siguen actuando de manera individual, y los intermediarios han sido hasta ahora los principales beneficiarios de los aumentos en la producción de leche y carne.

Ante este panorama, el grupo de investigadores ha buscado alternativas organizativas que sean factibles en la región y que permitan a los productores recibir los beneficios de las mejoras generadas con el SASP innovador.

Es así como a partir de 1996 los investigadores del proyecto retomaron el modelo de los Grupos de Ganaderos para Validación y Transferencia de Tecnología (GGAVATT) desarrollado por el INIFAP en el estado de Veracruz, para adecuarlo e implementarlo con productores agropecuarios de temporal del Sur de Sinaloa.

El GGAVATT es un grupo organizado para la producción en donde pueden participar todos aquellos productores interesados en los cambios tecnológicos propuestos por el proyecto. Cada GGAVATT consta de 10 a 15 miembros cuyas unidades productivas tienen características y propósitos de producción similares, es decir, combinan actividades agrícolas y pecuarias dentro de la misma unidad productiva.

El modelo GGAVATT está integrado por tres componentes: (a) el más importante, los productores miembros del grupo organizado; (b) un asesor técnico que da seguimiento y asesoría a los miembros del grupo, y (c) el

grupo de investigadores que participan en el proyecto. Son los miembros de los GGAVATT los que deciden en qué aspecto del proceso productivo de los que promueve el proyecto desean que se les asesore y apoye, así como la secuencia de acciones a desarrollar.

La aplicación de esta estrategia de adopción de tecnología ha permitido crear seis grupos organizados con 70 productores participantes en cinco comunidades del municipio de Concordia.

4. ANÁLISIS INTEGRADO DE INDICADORES

4.1. Integración de resultados

Para construir una representación gráfica de los resultados de la evaluación, se seleccionaron, entre los indicadores antes enumerados, aquéllos para los cuales se tenía mejor calidad de información o que eran de mayor importancia para la sostenibilidad del sistema (véase el Cuadro 5.16).

Cuadro 5.16. Valores obtenidos y óptimos para los indicadores evaluados. 1993-1996

Indicador	Sistema innovador	Sistema tradicional	Óptimo (100%)
Rendimiento de sorgo [ton de materia seca/ha]	6.7 (67%)	3.9 (39%)	10
Producción de leche [litros/vaca/año]	1400 (93%)	790 (53%)	1500
Producción de carne [kg/becerro destetado]	150 (75%)	125 (63%)	200
Materia orgánica [%]	1.25 (63%)	0.39 (20%)	2.00
Pérdida de suelo [ton/ha/año]	4.74 (95%)	39.55 (0%)	3.0
Coefficiente de escurrimiento	0.253 (45%)	0.464 (0%)	0
Estabilidad de producción de leche	Alta (100%)	Media (50%)	Alta
Relación beneficio–costo (B/C)	1.5 (100%)	0.96 (64%)	1.5
Retorno a la mano de obra (RMO) [\$ / día]	41 (41%)	11 (11%)	100
Tiempo de producción de leche [meses/año]	12 (100%)	9 (75%)	12
Costo de inversión inicial [becerros]	10.5 (60%)	5.5 (73%)	7.5
Demanda de fuerza de trabajo [jornales/día]	1.7 (100%)	1.1 (65%)	1.7
Índice de dependencia de insumos ext. (IDIE) [%]	52 (48%)	75 (25%)	0
Organización para la producción	Baja (0%)	Baja (0%)	Alta

Posteriormente, se definieron los valores considerados como *ideales* u óptimos. En varios casos (rendimiento de sorgo, producción de leche y

carne, contenido de materia orgánica, erosión, escurrimiento superficial, estacionalidad de producción de leche y organización), estos valores óptimos se seleccionaron a partir de los resultados de investigaciones realizadas en la región o de los conocimientos de los autores.

Finalmente, los valores numéricos de los indicadores se transformaron a porcentajes para hacerlos comparables entre sí, definiendo al 100 por ciento como el valor óptimo y al 0% como el menos deseable. En la mayoría de los casos, los indicadores tienen un comportamiento *positivo*, lo que quiere decir que cuanto mayor sea su valor, más adecuado es. En estos casos se aplicó una simple relación lineal, tomando al valor óptimo como denominador para el cálculo de los porcentajes correspondientes a los sistemas tradicional e innovador.

A continuación se describe para ciertos indicadores el procedimiento para el establecimiento del valor óptimo y, en su caso, para el cálculo de los porcentajes:

Retorno a la mano de obra. El valor óptimo del retorno a la mano de obra se estableció en 100 pesos al día, considerando que este valor era el mínimo necesario para cubrir las necesidades básicas familiares del productor. Nótese que este valor era mucho mayor que el salario mínimo rural de la región (35 pesos al día en la época en la que se realizó el estudio).

Relación beneficio–costo y demanda de fuerza de trabajo. En el caso de estos dos indicadores, a falta de estudios más detallados, se consideró como valor óptimo el correspondiente al SASP innovador.

Estabilidad de producción de leche y organización de productores. Estos indicadores se miden por medio de valores cualitativos (bajo, medio y alto), a los que corresponden valores porcentuales de 0, 50 y 100 por ciento, respectivamente.

Erosión. Para este indicador se tomaron para los sistemas innovador y tradicional los valores de pérdida de suelos obtenidos en los sistemas LCSS (4.74 toneladas por hectárea y por año) y LTSV (39.55 ton/ha/año), respectivamente (promediando en ambos casos los valores obtenidos en 1995 y en 1996; véase el Cuadro 5.7, p. 178). Como valor óptimo (100 por ciento) se consideró una pérdida anual de suelo de 3 toneladas por hectárea (con base en la experiencia regional), y como valor *peor* (0%) la pérdida de suelo del sistema tradicional. Finalmente, el porcentaje para el sistema

innovador se calculó por medio de interpolación lineal (es decir, $[39.55-4.74] / [39.55-3.0] = 95.2\%$). Nótese que se trata de un indicador con un comportamiento *negativo* (en el sentido de que un valor alto de erosión es peor que un valor bajo), por lo que el porcentaje mide de hecho el *grado de eficiencia o avance logrado*.

Coefficiente de escurrimiento. Para este indicador, similar al anterior, se tomó como punto óptimo (100 por ciento) un coeficiente de cero, se supuso que el coeficiente de escurrimiento del sistema tradicional corresponde a 0% (valor *peor*) y se calculó el porcentaje para el sistema innovador por medio de interpolación lineal ($1-0.253/0.464 = 45\%$).

Inversión inicial. Tal como se vio en el texto, en el caso de los productores intermedios de los estratos III y IV, el sistema tradicional requiere de una inversión inicial de \$9,900 (equivalentes a 5.5 becerros; véase el Cuadro 5.12, p. 188), mientras que para implementar el sistema innovador se necesitan \$18,960 (ó 10.5 becerros, véase el Cuadro 5.11, p. 187). El valor óptimo, o 100%, se definió como aquél que los productores intermedios tradicionales estarían dispuestos a invertir por arriba del costo de inversión tradicional si se les asegurara que su hato al menos no se reduciría, es decir, el costo de inversión tradicional (\$9900 por unidad productiva en los estratos en cuestión; véase el Cuadro 5.12) multiplicado por la tasa de beneficio económico que se puede alcanzar al adoptar la tecnología innovadora completa (36 por ciento en el caso de unidades productivas similares; véase el Cuadro 5.9, p. 182), más el costo de inversión tradicional (\$9900). El resultado (\$13464) es prácticamente equivalente al costo de 7.5 becerros de 180 kilogramos de peso (\$1800 cada uno). Para el cálculo de los porcentajes correspondientes a los sistemas innovador y tradicional, se supuso que éstos decrecen en la medida en que la inversión se aleja del valor óptimo⁹, es decir:

⁹ *Nota de los editores:* Los autores han definido el porcentaje correspondiente al indicador de inversión inicial por medio de una función primero creciente y luego decreciente, con un óptimo en 7.5 becerros, porque las funciones de producción biológicas (agronómico-productivas) son en su mayoría de este tipo, con un valor óptimo central. La función utilizada para ponderar los valores del indicador de inversión inicial es válida sólo cuando la diferencia entre el valor real y el óptimo no supera a éste último, es decir, cuando el valor real es menor del doble del óptimo (de otro modo se obtendría un porcentaje negativo que carecería de sentido).

$$\text{Sistema innovador: } \left(1 - \frac{|10.5 - 7.5|}{7.5} \right) \times 100 = 60.0 \%$$

$$\text{Sistema tradicional: } \left(1 - \frac{|5.5 - 7.5|}{7.5} \right) \times 100 = 73.3 \%$$

Índice de dependencia de insumos externos. Finalmente, en el caso de este indicador, que también tiene un comportamiento *negativo*, los porcentajes se obtuvieron calculando lo que podría denominarse un *índice de independencia de recursos externos*, es decir, la unidad (100 por ciento) menos el IDIE. En este caso lo óptimo es un IDIE de 0 por ciento y lo peor es un IDIE de 100 por ciento.

Los valores porcentuales de ambos sistemas productivos para cada indicador se presentan usando la técnica mixta de la amiba (Brink *et al.*, 1991) (véase la Ilustración 5.13).

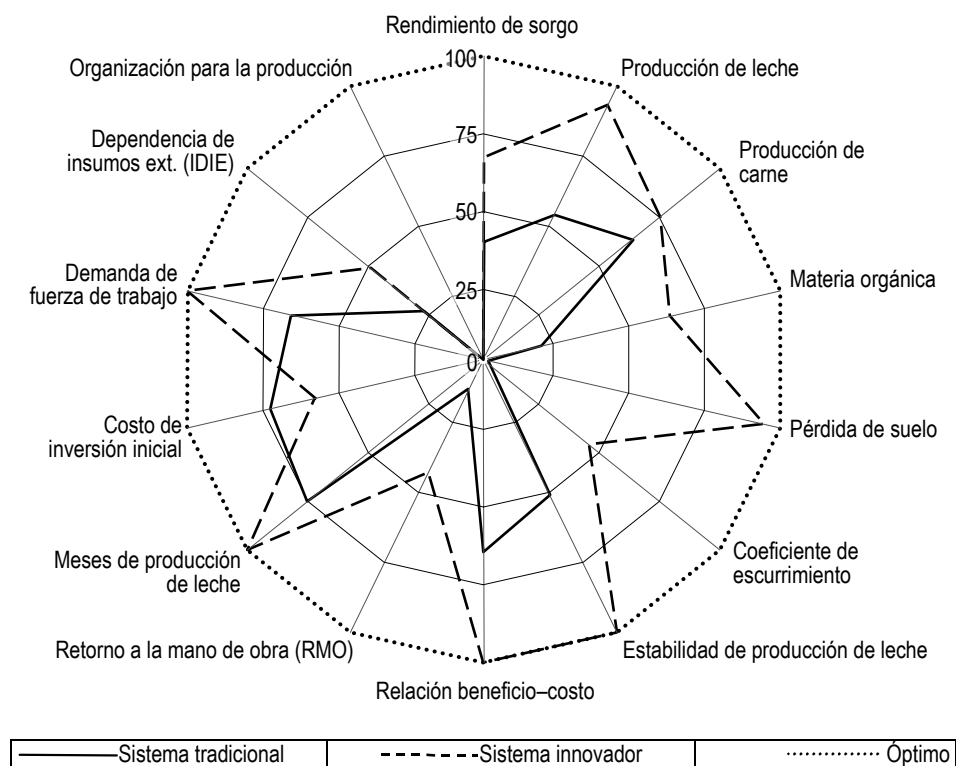
4.2. Discusión

Al observar la representación gráfica de la amiba (véase la Ilustración 5.13), se puede apreciar que, en general, el sistema innovador presenta un mejor perfil que el tradicional en la mayoría de los indicadores ambientales y económicos.

En lo que se refiere a la sostenibilidad social, es conveniente hacer algunas consideraciones. Si bien es cierto que el concepto de *sostenibilidad agrícola* lleva implícito el logro de una mejoría equilibrada en las tres áreas involucradas (técnica-ambiental, económica y social), consideramos que cada proyecto puede dar prioridad al área o áreas que deben recibir mayor atención en cada una de sus etapas. En el caso del proyecto *Desarrollo Sostenible de los Agroecosistemas en el Sur de Sinaloa*, estas prioridades se establecieron básicamente de acuerdo con las demandas que plantearon los propios productores antes del inicio del proyecto (CESSI-UACH, 1994) y de acuerdo con las disciplinas y conocimientos del grupo de investigadores participantes.

Por esto se consideró conveniente atender primero las demandas de información tecnológica que presentaron en un inicio los productores y que reflejaban la importancia que tiene para ellos el SASP, tanto por los ingresos

Ilustración 5.13. Resultados de la evaluación de la sostenibilidad del sistema agro-silvo-pastoril del Sur de Sinaloa (1993-1996)



que les representa como por el hecho de que este sistema es el más apto para las condiciones restrictivas del medio físico-biótico (clima y suelo).

Ante estas demandas se decidió que el reto prioritario era implementar con los propios productores una tecnología que permitiera de manera simultánea conservar los recursos y aumentar la producción, y que fuera además económica y socialmente viable en las condiciones macrosociales y macroeconómicas adversas de los productores.

Esta priorización del proyecto se ve reflejada en la *amiba* (Ilustración 5.13), en donde en efecto los indicadores técnico–ambientales y económicos tienen un mayor avance que los relacionados con aspectos organizativos.

La misma figura muestra también que algunos indicadores del sistema tradicional, tales como pérdida de suelo, escurrimiento superficial y estacionalidad de la producción de leche, se encuentran en un nivel realmente crítico. Es cierto que otros indicadores son ventajosos, en particular el requerimiento de una menor inversión inicial de capital, y por lo tanto un menor riesgo económico, pero el problema es que estas ventajas se consiguen justamente a costa de sacrificar otros atributos importantes de la sostenibilidad, tales como la estabilidad, la resiliencia y la autosuficiencia (hay una mayor dependencia de insumos externos).

Si el productor no revierte estos problemas del sistema tradicional, se encaminará hacia la degradación de sus recursos (tierra y vegetación) y, por lo tanto, hacia requerimientos cada vez mayores de tierra e insumos externos (fertilizantes y alimentos para el ganado), para poder continuar obteniendo los niveles mínimos de beneficios que consigue en el presente.

Este círculo vicioso de degradación de los recursos naturales y de descapitalización del productor puede llegar incluso al colapso del sistema y a una situación de degradación irreversible.

Por otro lado, si bien el agricultor depende en gran medida de lo obtenido en el SASP para su subsistencia, obtiene además recursos de otros sistemas. Por lo tanto, tanto las alternativas que tiene para el sostenimiento de su familia como las decisiones que toma para la asignación de sus recursos salen fuera de los límites del sistema, por lo que es difícil analizar, sólo a través de éste, la capacidad que tiene de asignar mayores recursos económicos para detener y revertir su degradación y su insostenibilidad.

Los cambios que se han introducido se manifiestan fundamentalmente en una mayor estabilidad, confiabilidad y resiliencia ambiental, expresadas como menor pérdida de suelo, menor escurrimiento superficial y mayores niveles de productividad física y económica (véase la Ilustración 5.13). Esto a su vez se deberá manifestar en una mayor equidad a través de más empleos, mejores y más estables niveles de ingreso, y finalmente una mayor autosuficiencia (menor dependencia de insumos externos).

Las ventajas señaladas se han logrado como resultado de dos factores principales: las innovaciones tecnológicas y una mayor inversión de capital.

Los cambios tecnológicos han permitido reducir la degradación de los recursos suelo y vegetación, así como conservar y mejorar el conocimiento tradicional (por tratarse de una tecnología adaptativa y no substitutiva), disminuir la emigración al semi-intensificar el sistema, y elevar el nivel de ingreso del productor por un aumento en la productividad.

La mayor inversión de capital en la implementación de este tipo de innovaciones tecnológicas ha permitido una mayor ganancia, pero sobre todo, medido en términos de sostenibilidad, un aumento en el capital natural (mejoramiento de la tierra y de la vegetación) y en el capital cultural (aumento de conocimientos). Estos activos, aunque difícilmente cuantificables, se deben considerar al momento de comparar los diferentes niveles de inversión que se requieren para modificar el sistema tradicional.

A nivel de política agrícola se ha tenido un impacto favorable en las instituciones del sector agropecuario y en la elaboración de políticas regionales, al mostrar la viabilidad técnico-financiera de las innovaciones tecnológicas, es decir al abordar los aspectos de mayor interés para estas instituciones. Esto también se ha logrado como resultado del trabajo en un marco permanente de consulta-participación entre productores, investigadores e instituciones.

Finalmente, como se señaló antes, en la primera etapa del proyecto se dejó en un segundo plano los aspectos de organización y comercialización, cosa que se refleja en el diagrama de amiba (véase la Ilustración 5.13). Con el fin de avanzar hacia el logro de un mayor equilibrio entre los atributos de la sostenibilidad del sistema, en la siguiente sección se señalan algunos factores que será necesario atender con mayor énfasis en la siguiente etapa del proyecto.

5. PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA 1997 Y 1998

Como resultado de la evaluación de la sostenibilidad del sistema agro-silvo-pastoril realizada durante 1995 y 1996, se identificaron nuevos puntos críticos que se plantea atender durante el periodo de 1997 y 1998. Estos son los siguientes:

- Los altos costos de las innovaciones propuestas muestran la necesidad de generar tecnologías alternativas que disminuyan los costos de

producción. Por otro lado, el uso de herbicidas (especialmente la atrazina) en el sistema innovador (labranza de conservación) conlleva riesgos ambientales (contaminación de acuíferos) y sanitarios. Por ambas razones, el proyecto está trabajando para incorporar leguminosas al sistema innovador. Los resultados generados a la fecha indican que mediante su adopción es factible disminuir el uso no sólo de herbicidas, sino también de fertilizantes y de concentrados proteicos. A raíz de esta misma demanda se busca identificar, probar y adquirir maquinaria de menor costo (de compra y de operación), tanto para la siembra con labranza de conservación como para el ensilaje.

- La poca o nula disponibilidad de semillas de leguminosas limita su adopción por los productores en el corto plazo. Para resolver esta restricción, el proyecto deberá iniciar actividades de multiplicación de semilla. Para esto los GGAVATT podrían desempeñar un papel muy eficiente procurando mantener una diversidad de leguminosas con el fin de que sea el productor quien elija las que satisfagan sus necesidades y se adapten a sus condiciones.
- En el aspecto de labranza de conservación, se ha visto que la falta de residuos de cosecha y la infestación de termitas (*Heterotermis sp*) limitan la eficiencia de conservación de suelo y agua. Deberán emprenderse estudios para entender el papel de las termitas en el agroecosistema como un todo y así identificar formas de convivir con ellas en vez de buscar eliminarlas. Los resultados de investigación disponibles a la fecha señalan que los residuos de la leguminosa frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*, variedad *utilis*) no son consumidos por las termitas, lo que representa una ventaja adicional.
- Las predicciones hechas por el modelo EPIC sugieren la necesidad de emprender estudios más detallados de flujo de nutrientes, así como de dinámica de materia orgánica.
- Para resolver el problema de la compactación del suelo, el proyecto necesita promover la adopción de la técnica del subsoleo¹⁰, tanto en el sistema de labranza cero como en las praderas, y en particular un

¹⁰ El subsoleo es una técnica de labranza para aflojar el subsuelo con un mínimo de mezclado vertical de los horizontes del suelo, es decir, cualquier tratamiento que fractura o rompe el suelo con implementos como cuchillas a profundidades mayores que la labranza normal.

subsoleo profundo cuando se hace la transición de la labranza convencional hacia la labranza cero o las praderas.

- Con el objeto de aumentar la adopción de los componentes tecnológicos propuestos, se debe reforzar la estrategia seguida en la práctica por los productores transicionales, es decir, promover la adopción de componentes individuales para posteriormente integrar la tecnología completa.
- Aunque la semi-intensificación del sistema innovador requiere de una mayor cantidad de mano de obra, hasta ahora no se ha diagnosticado su disponibilidad temporal y espacial a nivel comunidad, ni la competencia que pudiera tener el sistema agro-silvo-pastoril con otros sistemas productivos altamente demandantes de mano de obra, como el cultivo de hortalizas (chile y jitomate), la cosecha de frutales (mango y ciruela) y la captura de camarón en épocas específicas del año. Por lo tanto, es necesario conocer los flujos de mano de obra y su disponibilidad en las distintas épocas del año.
- No se conoce la lógica que sigue el productor al tomar decisiones sobre la adopción de innovaciones tecnológicas y sobre el uso de todos sus recursos productivos, incluyendo los comunales (agostadero). Por lo tanto, deberán emprenderse estudios que generen información al respecto. Esto permitiría analizar la importancia de la percepción del riesgo como factor determinante del manejo del sistema agro-silvo-pastoril, así como su interacción con otros sistemas productivos que atiende la unidad familiar o productiva. Un objetivo relevante de estos estudios es predecir el tipo de manejo del agostadero que ocurriría al incrementarse la adopción del sistema innovador.
- La evaluación de las actividades de capacitación para productores agropecuarios deberá realizarse bajo la perspectiva de impulsar un proceso sostenible en el que los productores reconozcan el problema ambiental causado por la implementación de prácticas inadecuadas dentro de la forma tradicional de producción. Debe considerarse que bajo esta perspectiva existen dos vertientes a enfrentar: la parte técnica mostrada en los módulos de validación (siembra con labranza de conservación, ensilaje, utilización de leguminosas, etc.) y el aspecto del impacto ambiental, en el que deben incluirse estrategias de

concientización sobre el daño que se produce a los recursos naturales con el sistema tradicional. En este sentido, deberán implementarse técnicas de monitoreo para evaluar el cambio logrado en ambas vertientes.

- El proyecto deberá insistir en la necesidad de que los subsidios que se reciben a través de Procampo y Alianza para el Campo promuevan la productividad, premien la adopción de tecnologías conservadoras de recursos, y desalienten prácticas extensivas de producción. Por ejemplo, deberá proponerse que la realización de las prácticas de mantenimiento de praderas constituyan un requisito para seguir recibiendo el subsidio de Procampo.

La evidencia mundial muestra que los proyectos que buscan alcanzar la sostenibilidad agrícola han tenido éxito sólo cuando existe la presencia simultánea de los siguientes cuatro elementos (Pretty, 1995): (a) el desarrollo de tecnologías conservadoras de recursos; (b) un marco que propicie la participación de instituciones externas; (c) la participación total de instituciones y grupos locales; y (d) un ambiente favorable de políticas ambientales.

En relación con lo anterior, el proyecto *Desarrollo Sostenible de los Agroecosistemas en el Sur de Sinaloa* está proporcionando a los productores los conocimientos técnicos para mejorar el uso de sus recursos. De igual manera, el proyecto ha logrado influir en la definición de políticas gubernamentales que pueden mejorar la conservación de recursos, como lo es el Programa Estatal de Reconversión de Uso del Suelo, que promueve mediante subsidios el establecimiento de praderas en terrenos con escasa aptitud agrícola. El proyecto también ha tenido éxito en lograr que los subsidios de Procampo se otorguen a los productores que usan labranza de conservación y que establecen praderas. Sin embargo, se reconoce que el proyecto difícilmente podría influir para lograr cambios en las políticas a escala nacional y en particular en el modelo neoliberal y en la nula disposición de la banca estatal y privada para otorgar créditos a los pequeños productores agropecuarios, tales como los del Sur de Sinaloa.

A pesar de que la organización de productores va más allá de las actividades encomendadas al INIFAP y a la UACH, se deberá reforzar la estrategia de los GGAVATTS para aumentar el nivel de organización de los

productores de la región. Para lograr esto, las instituciones participantes, así como otras en el ámbito del desarrollo rural sostenible, deben dar un amplio apoyo al proyecto.¹¹

6. BIBLIOGRAFÍA

- Brink Ten, B.J.E., S.H. Hosper y F. Colin. 1991. A Quantitative Method for Description and Assessment of Ecosystems: The Amoeba-approach. *Marine Pollution Bull*, 265-270.
- CESSI-UACH. 1994. *Diagnóstico tecnológico y socioeconómico del sector agropecuario y forestal del Sur de Sinaloa* (documento de trabajo inédito). Campo Experimental Sur de Sinaloa y Universidad Autónoma Chapingo.
- CESSI. 1996. Estadísticas de adopción de componentes tecnológicos del sistema agrosilvopastoril en el sur de Sinaloa. (Inédito). Mazatlán, Sinaloa, México: Campo Experimental Sur de Sinaloa.
- Cuevas Reyes, V. 1994. *Organización económico-social para el desarrollo sostenible: Estudio de caso de las comunidades de El Huajote y Malpica, municipio de Concordia, Sinaloa* (Tesis de Licenciatura, Departamento de Economía Agrícola). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Cuevas Reyes, V. 1996. *Evaluación económica y costos alternativos de insumos y productos bajo diferentes variantes tecnológicas*. Informe técnico (inédito). Mazatlán, Sinaloa, México: CESSI-CIRNO-INIFAP.
- Cuevas Reyes, V. 1997. Organización y comercialización de leche y derivados en las comunidades de El Huajote y Malpica. En: H.A. López y A. Loaiza Meza (comps.). *Desarrollo sostenible de los agroecosistemas del sur de Sinaloa*. Informe de labores año III, 1995-1996. Chapingo, México: UACH-INIFAP.
- Frissel, M.J. (comp.). 1978. *Cycling of Mineral Nutrients in Agricultural Ecosystems*. Amsterdam: Elsevier.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana)*. México, DF: Instituto de Geografía, UNAM.

¹¹ Los autores agradecen los comentarios críticos, las observaciones y las sugerencias aportados a este trabajo por el Dr. Rubén Puentes, Dr. Omar Masera, Dra. Gabriela Kraemer, Lic. Dolores Lozano, Dr. Agustín López, M.C. Antonia González, Dr. Quito López y M.C. Enrique Guízar.

- González Núñez, J.C. 1996. *Evaluación de la sostenibilidad económica de los sistemas de manejo de recursos naturales en dos estudios de caso: el sistema vaca-cría, Sur de Sinaloa y la producción de café, Altos de Chiapas*. México, DF: Grupo de Evaluación, GIRA, AC.
- Gobierno del Estado de Sinaloa. 1990. *Monografía del estado de Sinaloa*. Culiacán, Sinaloa, México.
- Guzmán Rodríguez, J.L. y L.E. Fregoso Tirado. 1994. Efecto de la fertilización nitrofosfórica en los cultivos de maíz y sorgo bajo labranza de conservación. En: M.A. Perales Rivas y L.E. Fregoso Tirado (comps.). *Desarrollo sostenible de los agroecosistemas del Sur de Sinaloa*. Año 1 1993-1994. Universidad Autónoma Chapingo–Campo Experimental Sur de Sinaloa–Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.
- Herrera, F.C., Velasco, H. Denen y R. Radulovich. 1994. *Fundamentos de análisis económico; Guía para investigación y extensión rural* (serie técnica, informe técnico núm. 232). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- IICA. 1991. *Bases para una estrategia de desarrollo sostenible*. San José, Costa Rica: inédito.
- INEGI. Censos de Población y Vivienda de los años de 1960, 1970, 1980 y 1990. Aguascalientes, México.
- INEGI. 1990. *Resultados definitivos. VII Censo Agrícola Ganadero*. Aguascalientes, México.
- INEGI. 1994. *Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa*. Aguascalientes, México.
- Lal, R. (comp.). 1994. *Soil erosion research methods*. USA: Soil and Water Conservation Society y Saint Lucie Press.
- Loaiza Meza, A. 1983. *Determinación del número de vacas-cría en dos gramíneas en el trópico seco*. Aguascalientes, México: Asociación Mexicana de Producción Animal.
- Loaiza Meza, A. 1991. Evaluación del sistema de producción agropecuario bajo temporal en el sur de Sinaloa. En: *Segundo congreso internacional sobre ganado lechero*. Pachuca, Hidalgo, México.
- Loaiza Meza, A. 1994. *Establecimiento y manejo de módulos agropecuarios bajo condiciones de temporal en el sur de Sinaloa*. (Folleto para productores núm. 8). Mazatlán, Sinaloa, México: CESSI-CIRNO-INIFAP.

- Loaiza Meza, A., L.E. Fregoso Tirado y M.A. Perales Rivas. 1992. Desarrollo tecnológico sostenible del sistema de producción agrosilvopastoril maíz–vaca–cría en el Sur de Sinaloa. En: *Segundo seminario nacional sobre sistemas de producción animal en México* (noviembre). Chapingo, México.
- Martínez Alvarado, C.O. y J.L. Guzmán Rodríguez. 1995. Estimación de la pérdida del suelo y agua por erosión hídrica bajo cinco sistemas de manejo del suelo en el sur de Sinaloa. En: *Memoria del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. La investigación edafológica en México*. Ciudad Obregón, Sonora, México.
- Martínez Alvarado, C.O. y J.L. Guzmán Rodríguez. 1996. Estimación de la pérdida del suelo y agua por erosión en el sur de Sinaloa. En: *Memoria del XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. La investigación edafológica en México*. Villa Hermosa, Tabasco, México.
- Martínez Alvarado, C.O. y J.L. Guzmán Rodríguez. 1999. Efecto de la fertilización en sorgo de temporal bajo labranza de conservación en el sur de Sinaloa. En: *Memoria del XXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Tapachula de Ordoñez, Chiapas, 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.
- Moreno Gallegos, T. y V. Cuevas Reyes. 1995. Adopción de tecnología. En: *Segundo informe del proyecto Desarrollo Sostenible de los Agroecosistemas del Sur de Sinaloa*. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Moreno, H.A. 1994. *Alternativas de comercialización de ganado bovino del sistema agro–silvo–pastoril vaca–cría en el Sur de Sinaloa* (tesis de Licenciatura, Departamento de Economía Agrícola). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Muñante, D. 1992. *Indicadores para la evaluación económica de proyectos: VAN, B/C, TIR. Definición, cálculo e interpretación* (apuntes). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Olsen, S.R. y L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. En: A.L. Page *et al.* (comps.) *Methods of soil analysis. Agron. 9 Part 2*. 2nd. De. 403-430. Madison, Wisconsin: ASA-SSSA.
- Perales, Rivas, M.A. 1994. Desarrollo económico sostenible del Sur de Sinaloa. Estudios de caso. En: M.A. Perales Rivas y L.E. Fregoso Tirado (comps). *Desarrollo sostenible de los agroecosistemas del Sur de Sinaloa*. Año 1, 1993-1994. México: Universidad Autónoma Chapingo–Campo Experimental Sur de Sinaloa–Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Perales Rivas, M.A. y L.E. Fregoso Tirado (comps.). 1994. *Desarrollo sostenible de los agroecosistemas del Sur de Sinaloa*. Año 1, 1993-1994. México: Universidad Autónoma Chapingo–Campo Experimental Sur de Sinaloa–Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Pretty, J.N. 1995. *Regenerating Agriculture. Policies and Practices for Sustainability and Self-reliance*. Washington, D.C.: John Henry Press.
- Ragin, Ch. y H. Becker (comps.). 1995. *What is a case?* Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Ramírez Alcocer, M.O. y M. Sosa Montes. 1994. *Caracterización económica de productores para el desarrollo sostenible de las comunidades de El Huajote y Malpica, municipio de Concordia, Sinaloa (estudio de caso)* (tesis de Licenciatura, Departamento de Economía Agrícola). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Reyes Jiménez, J.E. 1994. Avances de investigación de forrajes en el Sur de Sinaloa. En: *Primer Foro Estatal: Ambiente y Ecología en Sinaloa; Diagnostico y Perspectivas*. Mazatlán, México.
- Smyth, A.J. y J. Dumanski. 1993. *FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management*. World Soil Resources Report 73. Roma: FAO.
- Tasistro, A. 1996. *Simulación con EPIC del impacto de cinco alternativas tecnológicas sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuarios en el Sur de Sinaloa*. San Miguel Tlaixpan, estado de México: Agricultura Integral Moderna.
- Walkley, A. y T.A. Black. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chomic Acid Titration Method. *Soil Sci.* 37:29-38.
- Williams, J.R., P.T. Dykle, W.W. Fuchs, V.W. Benson, O.W. Rice y E.D. Taylor. 1990. *EPIC (Erosion/Productivity Impact Calculator). User manual*. En: A.N. Sharpley y J.R. Williams (comps.). *EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation* (Technical Bulletin Núm. 1768). EUA: U.S. Department of Agriculture. 127 pp.
- Wischmeier W.H. y D.D. Smith. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning* (Agriculture Handbok núm. 537). EUA: U.S. Department of Agriculture.