



## EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA SUSTENTABILIDAD DE UNA PROPUESTA AGROECOLÓGICA, EN EL SUBTRÓPICO DEL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

[SUSTAINABILITY PRELIMINARY ASSESSMENT OF AN AGROECOLOGICAL PROPOSE IN THE SUBTROPICAL CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO]

Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo<sup>1</sup>, Luis Isaac Aguilera Gómez<sup>2</sup>, Carlos Ernesto González Esquivel<sup>3</sup>, José Isabel Juan Pérez<sup>4</sup>.

<sup>1,4</sup>Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec s/n Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México. CP 50 110. E-mail: Tel: (01722) 214 31 82 y 215 02 55. [gaston\\_g2001@yahoo.com.mx](mailto:gaston_g2001@yahoo.com.mx), [jijp1958@hotmail.com](mailto:jijp1958@hotmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. Tel:(01722) 2965554, 2965556 E-mail: [luishalc@lycos.com](mailto:luishalc@lycos.com);

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de México. Tel: (01722) 2965552 E-mail: [cge1@uaemex.mx](mailto:cge1@uaemex.mx)

\*Corresponding Author

### RESUMEN

La evaluación de sustentabilidad mediante enfoques sistémicos, ha recibido atención recientemente dado su potencial como herramienta de toma de decisiones. Por otra parte, las fincas experimentales universitarias requieren cumplir con funciones de investigación, docencia y extensión, además de ser ambiental y económicamente sustentables. Se realizó la evaluación de una finca universitaria ubicada en el subtrópico del Altiplano Central de México. En la primera fase del estudio (2004) se realizaron la caracterización, el diagnóstico y la evaluación inicial. Se identificaron y priorizaron los principales problemas, para los cuales se derivaron propuestas de solución bajo un enfoque agroecológico. Posteriormente se seleccionaron y midieron 14 indicadores de carácter ambiental, económico y social. Los resultados muestran valores bajos en la mayoría de los indicadores, como resultado de una baja integración entre subsistemas y la ausencia de prácticas de conservación de recursos. La metodología utilizada fue útil para ampliar el entendimiento sobre los procesos ecosistémicos y plantear técnicas y alternativas de solución.

**Palabras clave:** agroecología; diagnóstico; evaluación; rancho universitario; sustentabilidad.

### INTRODUCCIÓN

La región suroeste del Estado de México, ubicada en el Subtrópico del Altiplano Central de México, es reconocida por su diversidad en recursos naturales, que contrasta con niveles de pobreza y marginación de la población predominantemente rural. La heterogeneidad de su paisaje, la dispersión de las comunidades rurales y la escasez de vías de

### SUMMARY

The sustainability assessment by systemic approaches, has received attention recently because of its potential as a tool for decision making. Moreover, the university experimental farms are required to comply with substantive University functions of research, teaching and extension, as well as being environmentally and economically sustainable. In this work was evaluated a university farm located in the subtropics of the Central Highlands of Mexico. The first phase of the study involved the characterization, diagnosis and initial evaluation, in that were identified and prioritized the major problems of the system, and for each were proposed solutions from an agroecological approach. Subsequently were selected and measured 14 indicators of environmental, economic and social development. The results show low levels in most of the indicators, as a result of low integration between subsystems and the absence of resource conservation practices. The methodology was useful in broadening the understanding of ecosystemic processes and for the planning of technical and alternative solutions.

**Key words:** agroecology; diagnosis; evaluation; sustainability; university farm.

comunicación adecuadas contribuyen a esta situación. La producción agropecuaria en la región se desarrolla principalmente en condiciones de temporal. La ganadería extensiva es importante, ya que porciones de su superficie tienen bajo potencial para la producción de cultivos. Actualmente se observan procesos de deterioro de los recursos naturales: erosión, deforestación y pérdida de biodiversidad, condicionados al mismo tiempo por la extracción de

agua para abastecer a la población de la Ciudad de México, Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca y Municipios Conurbados del Estado de México (Gobierno del Estado de México, 2003).

El Rancho Universitario del Centro Universitario Temascaltepec (RUCUT) presenta condiciones de suelos, pendientes y precipitación similares a las de la región suroeste del Estado de México. Es propiedad de la Universidad Autónoma del Estado de México, tiene 36 hectáreas de superficie, con diversos usos: bosque (16 ha de pino-encino y 5 ha de encino), producción de forrajes (4 ha), pastizales nativos (2 ha), y bosque degradado (9 ha). En el año 2001, eran utilizadas para pastoreo y alimentación de ganado bovino (7 becerros), ovino (50 hembras reproductoras) y caprino (38 hembras reproductoras).

En el año 2001, al iniciar el diagnóstico objeto de este estudio, fue posible observar que después de 7 años de manejo intensivo, la superficie cultivada y las áreas de pastoreo mostraban procesos de deterioro y erosión (57.8 % del área de pastizal). La cantidad de materia orgánica en el suelo era baja (1 %), provocando disminución en los rendimientos en materia seca (MS) de los cultivos (12 ton. de MS ha<sup>-1</sup> de *Zea mays* y 4 ton. de MS ha<sup>-1</sup> de *Avena sativa*). Las condiciones de pendiente influyeron en los procesos erosivos, observándose cárcavas en espacios específicos. Una porción del área forestal (27%) presentaba sobre pastoreo.

Ante esta situación, se planteó la necesidad de diagnosticar y realizar una propuesta sistémica y agroecológica para revertir los procesos de degradación de los recursos naturales, ya que es importante que este espacio universitario “experimental” sea una referencia para los campesinos y productores de la región, que enfrentan la problemática de deterioro y agotamiento de sus recursos naturales, así como un espacio de educación e investigación para estudiantes e investigadores de la Universidad.

Diversos autores insisten en la importancia de realizar estudios a escala de finca; Reijntjes *et al.* (1992), De Camino y Muller (1993), Edwards *et al.* (1993), Conway (1994), Rigby y Cacéres (2001), Lovell *et al.* (2002), Pacini *et al.* (2002), Ronchi *et al.* (2002), López-Ridaura *et al.* (2005). La finca en estudio pertenece a una institución universitaria y en ella antes de esta evaluación, se realizaban pocos proyectos de investigación. Cabe resaltar que los indicadores de sustentabilidad de carácter institucional han sido poco investigados según Edwards *et al.* (1993), Kaufmann y Cleveland (1995), Pannell (1999) y Bond *et al.* (2001).

El enfoque agroecológico permite el diseño y manejo de sistemas adaptados en forma específica a las

condiciones agrícolas altamente variables y diversas, típicas de los campesinos y productores de escasos recursos económicos (Netting, 1993; Swift y Anderson, 1993; Dewalt, 1994; Conway, 1997; Altieri, 2002). Una estrategia relevante de manejo de recursos naturales requiere de principios agroecológicos generales y la adaptación de tecnologías agrícolas a las necesidades y condiciones locales. Estos principios tienen aplicabilidad universal, pero las formas tecnológicas a través de las cuales éstos se hacen operativos, dependen de las condiciones ambientales, ecológicas y socioeconómicas prevalecientes en cada sitio, de acuerdo con Vandermeer (1995), Pretty (1995), Gliessman (1998), Lampkin (1998), Altieri y Nicholls (2000) y Uphoff (2002).

Cuando se diseñan agroecosistemas, se deben considerar aspectos complejos, tales como: las interacciones entre los individuos y su ambiente local, los patrones espaciales y temporales de las actividades productivas, los modos de producción, las relaciones socioculturales de producción y las interacciones entre las comunidades y el exterior, que han sido señaladas por Krishnamurty y Ávila (1999) y Uphoff (2002). Según Altieri (2002), los retos últimos son incrementar la inversión, la investigación en agroecología y desarrollar proyectos que hasta ahora han probado ser exitosos para muchos campesinos.

Existen diversas metodologías para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas, a niveles de finca, cuenca y país, citadas por De Camino y Muller (1993), Pacini *et al.* (2002) y Ronchi *et al.* (2002). Para este estudio se utilizó el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) planteado por Masera *et al.* (1999), esto en virtud de ser una metodología adaptada a las condiciones de sistemas campesinos en el contexto latinoamericano. Esta metodología se ha aplicado con éxito en diversos estudios de caso en México y Latinoamérica (Masera y López-Ridaura, 2000; Astier y Hollands, 2005).

Gomero y Velásquez (2005) realizaron una comparación del manejo de algodón en el trópico húmedo del Perú; evaluaron el sistema tradicional contra un sistema diversificado; Gómez y Bianconi (2005) por su parte, evaluaron mediante indicadores de sustentabilidad, los impactos económicos de las innovaciones sobre los agro ecosistemas en transición hacia la agroecología en una región semiárida de Brasil. Delgadillo y Delgado (2005) evaluaron la sustentabilidad de dos sistemas de manejo, uno tradicional y otro alternativo del sistema de producción de la comunidad de Chullpakasa, en Bolivia.

Perez-Grovas (2000) estableció un marco de evaluación de la sustentabilidad adaptado que aplicó al

subsistema de café en los altos de Chiapas considerando dos sistemas de producción: el tradicional y el orgánico; Negreros-Castillo et al. (2000), por su parte, aplicaron la metodología del MESMIS a la evaluación de la sustentabilidad de un sistema de manejo forestal comunitario en Quintana-Roo, enfocado a la caracterización de los beneficios monetarios, no-monetarios y ambientales. Guevara et al. (2000), realizaron la evaluación de la sustentabilidad de la producción de maíz bajo el empleo de abonos de mucuna mediante la metodología MESMIS, comparado con el sistema tradicional roza-tumba-quema, en los estados de Yucatán, Veracruz, Chiapas y Oaxaca. Astier et al (2000) aplicó el marco MESMIS para el diseño de sistemas sustentables de maíz en la región Purépecha.

Alemán (2005), llevo a cabo una evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción ovina en comunidades Tzotziles, aplicando técnicas colectivas para el diagnóstico del contexto productivo de la comunidad y técnicas individualizadas para la toma de información sobre la problemática productiva. Moya et al (2005), por su parte, evaluaron la sustentabilidad de los sistemas de manejo practicados en Xohuayan, Yucatán, en particular sobre las actividades tradicionales como la milpa y la apicultura, que han permitido preservar parte de las selvas de la región.

González et al (2000) a partir de propuestas de Muller (1995), Gameda y Dumanski (1995), plantearon el desarrollo de indicadores de sustentabilidad como herramientas de evaluación de los agro ecosistemas del

Valle de Toluca. Brunett (2004), realizó una revisión crítica del MESMIS al aplicarlo para la evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción de lechey concluyó que dados su flexibilidad, su enfoque participativo y su estructura cíclica, puede adecuarse al estudio de cualquier sistema de producción. Villa (2004) para el primer ciclo de evaluación de sustentabilidad de un agro ecosistema en Tenango del Valle, Estado de México, reporta que mediante el MESMIS se estudiaron, aplicaron y adaptaron conceptos a las condiciones de la comunidad de estudio, y se obtuvieron resultados de un primer ciclo de evaluación del agro ecosistema.

Con base en este enfoque fueron identificados diversos problemas que interfieren en el desarrollo y sustentabilidad del rancho universitario, y a partir de ellos se diseñó una propuesta alternativa para el manejo sustentable de los recursos naturales existentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización de la unidad de estudio

La investigación se realizó de 2001 a 2004 en las instalaciones del Rancho Universitario del Centro Universitario Temascaltepec (RUCUT), ubicado en el municipio de San Simón de Guerrero, entre las coordenadas 19° 01' 05.3'' y 19° 01' 36.0'' latitud Norte y 100° 02' 23.6'' y 100° 02' 47.7'' longitud Oeste, con altitud media de 1 880 msnm.

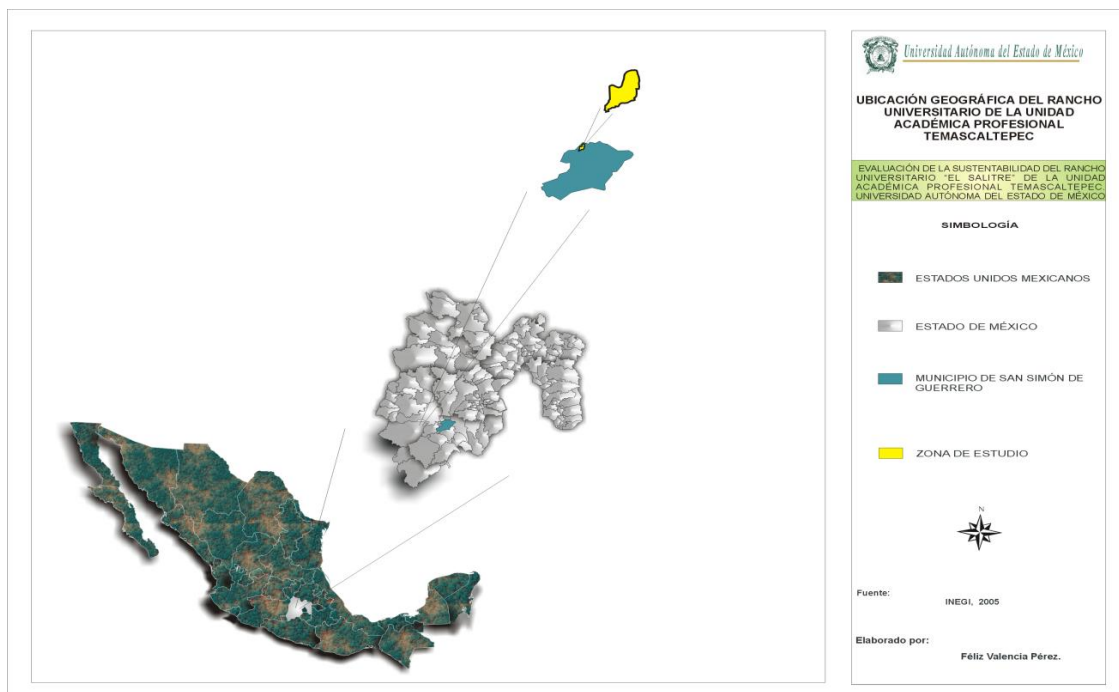


Figura 1. Ubicación geográfica del RUCUT

De acuerdo con el MESMIS, los primeros pasos de la evaluación, consisten en la caracterización, el diagnóstico y la identificación de los puntos críticos del sistema y sus subsistemas; así como la selección y medición de criterios e indicadores de sustentabilidad. Estas etapas se abordaron desde los enfoques ambiental, económico y social. Los criterios e indicadores utilizados se derivan de las propiedades o atributos de los agroecosistemas, que para este caso son los siguientes:

- a) *Productividad*. Se refiere a la eficiencia del sistema para producir una combinación específica de bienes o servicios.
- b) *Estabilidad, resiliencia y confiabilidad*. Atributos relacionados con la conservación de los recursos base y con el mantenimiento de la productividad en rangos aceptables bajo condiciones normales o después de sufrir perturbaciones.
- c) *Adaptabilidad*. Es la capacidad del sistema para modificar su funcionamiento ante cambios del entorno ambiental o socioeconómico.
- d) *Autodependencia y autogestión*. Se refieren a la capacidad del sistema para minimizar su dependencia de recursos externos, así como la capacidad del grupo social involucrado para acordar, tramitar y aplicar decisiones dirigidas a la resolución de conflictos.
- e) *Equidad*. Es la justa distribución de derechos, utilidades, empleo, calidad de vida, capacitación y responsabilidades entre los involucrados.

En la investigación, fue importante la participación de los estudiantes universitarios de la Licenciatura en Ingeniería Agronómica Zootecnista, conformándose un equipo de trabajo que participó activamente en el diagnóstico.

En el cuadro 1 se muestran los componentes analizados, los métodos aplicados y los productos obtenidos. La problemática detectada permitió identificar los puntos críticos del sistema y diseñar propuestas de manejo sustentable de los recursos naturales.

Las escalas espaciales utilizadas fueron a nivel de suprasistema (microcuenca), el sistema está conformado por el RUCUT, los subsistemas están

integrados por los elementos agrícolas, pecuarios y forestales. Para el análisis se utilizaron diversas escalas: 1: 25 000, 1: 5000 y 1: 1 000, esto en función de la caracterización y zonificación de usos del suelo y de acuerdo a las propiedades del sistema a observar.

En el cuadro 2 se muestran los criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad derivados de los atributos generales. Se seleccionaron 14 indicadores, los cuales fueron evaluados en base a mediciones y registros de campo y laboratorio, así como análisis de gabinete.

## RESULTADOS

### Caracterización del sistema

El área de estudio tiene una topografía de sierra compleja y valle de laderas tendidas, en el que se extienden cuatro valles fluviales y uno aluvial; su composición litológica incluye pizarras, filitas y esquistos. Cuenta con un clima semicálido subhúmedo (A) C (W2) (W); con lluvias en verano, precipitación media anual de 1300 mm. y temperatura media anual de 17.6° C.. El balance hídrico muestra marcada temporalidad según las estaciones del año, con evapotranspiración de 812.5 mm; escurrimiento superficial de 389.9 mm; e infiltración de 97.3 mm y período de lluvias de mayo a octubre. Su hidrología incluye tres arroyos intermitentes y uno perenne.

Respecto a su topografía, cuenta con un área forestal con piedemonte, laderas y lomeríos con pendientes de 15° a 50°, áreas abiertas a la agricultura, con pendientes de 3° a 25 y con suelo de tipo acrisol órtico de textura media (Ao/TM), con vocación para uso forestal, suelos andosol húmico con acrisol órtico de textura media (Th+Ao/TM), pH ácido y valores bajos de materia orgánica y nutrientes, propios para uso agrícola.

El RUCUT cuenta con 480 m<sup>2</sup> de instalaciones en la Unidad de toma de decisiones (UTD) y 720 m<sup>2</sup> de instalaciones en corrales, dispone de una toma de agua de 5 m<sup>3</sup> por hora y un tanque de almacenamiento de 25 m<sup>3</sup>. Al iniciar este estudio era evidente la ausencia de acabado, mantenimiento y diseño en instalaciones y corrales, escasa delimitación de espacios y zonificación de usos del suelo, los accesos mostraban deterioro avanzado y la disponibilidad de agua por dotación externa era limitada. En la Figura 2 se presentan los subsistemas, componentes e interacciones previas a la investigación

Cuadro 1. Métodos para el diagnóstico por subsistema y aspecto estudiado

Subsistema	VARIABLES ESTUDIADAS	Método	Productos obtenidos
<b>1) Pecuario (Ovinos, bovinos y caprinos).</b>	Alimentación, manejo, instalaciones, sanidad, mejoramiento genético, reproducción, producción, manejo de desechos.	Trabajo de campo: 10 entrevistas estructuradas con personal del rancho universitario, incluidos administrativos, vigilantes y trabajadores; observación sistemática durante dos meses, cinco días de la semana.	Diagnóstico y propuestas específicas para cada variable pecuaria (Morales 2002 y Reyes 2003).
<b>2) Agrícola</b>	Características físico-químicas del suelo agrícola (3 físicas, 2 químicas y 5 nutrientes). Cambios de pendiente y susceptibilidad a inundación.	Muestreo sistemático en red rígida de 50m x 100m, a una profundidad de 15 a 30 cm. Levantamiento topográfico, planimétrico y altimétrico. Se utilizó tránsito, cinta y estatal.	Tres mapas de zonificación edáfica. (Bernal y Rayas 2002). Mapas a nivel de subsistema, sistema y suprasistema; que permitieron el trazo de curvas maestras. (Manzano 2003).
<b>3) Forestal</b>	Diagnóstico hidroclimático en tres niveles espaciales. Incluyó morfometría, clima y balance de agua (uso, aprovechamiento y conservación). Diagnóstico forestal con información ecológica y de control; información silvícola y dasométrica y evaluación de la regeneración.	Cartográfico digital, matemático, estadístico, meteorológico y entrevistas. Análisis documental.  Trabajo de gabinete: análisis documental, fotointerpretación, cartografía y estadística. Trabajo de campo: entrevistas, mediciones en campo, muestreos.	Mapas y croquis a nivel suprasistema, sistema y subsistemas. (Manzano 2003).  Programa de manejo forestal y mapas de rodalización de especies forestales, existencias reales por hectárea; incrementos reales y crecimiento del bosque. (Jiménez, 2004) Mapa de pendientes, mapa de procesos erosivos y perfiles de los cinco procesos más intensos (Valencia, 2005)
<b>4) Unidad de toma de decisiones (UTD)</b>	Diagnóstico sobre pendientes y procesos de erosión, incluyendo análisis cartográfico de pendientes, localización y caracterización de procesos erosivos y evaluación de intensidad. Aspectos arquitectónicos y funcionales, incluyendo vialidades y áreas de tránsito, área administrativa, corrales, anexos y usos.	Fotointerpretación cartográfica, análisis cartográfico digital. Trabajo de campo.  Trabajo de campo: diagnóstico y observación. Análisis arquitectónico y funcional. Trabajo de gabinete: diseño de remodelación, construcción y delimitación de áreas. Análisis de flujos y movimientos.	Planos arquitectónicos de instalaciones y estructuras; bitácora de mantenimiento; programa de remodelación y construcción.
	Productividad, rentabilidad y autogestión del sistema.	Registros contables con base a la metodología NAFIN-OEA. Trabajo de campo: entrevistas y cuestionarios, muestreo de 60% a 100% de los actores sociales universitarios.	Diagnóstico sobre productividad, rentabilidad y opinión del enfoque agroecológico de la comunidad universitaria. (Anaya, 2004)
<b>5) Entorno cercano al RUCUT</b>	Análisis socioeconómico del entorno.	Método estadístico: análisis del XII Censo General de Población y Vivienda (INEGI 2000).	Diagnóstico socioeconómico de cinco localidades.
	Análisis de agroecosistemas locales, incluyendo aspectos productivos y sociales.	Trabajo de campo: cuestionarios estratificados por niveles tecnológicos (alto, medio, bajo) de las unidades de producción. 25 cuestionarios aplicados en 5 comunidades adyacentes al RUCUT.	Diagnóstico y caracterización de las unidades de producción locales. (Anaya, 2004)
	Conocimiento, importancia e influencia del RUCUT para los habitantes locales.	Trabajo de campo: cuestionarios aplicados a una muestra del 15% de las viviendas.	Diagnóstico sobre la influencia del RUCUT en su entorno cercano (Anaya 2004).

Cuadro 2. Jerarquías de evaluación y métodos de medición para los Indicadores de Sustentabilidad en el RUCUT (2001).

Atributo general	Criterio diagnóstico	de	Indicador de Sustentabilidad	de	Método para determinación	Unidad de medición	de
Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Calidad, conservación y protección de los recursos naturales		Área agrícola y de pastizal con técnicas agroecológicas (%)		Medición de superficies, muestreo y análisis de laboratorio	m <sup>2</sup> , %	
			Materia orgánica en suelos agrícolas (%)				
Adaptabilidad	Vulnerabilidad biológica  Vulnerabilidad económica Diversidad biológica y económica del sistema		Área de pastizal con procesos erosivos leves y moderados (%)		Consumo de forraje Inventario de especies cultivadas	kg MS animal <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> de número de especies	
			Área de pastizal con procesos erosivos acelerados (%)				
			Dependencia de pastizal nativo (%)				
Productividad	Eficiencia  Rentabilidad		Número de especies manejadas		Muestreo, secado y pesado Registros de producción Análisis financiero	ton MS ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> de crías año <sup>-1</sup> \$ año <sup>-1</sup>	
			Rendimiento en forraje				
			Rendimiento pecuario				
Autodependencia	Uso de insumos externos		Utilidad neta		Registros de producción	kg ha <sup>-1</sup> lt ha <sup>-1</sup>	
			Fertilizante aplicado				
Autogestión	Autosuficiencia Capacitación Participación		Pesticidas aplicados		Análisis financiero Registros académicos	%	
			Recursos externos				
Equidad	Poder de toma de decisiones		Actividades institucionales en el RUCUT (cursos, talleres, proyectos)			número de actividades	de
			Organismos institucionales dedicados al RUCUT (comisiones, comités, cuerpos académicos, equipos de investigación)			número de organismos	de

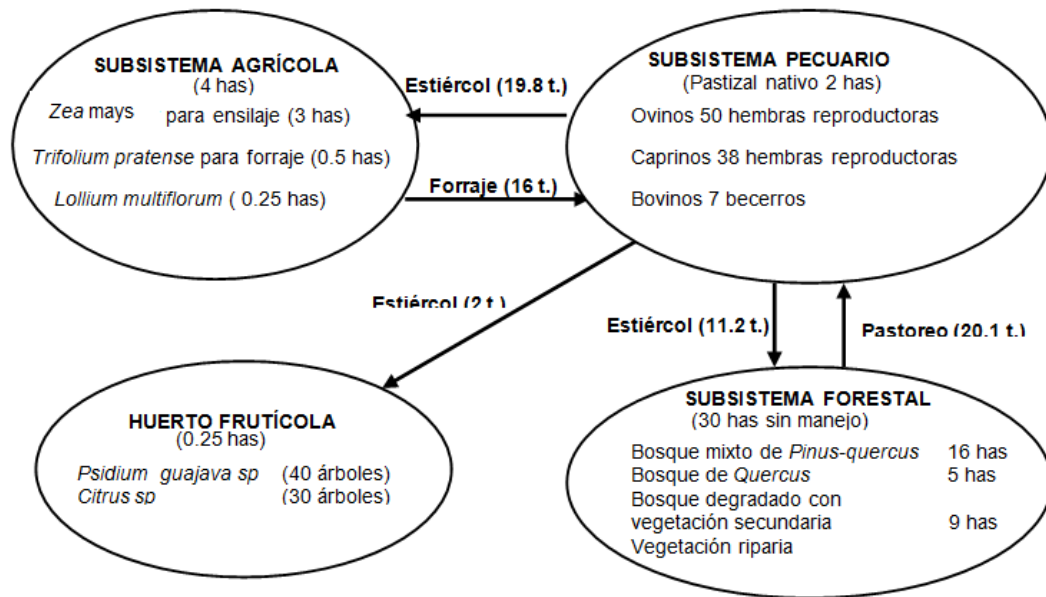


Figura 2. Subsistemas, componentes e interacciones en el Rancho Universitario (2001).

El RUCUT se ubica en una zona de transición climática, latitudinal-altitudinal y ecológica con relieve heterogéneo. Las geofomas favorecen la movilidad y dinámica de materiales y la composición litológica de baja consolidación influye en los procesos erosivos. Se encuentra en una subcuenca, orientada al sur que recibe influencia de vientos secos y cálidos de las subcuencas ubicadas en altitudes y latitudes menores. Es una zona con fuerte susceptibilidad a la desertificación de acuerdo con Manzano (2003).

### Subsistema Agrícola

En el suelo se identificaron como causas principales de deterioro al monocultivo de *Zea mays* para grano hasta 1996 y de *Zea mays* para forraje de 1996 a 2001, que se realizaban basados en agroquímicos y con técnicas de labranza inadecuadas. Era notable la ausencia de barreras rompevientos y de árboles para sombra, deficiencia de materia orgánica (1.6 %) y la pérdida casi total de la humedad del suelo (12 %) en período de estiaje acorde con Bernal y Rayas (2002). Existían altos niveles de pastoreo, alto consumo de insumos externos, con presión sobre el bosque y la vegetación nativa. En el año 2001, el 58% del forraje necesario para el ganado (20.1 ton MS año<sup>-1</sup>), provenía de pastoreo en linderos, pastizal nativo y bosque (Morales 2002 y Reyes 2003). Los cultivos mostraban rendimientos medios y altos costos de producción, por lo que era necesario disminuir éstos, así como limitar la salida del forraje producido localmente; adicionalmente era importante la zonificación y manejo orgánico de suelos y la práctica de técnicas de

labranza de conservación y en contorno (Bernal y Rayas, 2002).

Las áreas con mayores pendientes (20-45°) en el espacio geográfico que comprende el RUCUT están destinadas al uso forestal, sin embargo, debido a impactos en la cobertura arbórea debidos sobre todo a la presencia de dos líneas de conducción de energía eléctrica con sus respectivas áreas de restricción, a la extracción histórica de madera con diversos fines y al pastoreo continuo en el área forestal, se observaron relaciones entre los procesos erosivos incipientes en las porciones altas, los que adquieren magnitud en las zonas de pie de monte, donde existen profundas cárcavas y remociones en masa del suelo (Valencia, 2005).

### Subsistema Forestal

En el subsistema forestal los dos rodales estudiados muestran que el rodal uno, 48.4% está compuesto por *Quercus sp.*, 43.5 % de *Pinus sp.*, 6.7 % de especies hojosas y 1.2 % de *Juniperus sp.* La cubierta forestal en este rodal es mayor para los encinos que presentan alturas mayores a 20 m. y tienen una densidad de 40%. Las existencias volumétricas por especie en el rodal uno se cuantificaron en metros cúbicos del volumen total de árboles por hectárea: *Pinus sp.* (62.1%), *Quercus sp.* (14.5%), hojosas (1.7%) y *Juniperus sp.* (1.2%). De ocho sitios muestreados, uno presenta regeneración natural de encinos en 30% y otro, regeneración natural de pinos en 30%. Los sitios restantes no presentaron regeneración alguna.

El rodal dos está integrado por 59.5% de especies hojosas, 38.2% de *Juniperus sp.* y 2.1% de *Quercus sp.* La mayor cubierta forestal corresponde a las hojosas, con alturas menores a 20 m. y una densidad del 40%. Las existencias volumétricas por especie son para las hojosas (14.8%), *Juniperus sp.* (12.6%) y *Quercus sp.* (0.5%). No se encontró regeneración natural en los dos sitios muestreados. El estudio dasométrico reveló que el diámetro y altura de las diversas especies en general tiene un rango de medio a bajo y con volúmenes maderables bajos.

De manera general, el Rancho Universitario presenta baja densidad de especies arbóreas. En este subsistema no existía un programa para manejo forestal que definiera áreas y periodos de aprovechamiento, conservación, restauración y preservación; para manejo y conservación del suelo y agua, para recuperación de suelos erosionados y prevención de los procesos erosivos en áreas forestales, ni para el establecimiento de unidades de manejo y conservación de la vida silvestre (UMA's), acorde con Jiménez (2004).

### Subsistema pecuario

El análisis de los factores de producción en el subsistema pecuario muestra que : la alimentación está basada en insumos externos (9 ton de concentrado preparado por año), en pastoreo muy intenso que incluye áreas forestales y en forrajes de gramíneas con aporte limitado de nutrientes. El manejo del sistema de pastoreo es semi-extensivo no zonificado, diferido, ni rotado; caracterizado por prácticas zootécnicas insuficientes respecto a prevención de enfermedades, vitaminación, identificación, observación y registro de manejo. Las instalaciones están subutilizadas, con diseño y mantenimiento inadecuado, ya que se observó manejo deficiente de camas, comederos, bebederos y excretas. La sanidad está controlada, pero sin medidas preventivas, calendarios, registros sanitarios y bioseguridad.

Al estudiar las características genéticas del ganado se observó que se cuenta con condiciones propicias en este aspecto: Bovinos (Suizo), Caprinos (1/2 Nubia), Ovinos (Pelibuey X Black-Belly X Dorper); pero la falta de registro genético en ovinos y caprinos, impide que los animales producidos sean utilizados para pie de cría. Respecto a la reproducción, se observó carencia de registros reproductivos (prolificidad, fertilidad, pariciones, abortos, mortalidad por edades); en la producción no existían registros productivos (ganancia, conversión y eficiencia). El manejo de desechos era inadecuado y el drenaje con diseño y mantenimiento deficiente; el estiércol de las tres especies se mezcla y se incorpora directamente a terrenos agrícolas.

Al estudiar la relación entre las actividades agrícolas, pecuarias e ingreso, se observó que la producción de forrajes mostraba productividad media, y los ingredientes del alimento concentrado consistían en insumos externos lo que provocaba en el pastizal nativo y bosque presión y deterioro de la vegetación nativa. Al abordar la temática sobre los productos, procesamiento y almacenamiento se calculó que el pastoreo rebasa la capacidad de producción del sistema agrícola (32 t. de materia seca por año) y que además existía exportación de forraje verde y ensilado a la posta zootécnica (16 ton. de materia seca anual), aunque era necesaria en el RUCUT, esto generaba altos costos de insumos externos (Morales 2002 y Reyes 2003).

### Unidad de toma de decisiones, productividad-rentabilidad

En el análisis de la rentabilidad, Anaya (2004) determinó un saldo acumulado negativo de \$127,258.00 en el año 2002 (Cuadro 3). Este balance se atribuyó a los altos costos de operación y funcionamiento del RUCUT, y a los gastos ejercidos por la compra de concentrados para alimentación del ganado, teniendo presente que éste, se vende para abasto, y no para pie de cría, en virtud de que no se dispone de registros genéticos, lo cual se manifiesta en un precio menor .

Cuadro 3. Análisis de rentabilidad del RUCUT (2002)

Concepto	(pesos)
Costos totales	328,167
Ingresos	
Caprinos	20,774
Ovinos	36,599
Venta de forraje	143,536
Ingresos totales	200,909
Margen Neto	-127,258
Relación Beneficio—costo (RBC)	0.61

RBC menor a 1 implica rentabilidad negativa

1 peso = 0.10 USD al momento del estudio

Entorno cercano al RUCUTF

En relación con los aspectos socioeconómicos del entorno del RUCUT, se encontró que los habitantes locales tienen poco acceso a los servicios de salud, ya que el 75% no tiene acceso a este servicio, presentan altos índices de analfabetismo (18% son analfabetas) y con grado promedio de escolaridad de 5.6. Se registra que el 45% de la población económicamente activa, recibe menos de 2 salarios mínimos mensuales y el 31% no recibe ingreso por trabajo. Las viviendas en general, disponen de pocos servicios, ya que el 35% de las viviendas no tienen piso de concreto, 50% utiliza



leña para preparar alimentos, 82% disponen de energía eléctrica, 44% tienen servicio sanitario, 33% cuentan con drenaje, 66% tienen servicio de agua potable. (INEGI, 2000). Se trata de una zona con alta marginalidad de acuerdo con Anaya (2004).

Las unidades de producción agropecuaria en el entorno adyacente son semi-tecnificadas y la producción está destinada al autoconsumo, se practica agricultura de temporal en terrenos comunales de buena calidad agrícola, con cultivos de *Zea mays* criollo o híbrido y frijol en sistema convencional. Se realizan actividades pecuarias en agostaderos, montes, laderas y potreros comunales; el pastoreo es extensivo y el bosque es aprovechado sin manejo y conservación.

En relación a la importancia e influencia del RUCUT para los habitantes locales, de acuerdo a las entrevistas realizadas, el rancho era desconocido en su entorno cercano y los pobladores demandaban mayor actividad de extensión. En este contexto solo 12.5 % de los habitantes locales tiene conocimiento del RUCUT. La población desea capacitación en técnicas sobre cuidado de animales, agricultura, restauración forestal, fruticultura, manejo de tierras, producción y transformación de forrajes y elaboración de alimentos.

La comunidad universitaria relacionada con el rancho pertenece a la licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con 120 estudiantes y 32 profesores. En el período estudiado el RUCUT contaba con un administrador, un pastor, tres trabajadores de campo y un vigilante permanente; las funciones sustantivas de docencia, investigación y extensión eran ejercidas de forma limitada en las instalaciones del rancho.

El estudio sobre el conocimiento, opinión y compromiso con el enfoque agroecológico por parte de la comunidad universitaria, mostró que los profesores no conocen los métodos agroecológicos y su compromiso de participación en proyectos relacionados con este enfoque, está determinado por diversos factores administrativos y salariales. Los estudiantes desconocen los métodos, y si bien, expresaron disponibilidad de participación en proyectos, su compromiso está condicionado por la complejidad del enfoque, tiempo dedicado al estudio y sus expectativas de ingresos, esto acorde con Anaya (2004).

### **Propuesta de manejo sustentable de recursos naturales**

Para cada problema prioritario detectado, se plantearon técnicas alternativas que sustentan la propuesta agroecológica (2001) (Cuadro 4).

La priorización de los problemas y el planteamiento de técnicas agroecológicas para su atención, se realizó

bajo los siguientes criterios: En primer lugar se sugiere que se atiendan los procesos de carácter ambiental que presentan mayor influencia, ya que generan efectos en diversos componentes y subsistemas, como son la desertificación, la erosión y la falta de aprovechamiento de ecotonos locales, la atención de estos problemas se considera que puede incidir desde una visión sistémica en otras problemáticas como son: la disponibilidad de humedad en el suelo, de agua a nivel local y la productividad del pastizal nativo. Resultó un criterio importante en estos casos, el costo y la factibilidad de las técnicas propuestas, las cuales por ser técnicas vegetativas, representan menores costos en su instalación, pero con plazos más largos para observar resultados y por tanto más urgentes para acelerar dichos procesos. Estas técnicas además fueron programas a realizarse en los años posteriores a este estudio

En un segundo grupo de problemas prioritarios, se colocaron los de tipo tecnológico y económico: registros, técnicas de producción, instalaciones y administración de recursos, los que por su carácter tecnológico representan cambios inmediatos, pero que plantean una nueva forma de realizar las actividades diarias al interior del RUCUT, por lo que implican capacitación de todo el personal, o en el caso de las instalaciones requieren inversión y por tanto una programación y aprobación institucional de los presupuestos anuales, lo que les resta factibilidad.

En el último grupo de problemas y alternativas, se colocaron aquellos de tipos social, académico y curricular, lo que por su carácter plantean cambios en el curriculum, en las líneas de investigación, en la capacitación de profesores y trabajadores, e incluso en las actividades de vinculación y difusión del organismo académico. Para atender este grupo de problemas se requieren cambios en el comité curricular, en el cuerpo académico y en la administración del organismo académico y no sólo en la del rancho universitario; lo que al involucrar a directivos, docentes, investigadores, estudiantes y habitantes locales, se consideró de alta complejidad y baja factibilidad, por lo que se encuentran al final de la priorización.

Cuadro 4. Problemas en orden de prioridad y técnicas agroecológicas propuestas (2001)

Problema	Propuesta Agroecológica
Susceptibilidad a desertificación Erosión provocada por mal manejo del suelo forestal y agrícola	Barreras rompevientos, aumento de cobertura vegetal permanente. Plantaciones en contorno. Surcado al contorno y zanjas de retención de humedad. Bancos de proteína con leguminosas arbóreas, cercos vivos y barrera rompe vientos. Cortinas con <i>Gaudua angustifolia</i> y <i>Gaudua amplexifolia</i> para control de procesos erosivos. Actividad agrícola diversificada.
Diversidad de ecotonos no aprovechada	Praderas mixtas y en rotación. Manejo diferencial de rodales. Componentes dinamizadores para la integración de los subsistemas agrícola, pecuario y forestal: área de compostaje, vivero de árboles multipropósito y huerto frutícola.
Procesos erosivos por pastoreo continuo Falta de registros genéticos Falta de agua por aprovechamiento y manejo deficiente del recurso	Actividad pecuaria basada en la capacidad de carga Registros de la producción de progenitores para pie de cría Para uso óptimo del suelo, abatir la evapotranspiración e incentivar la infiltración. Técnicas de retención de humedad.
Agricultura industrial de monocultivo con alto uso de insumos.	Asociación de cultivos de gramíneas forrajeras ( <i>Avena sativa</i> , <i>Lolium multiflorum</i> ) con leguminosas forrajeras ( <i>Vicia sativa</i> L. y <i>Trifolium pratense</i> ). Elaboración y aplicación de composta.
Instalaciones no funcionales, escaso diseño, acabado y mantenimiento	Remodelación de corrales, sombreadero, e instalación de cama pecuaria.
Administración ineficiente; no se hace análisis costo-beneficio Rentabilidad negativa	Registros contables por subsistemas y componentes. Análisis costo-beneficio: económico, ambiental y social. Producción local de los ingredientes del alimento concentrado. Incremento de la capacidad de agostadero del sistema. Registros genéticos, sanitarios y productivos del pie de cría.
Los profesores no manejan el enfoque agroecológico, escasa participación de los alumnos Las funciones sustantivas de docencia, investigación y extensión se ejercen de forma deficiente en el RUCUT. Para los habitantes locales el RUCUT es poco conocido y no satisface las demandas de asesoría y capacitación.	Promoción del enfoque agroecológico entre los profesores, estudiantes y trabajadores de la UAPT. Gestión e instalación de proyectos de investigación y difusión. Realización de prácticas de campo y prácticas profesionales in situ. Realización de cursos prácticos y talleres de capacitación y extensión agropecuaria con enfoque agroecológico. Parcelas demostrativas sobre técnicas agroecológicas de aprovechamiento, conservación y restauración de recursos naturales.

#### Evaluación de la sustentabilidad en el estado inicial

Finalmente, en el cuadro 5 se muestran los valores de sustentabilidad para el estado inicial, el valor óptimo y los índices por indicador. Los valores óptimos se determinaron en base a fuentes documentales, como Netting (1993), Swift y Anderson (1993), Dewalt (1994), Vandermeer (1995), Pretty (1995), Conway (1997), Gliessman (1998), Lampkin (1998), Altieri y Nicholls (2000), Uphoff (2002), Altieri (2002) y Bell y Morse (2003). Los índices fueron calculados para representar los indicadores en escala de 1 a 100,

dividiendo el valor del indicador entre el valor óptimo, y en el caso de indicadores de escala inversa, se dividió el valor óptimo entre el valor obtenido.

Cuadro 5. Valores de Indicadores e índices en el Estado Inicial

Indicador de Sustentabilidad	Valor calculado	Valor Óptimo	Índice (%)
Área agrícola y de pastizal con técnicas agroecológicas	1	100	1
Materia orgánica en suelos agrícolas	1.6	3.5	46
Área de pastizal con procesos erosivos leves y moderados	38.8	1	2.6
Área de pastizal con procesos erosivos acelerados	19	1	5.3
Dependencia de pastizal nativo	55.5	1	1.8
Número de especies manejadas	5	30	16.6
Rendimiento en forraje	2.7	6	45
Rendimiento pecuario	132	119	100
Utilidad neta	-127258	100000	0
Fertilizante aplicado	450	1	0.2
Pesticidas aplicados	5	1	20
Recursos externos	40.6	10	24.6
Actividades institucionales en el RUCUT	7	30	23.3
Organismos institucionales dedicados al RUCUT	1	5	20
<b>Índice Total del sistema</b>			<b>21.9</b>

Los valores óptimos fueron determinados bajo el supuesto de que la continuidad en la aplicación de técnicas agroecológicas, altos niveles de materia orgánica en los suelos y un mayor número de especies cultivadas pueden mejorar los atributos del sistema. El aumento en los rendimientos agrícolas y pecuarios y la utilidad neta, así como una mayor actividad y organismos institucionales dedicados al RUCUT pueden mejorar en el futuro los indicadores económicos y sociales. Por el contrario, la ausencia de procesos erosivos y la disminución del uso de agroquímicos son determinantes para mejorar los atributos del sistema. La dependencia del pastizal nativo y recursos externos debe ser disminuida.

La evaluación realizada muestra ausencia de técnicas agroecológicas, lo cual impacta en los procesos erosivos, y por lo tanto, en la estabilidad del sistema. Si bien la productividad es aceptable, está sustentada en el uso de insumos externos, esto se refleja en la baja calidad del suelo agrícola y en la rentabilidad negativa, por lo que el índice total de sustentabilidad obtenido es bajo.

## DISCUSIÓN

En la caracterización agroecológica tal como lo han recomendado Reijntjes *et al.* (1992), De Camino y Muller (1993), Edwards *et al.* (1993), Conway (1994), Rigby y Cacéres (2001), Lovell *et al.* (2002), Pacini *et al.* (2002), Ronchi *et al.* (2002), López-Ridaura *et al.* (2005), se incluyeron aspectos ambientales, económicos y sociales, que permitieron evaluar la complementariedad multidimensional del manejo de la finca, cuyo objetivo además de mantener sus propios recursos naturales y recuperar la inversión institucional, puede favorecer las condiciones para la docencia, la investigación y la extensión. Constituye esta, una experiencia de evaluación de sustentabilidad a nivel institucional, tal como lo recomiendan Edwards *et al.* (1993), Kaufmann y Cleveland (1995), Pannell (1999) y Bond *et al.* (2001).

Con el diagnóstico se determinó que el RUCUT no cumplía de forma adecuada con el mantenimiento de sus recursos naturales, se recuperaba sólo parcialmente la inversión institucional aplicada, la docencia se cumplía de forma ocasional, la investigación era incipiente y existían actividades de extensión. Al analizar las interrelaciones entre los subsistemas y sus componentes, fue posible determinar que desde el punto de vista agroecológico, algunas de estas interacciones eran desfavorables, de acuerdo a los criterios establecidos previamente por diversos autores (Netting, 1993; Swift y Anderson, 1993; Dewalt, 1994; Conway, 1997; Altieri, 2002).

La propuesta agroecológica diseñada a partir de los problemas identificados, sigue los lineamientos

establecidos en trabajos previos reportados por Vandermeer (1995), Pretty (1995), Gliessman (1998), Lampkin (1998), Altieri y Nicholls (2000) y Uphoff (2002), y considera las condiciones ambientales, ecológicas y socioeconómicas locales. Y fueron considerados los aspectos complejos tales como: las interacciones entre los individuos y su ambiente local, los patrones espaciales y temporales de las actividades productivas, los modos de producción, las relaciones socioculturales de producción y las interacciones entre las comunidades y el exterior, que han sido señaladas por Krishnamurty y Ávila (1999) y Uphoff (2002).

Si bien existen diversas metodologías para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas, a niveles de finca, cuenca y país, citadas por De Camino y Muller (1993), Pacini *et al.* (2002) y Ronchi *et al.* (2002), para este estudio se utilizó el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) planteado por Masera *et al.* (1999), esto en virtud de ser una metodología adaptada a las condiciones de sistemas campesinos en el contexto latinoamericano.

Esta metodología se ha aplicado con éxito en diversos estudios de caso en México y Latinoamérica (Masera y López-Ridaura, 2000; Astier y Hollands, 2005). La importancia de la realización y aplicación de este tipo de estudios ha sido ampliamente discutida por distintos autores en diferentes partes del mundo. Sin embargo dadas las características y condiciones específicas de países como el nuestro, surge la necesidad de aplicar un método capaz de adaptarse a dichas particularidades con el objetivo de garantizar resultados más realistas y efectivos pero sobre todo aplicables.

Bajo esta perspectiva se analizaron estudios realizados en sitios con condiciones técnicas y financieras similares a las nuestras, tales como los realizados por Perez-Grovas (2000) Gomero y Velásquez (2005), Gómez y Bianconi (2005), Delgadillo y Delgado (2005), los cuales han evaluado y especificado estrategias de manejo sustentable en distintos lugares de Latinoamérica. Mientras que estudios realizados en nuestro país han sido reportados por Negreros-Castillo *et al.* (2000), Guevara *et al.* (2000), Astier *et al.* (2000) y Alemán (2005).

Específicamente en el Estado de México González *et al.* (2000), Brunett (2004) y Villa (2004) han desarrollado estudios y estrategias basadas en la metodología MESMIS, para garantizar el uso sustentable de sistemas, logrando obtener avances en cuanto a aplicabilidad y eficacia, debido a su flexibilidad, enfoque participativo, pero sobre todo por la capacidad del Marco MESMIS de adaptarse a las

características y condiciones particulares de cada sistema, lo que sustenta su aplicación en el RUCUT.

Es relevante mencionar el trabajo de Ramírez (2002), sobre un modelo de presupuestación para la posta de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, planteado a partir de la descapitalización progresiva de una unidad de producción universitaria, con fuertes limitaciones económicas. En el estudio se validó un modelo enfocado al correcto modo de gestión y manejo, basado en la generación de valor agregado en talleres industrializadores, ante un estado inicial carente de viabilidad económica por falta de planeación integral. Como se puede observar, no es el único caso de una finca universitaria con rentabilidad negativa, lo que sugiere que esta problemática se presenta en otros casos.

## CONCLUSIONES

Los estudios de caso, donde se ha aplicado la metodología MESMIS abordan sistemas campesinos, generalmente analizando variables ambientales y socioeconómicas en conjuntos de fincas. El presente estudio es innovador, ya que la metodología se aplicó a una finca experimental institucional. Debido a que se analizó un número importante de variables del sistema, es posible considerar que el estudio tuvo un costo elevado en términos de recursos humanos y económicos. Sin embargo, dado el carácter experimental del RUCUT, el estudio se justifica en términos de una mejor comprensión de los procesos ecosistémicos, así como de los factores técnicos que pueden contribuir a mejorar el nivel de sustentabilidad del sistema.

El estado del sistema (2001) evaluado durante tres años, se caracterizaba por la ausencia de técnicas agroecológicas de manejo en los subsistemas agrícola, pecuario y forestal; desarticulado en sus flujos y procesos bajo la dimensión del enfoque sistémico e insustentable en sus productos, subproductos y tecnologías. Lo anterior se reflejó en un bajo nivel de sustentabilidad para la mayoría de los indicadores analizados. De no aplicar medidas adecuadas, continuará la tendencia negativa.

Los principales problemas en el sistema son procesos erosivos por sobrepastoreo, dependencia de insumos externos para la producción de forrajes, rentabilidad negativa por altos costos de producción y bajos precios en la comercialización de los productos.

La metodología utilizada permitió diseñar propuestas de manejo agroecológico, siendo relevante para que se convierta en un modelo para la comunidad universitaria y los productores de la región.

## AGRADECIMIENTOS

El estudio se realizó con apoyo de la Universidad Autónoma del Estado de México (Proyecto de investigación 1682/2003).

## REFERENCIAS

- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una Agricultura Sustentable. PNUMA, México.
- Altieri, M. A. 2002. Agroecology. The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 93: 1-24.
- Astier M. y Hollands, J. 2005. Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Mundiprensa-GIRA-ILEIA, México D.F. pp. 262.
- Astier, M., E. Perez-AGIS, F. Mota, O. Masera y F.C. Alatorre 2000. El diseño de sistemas sustentables de maíz en la región Puhérpecha. GIRA: México.
- Anaya, O. J. P. 2004. Evaluación de la productividad, rentabilidad y autogestión del Rancho Universitario de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec, UAPT, UAEM, México.
- Bell, S. y S. Morse (2003). *Measuring Sustainability: Learning from Doing*, Earthscan. UK: 187 pp.
- Bernal, S. A. L. y Rayas, A. A. A. 2002. Zonificación de suelos en el Rancho Universitario de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec, con base en las características físico químicas, para su manejo y aprovechamiento. UAPT, UAEM, México.
- Bond, R., Curran, J., Kirkpatrick, C., y Lee, N. 2001. Integrated impact assessment for sustainable development: a case study approach. *World Development*. 29 (6): 1011-1024.
- Conway, G. R. 1994. Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability, and equitability. *Journal for Farming Systems Research and Extension*. 4 (2):1-14.
- Conway, G. R. 1997. *The Double Green Revolution*. Penguin, London.
- De Camino, V. y Muller, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales, bases para establecer indicadores. IICA., Germany, p. 44
- Dewalt, B. R. 1994. Using indigenous knowledge to improve agriculture and natural resource management. *Human Organization*. 5: 23-131.
- Edwards, C. A., Grove. T. L., Harwood, R. R. & Pierce, C. C. J. 1993. The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 46: 99-121.
- Gliessman, S. R. 1998. *Agroecology: Ecological process in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press, Ann Arbor, MI.
- Gobierno del Estado de México, 2003. *Perfiles ambientales municipales*. Secretaría de Ecología. México.
- Gomero, O. y Velásquez. A. H. 2005. Evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona del trópico húmedo del Perú, San Martín, Tarapoto. GIRA: México.
- González, C. E., Brunett, L., Hernández, A., Ríos, H y Villa, C. 2000. Desarrollo de indicadores de sustentabilidad para agro ecosistemas del Valle de Toluca. *Red Gestión de Recursos Naturales*, 13: 77-87.
- González, F.T. Carranza, R y C González, 2000. La sustentabilidad de sistemas de maíz-mucuna en el sureste de México (primer ciclo de evaluación). GIRA: México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2000. *X Censo General de Población y Vivienda*. México.
- Jiménez, C. M. 2004. Diagnóstico del recurso forestal en el Rancho Universitario de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec y propuesta de manejo y aprovechamiento. Facultad de Geografía, UAEM, México.
- Kaufmann, R. K. & Cleveland, C. J. 1995. Measuring sustainability: needed-an interdisciplinary approach to an interdisciplinary concept, *Ecological Economics*. 15: 109-112.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. 1999. *Agroforestería básica*. PNUMA-ORPALC RFAALC, México.
- Lampkin, N. 1998. *Agricultura ecológica*. Mundiprensa, España.
- López-Ridaura S, van Keulen H, van Ittersum MK y Leffelaar PA, 2005. Multi-scale Methodological Framework to Derive Criteria and Indicators for Sustainability Evaluation of Peasant Natural Resource Management Systems. *Environment, Development and Sustainability*. 7:51-69.

- Lovell, C., Mandondo, A. y Moriarty, P. 2002. The question of scale in integrated natural resource management. *Conservation Ecology*. 5: 1-23.
- Manzano, S. L. R. 2003. Diagnóstico de los recursos hídricos del Rancho Universitario de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec, para su aprovechamiento y conservación. Facultad de Geografía, UAEM, México.
- Masera, O., Astier, M. and López-Ridaura, S., 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS. MundiPrensa-GIRA-UNAM, Mexico. 109 pp.
- Masera, O. y López-Ridaura, S. (Eds.), 2000. Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. MundiPrensa-GIRA-UNAM. México. 346 pp.
- Morales, A. E. 2002. Diagnóstico y propuesta para el manejo de ovinos bajo el enfoque sistémico y agroecológico en el Rancho Universitario de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec, para su aprovechamiento y conservación. UAPT, UAEM, México.
- Moya, G., Caamal, A., Ku, K., Chan, X., Armendariz, I., Flores, J., Moguer, J., Noh, P., Rosales, M y Xool D. 2005. La sustentabilidad que viene de lejos: una evaluación multidisciplinaria e intercultural de la agricultura campesina de los mayas en Xohuayán, Yucatán. En Astier y Hollands. *Sustentabilidad y Campesinado*, Gira, México: Mundi-Prensa, México. pp. 161-102.
- Netting, RMcC. 1993. *Smallholders, householders*. Stanford University Press, Stanford, CA.
- Negreros-Castillo, p., González, N., Merino, P. 1990. A Coevolutionary Interpretation of the Unsustainability of Modernity. Manuscript for Publication in OIKOS.
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C. y Huine, R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1977: 1-16.
- Pannell, D. J. 1999. On the estimation of on-farm benefits of agricultural research. *Agricultural Systems*. 61: 123-134.
- Pretty, J.N. 1995. *Regenerating agriculture: Policies and practice for sustainability and self reliance*. Earthscan, Great Britain.
- Pérez-Grovas. G. 2000. Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo de café en la unión de ejidos Majomut, región de los altos de Chiapas. México: GIRA
- Ramírez, G. R. E. 2002. Modelo de representación para la unidad de producción La Posta de la FMVZ – UMSNH. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
- Reijntjes, C., Haverkort, B. y Waters-Bayer, A. 1992. *Farming for the future*. MacMillan, London.
- Reyes, V. J. 2003. Diagnóstico y Propuesta para la producción de bovinos para pie de cría en el RUCUT. UAPT, UAEM, México.
- Rigby, D. y Cáceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems*. 68:21-40.
- Ronchi, E., Federico, A. y Musmeci, F. 2002. A systems oriented integrated indicator for sustainable development in Italy. *Ecological Indicators*. 37: 1-14.
- Swift MJ y Anderson JM (1993) Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. in: Schulze ED, Mooney HA (eds). *Biodiversity and ecosystem function*. Springer, pp 17.
- Uphoff, N. 2002. *Agroecological innovations: Increasing food production with participatory development*. Earthscan, London.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 26: 201-224.
- Félix V. P. 2005. Estudio de Pendientes y Erosión en el Rancho Universitario de la Unidad, UAEM, México.

*Submitted October 22, 2010 – Accepted December 10, 2010*  
*Revised received December 10, 2010*