



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

**PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN
CIENCIAS AMBIENTALES**

**EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL
EN TRES COMUNIDADES DE LA MICROCUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE,
MICHOACÁN.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

ANT. TZITZI SHARHÍ DELGADO LEMUS

DIRECTOR DE TESIS:

DR. PEDRO MEDELLÍN MILÁN

COMITÉ TUTELAR:

DR. JAVIER FORTANELLI MARTÍNEZ

DR. MIGUEL AGUILAR ROBLEDO

SAN LUIS POTOSÍ

JULIO DE 2009

LA TESIS TITULADA:

**EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL
EN TRES COMUNIDADES DE LA MICROCUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE,
MICHOACÁN**

RECIBIÓ FINANCIAMIENTO DEL

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT)
BECA-TESIS (CONVENIO NO. 210252)
Y DE LA AGENDA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

**LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES ESTA INCLUIDA EN EL PADRON
NACIONAL DE POSGRADOS DEL CONACYT.**

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	XIII
TABLA 1. COSTOS E INSUMOS POR HECTÁREA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ.	20..... XIII
TABLA 2. COSTOS DE LA PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO.	21..... XIII
TABLA 3. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA CALCULAR LOS ÍNDICES DE PERTURBACIÓN EN LOS SITIOS MUESTREADOS.	23..... XIII
TABLA 4. USO DEL SUELO EN LA CUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE	36..... XIII
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS COMUNIDADES ESTUDIADAS.....	39 XIII
TABLA 6. SUBSISTEMA AGRÍCOLA.	44..... XIII
TABLA 7. SUBSISTEMA GANADERO (BOVINOS)	48..... XIII
TABLA 8. SUBSISTEMA FORESTAL.	52..... XIII
TABLA 9. TIPOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL DE LA MICROCUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE. GENERACIÓN CON BASE EN TOLEDO <i>ET AL.</i> (2002).	57..... XIII
TABLA 10. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA MICROCUENCA	58 XIII
TABLA 11. ATRIBUTOS, PUNTOS CRÍTICOS, CRITERIOS E INDICADORES PARA LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL EN LA MICROCUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE.	59..... XIII
TABLA 12. MATRIZ DE CAMBIO DEL PERIODO 1995-2007 Y 2007-2019.	65..... XIII
TABLA 13. MATRIZ DE CAMBIO DEL PERIODO 1995-2007 EN PORCENTAJES.	66..... XIII
TABLA 14. PROCESOS DE CAMBIO EN EL PERIODO 1995-2007.	66..... XIII
TABLA 15. INTEGRACIÓN DE INDICADORES.	72..... XIII
TABLA 16. VALORES DE IMPORTANCIA DE CADA VARIABLE EN RELACIÓN A LOS PRINCIPALES COMPONENTES...	77 XIII
TABLA 17. MATRIZ DE VALORES CARACTERÍSTICOS: APORTE DE CADA COMPONENTE A LA VARIACIÓN TOTAL...	77 XIII
AGRADECIMIENTOS	XV
AGRADECIMIENTOS	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL	1
1.2. EL SISTEMA DE ESTUDIO	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.6. HIPÓTESIS	3
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL	5
2.2. DESARROLLO SUSTENTABLE Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES	8
2.3. MARCOS DE EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SMRN	11
2.4. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD	13
2.5. LA CUENCA HIDROGRÁFICA COMO UNIDAD FUNCIONAL Y DE ESTUDIO.....	14

PASO 1. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE EVALUACIÓN	17
PASO 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DEL SISTEMA.....	18
PASO 3. SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS DE DIAGNÓSTICO E INDICADORES	19
PASO 4. MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS INDICADORES	19
PASO 5. INTEGRACIÓN DE RESULTADOS	24
PASO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE MANEJO EVALUADOS	27
RESULTADOS	29
4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y DE LOS SISTEMAS ESTUDIADOS	31
4.1. UBICACIÓN	31
4.2. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	32
4.3. CLIMA Y PRECIPITACIÓN	32
4.4. GEOMORFOLOGÍA	33
4.5. SUELOS	33
4.6. EROSIÓN	34
4.7. FAUNA	35
4.8. USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN	35
4.9. POBLACIÓN	38
4.10. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	39
<i>Agricultura</i>	39
<i>Ganadería</i>	45
<i>Explotación forestal</i>	49
<i>Subsistema de solares</i>	52
ADEMÁS DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS YA DESCRITAS SE REALIZAN EN LA MICROCUENCA OTRAS ACTIVIDADES DE MENOR IMPORTANCIA A ESCALA DE LA MICROCUENCA, AUNQUE DE GRAN IMPORTANCIA PARA EL LIMITADO NÚMERO DE FAMILIAS QUE LAS REALIZAN.	54
4.11. PESCA Y TURISMO	54
4.12. PRODUCCIÓN EN HUERTAS DE AGUACATE.....	55
4.13. TIPOLOGÍA DE LOS SISTEMAS ESTUDIADOS.....	56
4.14. PROBLEMÁTICA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN RURAL EN LA CUENCA.....	58
5. SELECCIÓN E INTEGRACIÓN DE INDICADORES	59
<i>PRODUCCIÓN DE MAÍZ</i>	60
5.1.1. <i>Rendimientos agrícolas</i>	60
5.1.2. <i>Relación beneficio costo de la producción de maíz</i>	60
5.1.3. <i>Uso de fertilizantes orgánicos para la producción de maíz</i>	61
5.1.4. <i>Incidencia de poblaciones de <i>Melanoplus differentialis</i> en milpas</i>	61
5.1.5. <i>No. de hectáreas por unidades animal de ganado bovino</i>	62
5.1.6. <i>Relación beneficio costo de la producción de ganado</i>	63
5.1.7. <i>Rendimientos de resina</i>	63
5.1.8. <i>Relación beneficio costo de la extracción de resina</i>	64
5.1.9. <i>Superficie deforestada</i>	65
5.1.10. <i>Índice de perturbación</i>	68
5.1.11. <i>Diversidad de los estratos arbóreos y arbustivos de la vegetación del bosque de pino-encino</i>	68
5.1.12. <i>Porcentaje de productores que mantienen empresa alternativa</i>	69
5.1.13. <i>Dependencia en remesas para sostener sistemas productivos</i>	70
5.1.14. <i>Índice de diversidad pecuaria</i>	71
5.1.15. <i>Índice de diversidad de especies vegetales alimenticias en solares</i>	71
5.2. INTEGRACIÓN DE INDICADORES.	72
5.2.1. <i>Análisis multicriterio</i>	72

5.2.2. <i>Análisis de componentes principales</i>	75
5.2.3. <i>Análisis de conglomerados</i>	79
6. DISCUSIÓN SOBRE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	81
ANÁLISIS MULTICRITERIO Y ANÁLISIS MULTIVARIABLE	81
LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	82
LA PRODUCCIÓN DE GANADO	86
LA EXTRACCIÓN DE RESINA Y LA CALIDAD DEL BOSQUE	87
LOS SOLARES	91
LA DEPENDENCIA DE INSUMOS EXTERNOS	92
LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS ESTUDIADOS	94
SOBRE LA METODOLOGÍA EMPLEADA	95
TIPOLOGÍA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN RURAL	95
EL MARCO DE EVALUACIÓN MESMIS	96
7. CONCLUSIONES	97
8. RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXO I. CUESTIONARIOS Y FORMAS.	115
ANEXO II: SUELOS.	121
ANEXO III TIPOLOGÍA DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN RURAL.	125
ANEXO IV. LISTADO FLORÍSTICO.	135
ANEXO V. LISTADO FLORÍSTICO DE ESPECIES REPORTADAS PARA LOS SOLARES, EN ORDEN ALFABÉTICO POR FAMILIA.	137
ANEXO VI. VALORES DE REFERENCIA.	141

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. REPRESENTACIÓN DE DOS OTU EN UN ESPACIO BIDIMENSIONAL	26
FIGURA 2. EXTRACTO DE LA MATRIZ DE DISTANCIA TAXONÓMICA	26
FIGURA 3. UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE	32
FIGURA 4. BALANCE HÍDRICO PARA LA MICROCUENCA UMÉCUARO- LOMA CALIENTE.....	33
FIGURA 5. TIPOS DE SUELO Y PENDIENTES.....	34
FIGURA 6. INDIVIDUO DEL GÉNERO <i>AMBYSTOMA</i>	35
FIGURA 7. MAPA DE USO DE SUELO EN LA CUENCA PARA EL AÑO 2007.....	37
FIGURA 8. LIMITE DE LA MICROCUENCA Y UBICACIÓN DE LAS COMUNIDADES.	38
FIGURA 9: SECUENCIA DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE ENERO A DICIEMBRE	43
FIGURA 10. FOTOGRAFÍA DE INDIVIDUO DEL GÉNERO <i>MELANOPLUS SP.</i> Y DE LA FAMILIA <i>NYMPHALIDAE</i>	44
FIGURA 11. FOTOGRAFÍA DE PINO RESINADO Y HERRAMIENTAS PARA LA RESINACIÓN.....	50
FIGURA 12. PINO ESTABLECIDO NATURALMENTE.	51
FIGURA 13. MODELO SISTÉMICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA MICROCUENCA.	54
FIGURA 14. FOTOGRAFÍA DE PESCADOR EN LA PRESA DE UMÉCUARO.	55
FIGURA 15. GRÁFICA DE RENDIMIENTOS PROMEDIO DE MAÍZ EN TONELADAS POR HECTÁREA.....	60
FIGURA 16. PORCENTAJE DE PRODUCTORES DE CADA COMUNIDAD QUE UTILIZA FERTILIZANTE ORGÁNICO.....	61
FIGURA 17. PORCENTAJE DE PRODUCTORES POR COMUNIDAD QUE REPORTÓ LA PRESENCIA DE <i>MELANOPLUS SP.</i>	62
FIGURA 18. CARGA ANIMAL EN LOS AGOSTADEROS POR LOCALIDAD	62
FIGURA 19. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO POR COMUNIDAD DE LA PRODUCCIÓN GANADERA.	63
FIGURA 20. COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS DE RESINA POR COMUNIDAD.	64
FIGURA 21. RELACIÓN DEL BENEFICIO/COSTO POR COMUNIDAD Y VALOR MÁXIMO REPORTADO.	64
FIGURA 22. CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL 1995-2007.....	67
FIGURA 23. ÍNDICE DE PERTURBACIÓN DE LAS ZONAS FORESTALES ALEDAÑAS A LAS COMUNIDADES ESTUDIADAS	68
FIGURA 24. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER POR ZONA MUESTREADA.	69
FIGURA 25. PORCENTAJE DE PRODUCTORES QUE REALIZAN ACTIVIDADES ALTERNATIVAS A LOS SISTEMAS CONVENCIONALES.....	70
FIGURA 26. GRÁFICA DE AMIBA QUE INTEGRA LOS RESULTADOS POR INDICADOR.	73
FIGURA 27. CALIFICACIONES DE LOS CASOS ESTUDIADOS SOBRE LOS COMPONENTES PRINCIPALES 1 Y 2.	76
FIGURA 28. GRÁFICO DE LOS PESOS DE LAS VARIABLES EN LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES ..	78
FIGURA 29. GRÁFICO DE DECAIMIENTO DE VALORES PROPIOS (SCREEPLOT).....	79
FIGURA 30. DENDROGRAMA DEL ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS	79
FIGURA 31. FOTOGRAFÍA DE CÁRCAVA EN UNA SUBCUENCA ALEDAÑA A LA MICROCUENCA DE UMÉCUARO-LOMA CALIENTE.....	90
FIGURA 32. FOTOGRAFÍA DE CÁRCAVA EN DONDE SE REALIZAN ACCIONES DE RESTAURACIÓN PARA EVITAR QUE SIGA INCREMENTANDO	90

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COSTOS E INSUMOS POR HECTÁREA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ.....	20
TABLA 2. COSTOS DE LA PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO.	21
TABLA 3. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA CALCULAR LOS ÍNDICES DE PERTURBACIÓN EN LOS SITIOS MUESTREADOS.	23
TABLA 4. USO DEL SUELO EN LA CUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE	36
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS COMUNIDADES ESTUDIADAS.	39
TABLA 6. SUBSISTEMA AGRÍCOLA.	44
TABLA 7. SUBSISTEMA GANADERO (BOVINOS)	48
TABLA 8. SUBSISTEMA FORESTAL.....	52
TABLA 9. TIPOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL DE LA MICROCUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE. GENERACIÓN CON BASE EN TOLEDO <i>ET AL.</i> (2002). .	57
TABLA 10. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA MICROCUENCA.....	58
TABLA 11. ATRIBUTOS, PUNTOS CRÍTICOS, CRITERIOS E INDICADORES PARA LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN RURAL EN LA MICROCUENCA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE.....	59
TABLA 12. MATRIZ DE CAMBIO DEL PERIODO 1995-2007 Y 2007-2019.....	65
TABLA 13. MATRIZ DE CAMBIO DEL PERIODO 1995-2007 EN PORCENTAJES.	66
TABLA 14. PROCESOS DE CAMBIO EN EL PERIODO 1995-2007.....	66
TABLA 15. INTEGRACIÓN DE INDICADORES.....	72
TABLA 16. VALORES DE IMPORTANCIA DE CADA VARIABLE EN RELACIÓN A LOS PRINCIPALES COMPONENTES.....	77
TABLA 17. MATRIZ DE VALORES CARACTERÍSTICOS: APORTE DE CADA COMPONENTE A LA VARIACIÓN TOTAL.....	77

Agradecimientos

Quisiera agradecer especialmente:

Al biólogo Mario Antonio Guevara Santamaría, por haberme acercado a la microcuenca de Umécuaro, por su tiempo y ayuda en el trabajo de campo, por las largas discusiones que ayudaron a darle forma al proyecto y sobre todo por su amistad. Mario, esta tesis la dedico con mucho cariño a tu mamá.

Al Dr. Alberto Gómez-Tagle Ch. del Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales (INIRENA), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por su orientación y asistencia en la generación de los mapas de uso de suelo para el año 2007.

Al Mc. Ignacio Torres García, por su valiosísima experiencia y su ayuda en la realización y análisis de los muestreos de vegetación.

Al Mc. José Antonio Navarrete Pacheco del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la UNAM, Morelia, por su ayuda en la orto-rectificación y creación del mosaico de fotografías aéreas del año 2007.

Al Dr. Alejandro Casas del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) de la UNAM, Morelia, por su valiosa asesoría para realizar el análisis multivariable.

Al Dr. Samuel Pineda Guillermo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por la identificación de *Brachystola mexicana* (Orthoptera: Acrididae), *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae), *Melanoplus sp.* (Orthoptera: Acrididae), *Boopedon sp.* (Orthoptera: Acrididae) e individuos de de la familia Nymphalidae, orden Lepidoptera.

Al Dr. Hugo Zepeda por su ayuda en la realización de los talleres.

A mi asesores, por su apoyo y paciencia y por su valiosa opinión.

Gracias por su ayuda, su voluntad y su confianza en el trabajo. Sin ustedes este proyecto no hubiera sido posible.

También agradezco:

A Zazil, por haberme aguantado y por ser la inspiración de mi trabajo.

A Miza, por haber sido, después de la tormenta, quien más me ha apoyado en este proceso.

A las abuelas, por echarme la mano con la monstrita y por todo el amor que le dan.

A mis herman@, particularmente a Maya, por ser la nana predilecta en este proceso y a América, Blanca y Gabo, por ayudarme en sus tiempos libres y por echarme porras.

A todos mis amigos: Mine, Jimena, Jette, Gabo, Inmo, Thea, Dani, Sandra, Pavel, Coqui, Kanek, Nacho, Mario, Yeni y toda la banda, por acompañarme en este proceso y por aportar a la discusión de los problemas.

A todos mis compañeros de maestría y en especial a Maribel, Marianita y Marianota, Lidia, Yei, Melva, Pati, Paloma, Valeria, Luchito, Ricardo y Juan Carlos, por compartir conmigo su entusiasmo y su trabajo. Al resto de mis compañeros, por su interés en comprender mejor el caos en que vivimos.

1. Introducción

1.1. Los sistemas de producción rural

Los sistemas de producción rural en México son de gran importancia, puesto que en nuestro país alrededor del 30% de la población habita en zonas rurales o se dedica a actividades económicas asociadas con las zonas rurales (Barkin 2009, Com.pers.). Los sistemas productivos que mantienen las poblaciones rurales de México son diversificados, pues hacen un uso múltiple de los recursos naturales y de los diferentes componentes de los ecosistemas, promoviendo la eficiencia en su aprovechamiento (Toledo, 2001). La mayoría de las poblaciones viven en condiciones de marginación política y económica (Solís, 2006), situación que agrava las carencias de recursos productivos y de servicios.

A pesar de esta penosa situación, se reconoce que las poblaciones rurales más marginadas de México y del mundo habitan, paradójicamente, en zonas de alta diversidad natural (*Ibidem*). Observaciones de estudiosos del tema han demostrado que las comunidades rurales y sobre todo las comunidades indígenas han logrado mantener la diversidad y las funciones ecológicas de los ecosistemas de los cuales dependen para su subsistencia (Barkin, 1998; Solís, 2006.). Las relaciones que se han encontrado entre la urbanización, la emigración y el deterioro de los ecosistemas rurales contradice el argumento que culpa a las poblaciones rurales de la degradación de estos sistemas (Barkin, 1998).

En las décadas recientes y sobre todo después de la década de los 70's organizaciones internacionales de comercio tales como el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI) han promovido una reestructuración de las economías de los países del hemisferio sur, impulsando una marcada exclusión de las poblaciones rurales del proyecto modernizador o desarrollista (Barkin, 1998; Márquez, 2006). Una consecuencia evidente de esta re-estructuración es la intensa emigración de las poblaciones rurales a zonas urbanas o a países del hemisferio norte, en donde se enfrentan con una profunda pobreza y baja calidad de vida.

Al tiempo que se ha impulsado esta estructura denominada neo-liberal, se ha pretendido avanzar en la discusión sobre cómo sostener un crecimiento económico que no afecte la base de los recursos, es decir, a los ecosistemas. A partir de la década de los sesenta (aunque las observaciones estuvieron presentes desde el siglo XIX) la discusión sobre el desarrollo y su impacto en el medio ambiente se ha intensificado y modificado, resultando en términos como el *desarrollo sustentable* o *sustentabilidad*. En la conferencia de Bruntland sobre el desarrollo humano se acuñó el término de desarrollo sustentable y a partir de ese momento se ha trabajado en una estrategia para lograrlo, plasmada actualmente en la Agenda 21 de las Naciones Unidas.

Uno de los retos del estudio del desarrollo sustentable es que este paradigma estudia sistemas de múltiples componentes, razón por la cual se hace necesario integrar equipos multidisciplinarios para su estudio. Diversos indicadores y marcos se han desarrollado para estudiar el desarrollo sustentable, mientras que este campo continúa en una evolución constante.

Este estudio pretende plasmar los objetivos de la sustentabilidad en la evaluación de los sistemas de producción rural en la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente. El proyecto es un tanto exploratorio y a pesar de estar enfocado a una zona específica, puede mostrar cierta

generalización sobre la problemática rural en México. Sin embargo, en la región será un referente útil para comparar la situación de la microcuenca con otras microcuencas y subcuencas de la región.

1.2. El sistema de estudio¹

El estudio se enfocará en tres comunidades localizadas en la microcuenca de Umécuaro- Loma Caliente, en Michoacán. Esta cuenca forma parte del sistema regional de la cuenca de Cuitzeo, ubicada entre los estados de Guanajuato y Michoacán. La microcuenca de Umécuaro- Loma Caliente tiene una extensión de 5,917.4 ha y se ubica en el límite sureste entre la cuenca de Cuitzeo y la del Balsas. Las comunidades seleccionadas para este estudio manejan los mismos sistemas de producción, siendo los más importantes la agricultura de temporal, la ganadería extensiva, la extracción foresta y la producción en solares. La mayoría de las familias cuentan con pequeños solares familiares, los cuales proveen un complemento alimentario pero no representan una fuente de ingresos. La producción agrícola es principalmente para autoconsumo, la producción ganadera sirve como una fuente de ingresos en momentos de necesidad monetaria (emergencias médicas u otras situaciones), mientras que la producción de solares provee un complemento alimenticio importante. El único sistema que genera ingresos significativos es la extracción de resina (trementina, llamada resina por los productores). La contribución de cada uno de los sistemas de producción a la economía familiar (la unidad de producción familiar) varía según la zona, teniendo por ejemplo que en las partes más altas en donde las pendientes y el tipo de suelo no permiten un alto rendimiento de la producción de maíz, la extracción de resina juega un papel más importante que en otras zonas de la microcuenca, mientras que en los lomeríos de la comunidad de Umécuaro se presente mayor intensidad en la producción ganadera y la agricultura. En la parte más baja de la microcuenca se presentan las presas de Umécuaro y Loma Caliente, las cuales tienen un volumen de almacenamiento de 2,025, 121.23 m³ (Rendón *et al*, 2007). En las tres comunidades se presenta diferente acceso a recursos tales como el agua, el bosque, las zonas inundables o manantiales, las zonas urbanas y vías de comunicación.

La vegetación original de la microcuenca es el bosque mixto de pino-encino; sin embargo este tipo de vegetación cubre actualmente menos de un tercio de la microcuenca. El uso del suelo principal es la agricultura de temporal, mientras que la presa tiene una importancia moderada en la mayoría de los sistemas, pues pocos pobladores pescan o la utilizan para actividades de ecoturismo. La microcuenca de Umécuaro- Loma Caliente tiene una importancia particular para la población urbana de la ciudad de Morelia. Al ubicarse al sur del municipio, en una zona alta de la cuenca de Cuitzeo, la microcuenca de Umécuaro- Loma Caliente es un área de gran importancia para la captación del agua que suministra a la urbe y a los sistemas productivos en las zonas bajas de la cuenca (SAGARPA, 2006). Se estima que ésta brinda importantes servicios ambientales a las poblaciones urbanas, tales como la captación del agua que alimenta a los acuíferos y a las presas y sistemas productivos que dependen del riego, aguas abajo.

¹ La caracterización extensa de los sistemas estudiados se ofrece en el capítulo 5.

1.3. Justificación

La microcuenca de Umécuaro - Loma Caliente está sujeta a los mismos patrones de deforestación, contaminación de cuerpos de agua y cambio de uso de suelo que el resto de la cuenca de Cuitzeo. Por estar ubicada en una zona de cabecera de la cuenca de Cuitzeo, la microcuenca de Umécuaro- Loma Caliente representa una zona prioritaria para la conservación, pues es allí en donde se capta gran parte del agua para abastecer a la ciudad capital y a los sistemas productivos en las zonas bajas de la cuenca de Cuitzeo. La caracterización y comparación de las formas de manejo de los recursos naturales con fines productivos en esta zona y el conocimiento de la calidad ambiental en la microcuenca, son necesarios para esclarecer la problemática asociada a cada uno de los sistemas productivos y la función ecológica y social que cumplen en el contexto de la microcuenca. Del análisis de esta problemática podrán derivarse propuestas de modalidades de manejo más sustentables en función del papel que juegan estos sistemas en relación con la microcuenca.

1.4. Objetivo general de la investigación

Identificar y caracterizar los sistemas de producción rural predominantes en tres comunidades de la microcuenca de Umécuaro- Loma Caliente y realizar una evaluación comparativa entre estas comunidades para conocer la problemática asociada a estos sistemas. Con base en esta comparación, proponer alternativas para un manejo más sustentable de los recursos naturales adecuadas a las poblaciones y al entorno natural de la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente.

1.5. Objetivos específicos

- ◆ Identificar y caracterizar los diferentes sistemas de producción rural que componen a las unidades de producción rural en la microcuenca y generar una tipología para facilitar su estudio.
- ◆ Realizar un diagnóstico del estado actual de los sistemas de producción rural para definir los factores que limitan el uso sustentable de los recursos naturales.
- ◆ Del análisis resultante de la comparación, proponer modalidades de manejo más sustentables en función de las necesidades y potencialidades de cada sistema y comunidad y de su papel en relación con el resto de la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente, como proveedora de bienes y servicios a la escala de la cuenca de Cuitzeo.

1.6. Hipótesis

Los sistemas de producción rural en la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente presentan diversos grados de uso sustentable de los recursos naturales. La sustentabilidad de los sistemas de producción rural está en función de la capacidad de respuesta que tengan los productores a las presiones económicas, políticas y sociales para modificar su forma de manejar los recursos naturales y sociales. Entre mayor sea la diversidad y el conocimiento de las opciones de uso de los recursos, mayor será la capacidad de los productores para lograr un manejo más sustentable de estos.

2. Marco teórico

2.1. Los sistemas de producción rural

Las comunidades rurales representan en México un porcentaje importante de la población. Según INEGI (2005), cerca del 30% de la población de México habita en comunidades de entre 2,500 y 15,000 habitantes, aunque Barkin (2009. obs. Pers.) observa que este porcentaje es mayor, ya que un gran número de personas que habitan en zonas rurales también se dedica a actividades del sector rural. Así como existe una gran diversidad de comunidades rurales- desde los grupos indígenas que han poblado sus regiones antes de la colonia, hasta las poblaciones que han emigrado y colonizado espacios a partir de la revolución- podemos encontrar en México una inmensa diversidad en el conjunto de estrategias de producción para la subsistencia y el mercado que practican estas comunidades.

Los sistemas de producción rural en México toman diversas formas, reconociéndose por lo general un patrón de aprovechamiento de “amplio espectro” que aprovecha una gran diversidad de recursos a través de múltiples prácticas de manejo. Este modo de aprovechamiento resulta en la máxima utilización de las diferentes unidades del paisaje y los ecosistemas que rodean a las comunidades, promueve el flujo y reciclaje de materiales, energía y residuos, integrando diversas prácticas tales como la agricultura, la extracción de productos maderables y no maderables, la ganadería intensiva y extensiva, la producción de artesanías, el empleo dentro y fuera de la comunidad, el cuidado de solares, etc. De esta forma, las comunidades rurales generan diferentes productos, entre los que se incluyen alimentos, instrumentos domésticos y de labor, materiales para el hogar, medicina, biocombustibles, forraje, entre otros (Cavendish, 2001 en Solís, 2006; Toledo, 2001).

Algunas características generales de las condiciones de vida de las familias rurales de México y el mundo son: la baja disponibilidad de capital a la que se enfrentan, su vulnerabilidad a riesgos (climáticos, precios de los cultivos, etc.) y los bajos niveles de educación formal y acceso a servicios de salud (Browder, 1992, Padoch 1992, Cavendish, 2001 citados en Solís, 2006). Un gran número de comunidades rurales en México y el mundo son comunidades indígenas o de sus descendientes mestizos. En 1991 la FAO estimaba que el 45% de la población del mundo se dedicaba a la agricultura. Del 80% al 60% de esta población se dedicaba a la producción en baja escala (áreas de menos de 5 ha) en unidades de uso múltiple de los recursos basado en insumos de energía solar (Toledo, 1990 citado en Toledo, 2001). Se reconoce que la diversidad cultural, es decir, la gran variedad de grupos étnicos que existen en las zonas rurales del mundo, está estrechamente vinculada a la diversidad biológica (Laird, 2002); de igual manera, se observa que la biodiversidad a menudo es mayor en áreas en las que las poblaciones locales son económica y políticamente marginadas (Dove, 1996 citado en Laird, 2002). En México observamos una relación importante entre la presencia de estas comunidades y zonas de alta diversidad: cerca de 30,000 comunidades rurales están localizadas en los 10 estados con mayor biodiversidad de México (Toledo, 1990, citado en Toledo, 2001).

Otra observación importante sobre las comunidades rurales es que la capacidad tecnológica y científica del mundo se distribuye en gran medida en proporción inversa a la diversidad biológica (Macilwain, 1998 citado en Laird, 2002). Esto está estrechamente relacionado con el concepto de apropiación de la naturaleza ampliamente discutido por Toledo *et al.* en *La Modernización Rural*

de México (2002), libro en el cual los autores discuten y proponen la idea de que las comunidades campesinas, por sus prácticas de manejo de los ecosistemas, generan procesos de degradación ecosistémica reducidos cuando se les compara con las poblaciones industrializadas. El impacto que estas últimas tienen se debe en parte a los medios y tecnología de producción que emplean.

Según Toledo (2002), lo rural opera “como una dimensión estratégica entre el mundo de la naturaleza” y el mundo de las ciudades y la industria. La forma en que se organizan las sociedades humanas determina el grado de transformación de la naturaleza, la cual a su vez va modificando la forma en que éstas se configuran. La importancia que toma cada una de las actividades que componen a los sistemas de producción rural (agricultura, ganadería, explotación forestal, recolección, pesca, etc.) depende de factores tales como el acceso y disponibilidad de los recursos, el conocimiento que tienen las comunidades sobre sus recursos y su uso potencial, el tiempo que haya vivido una comunidad en un determinado lugar, la proximidad a las zonas urbanas y vías de comunicación y a mercados de trabajo, entre otros factores.

Ha sido un lugar común culpar a las comunidades rurales e indígenas por el deterioro ambiental, arguyendo que su falta de educación y la pobreza a la que se enfrentan, entre otros factores, empujan a estas comunidades a hacer un uso inadecuado de sus ecosistemas, degradándolos. Empero, la degradación que generan los sistemas productivos de las zonas rurales está estrechamente ligada a dinámicas poblacionales, políticas, culturales y económicas de las zonas urbanas (Barkin, 1998). A pesar de que algunos académicos aseveran que el desarrollo económico (sea cual fuere su forma) “fomenta la emigración del campo a la ciudad, disminuye el crecimiento demográfico y sostiene una agricultura más productiva, todo lo cual debería disminuir la sobreexplotación del bosque como fuente de medios de subsistencia” (Godoy y Bawa, 1993, citado en Cunningham, 2001:72), en la realidad se observa una relación causal de la urbanización con la reducción de la biodiversidad, la creciente venta de recursos tales como leña, carbón y plantas medicinales, entre otros. En estos casos la urbanización ha tendido a incrementar la demanda de recursos vegetales silvestres, al tiempo que ha activado un comercio que estimula la sobreexplotación (Cunningham, 2001:73).

En México como en otros países de Latinoamérica ha existido un desarrollo desigual de sus diferentes regiones y poblaciones, haciendo posible encontrar en países como México *economías de subsistencia* que a pesar de mantener una relación con las economías de mercado, se circunscriben al “hermético circuito” del mercado local según Schejtman (1999). Lo que llegan a comercializar las economías campesinas en el mercado local no es un excedente económico, sino una fracción variable de la producción de subsistencia (García, 1970:317; Schejtman 1999). Esta incapacidad de sostenerse dentro de una economía de mercado es solo uno de los síntomas consecuentes de lo que a lo largo de las últimas décadas han promovido organizaciones internacionales tales como el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI) como la vía al desarrollo. A lo largo de los años 70 y 80, diversas políticas macroeconómicas de “ajuste estructural”, por ejemplo, la entrada de México al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros (General Agreement on Tariffs and Trade, GATT) en 1986, han impulsado la “desregulación” del comercio agroalimentario y la importación de grandes cantidades de alimentos y materias primas a precios por debajo de los nacionales.

La dinámica del “dumping” o desechado de artículos producidos bajo subsidio de los gobiernos primermundistas ha generado condiciones de desigualdad comercial en las que los pequeños productores de países como México se encuentran en completa desventaja².

Otras de las notorias reformas que se han dado a través del mundo en desarrollo son aquellas pertinentes a la tenencia de la tierra. En México la reforma al artículo 27 constitucional ha promovido la concentración de la tierra en manos de grandes propietarios con el argumento de incrementar la competitividad y “legalidad” de la producción rural (Barkin, 1998). Experiencias en todo el mundo, particularmente países del sur de África y más recientemente países de Latinoamérica, han demostrado que estas políticas no han sido capaces de confrontar el poder económico y político de los grandes propietarios, ni han podido satisfacer la necesidad de tierra de las poblaciones pobres rurales y de los sin tierra (Lahiff *et al.*, 2007).

Una de las estrategias que han adoptado los pobladores rurales es el apoyarse en el empleo fuera de sus comunidades y sus unidades de producción familiar. La existencia de mercados locales de trabajo ha permitido a las comunidades rurales obtener ingresos que complementan la producción de subsistencia (Szasz, 1990). La emigración hacia las grandes ciudades o al extranjero permite que los pobladores rurales de México continúen reproduciendo sus sistemas de producción, recibiendo remesas que pueden ser empleadas para obtener insumos importantes para la producción (Márquez, 2006). Para organizaciones tales como el Banco Mundial esta dinámica migratoria representa una de las cinco vías posibles para reducir la pobreza rural; en su último “Reporte del Desarrollo Mundial” (World Development Report) editado en 2008 el BM propone que para dejar la pobreza, las poblaciones rurales del mundo deben emigrar o diversificar sus actividades a través del empleo fuera de sus comunidades (Veltmeyer, 2008).

En el discurso oficial del desarrollo (BM, FMI, Otros), la emigración se ha visto como una fuente de recursos para las poblaciones rurales. Sin embargo se ha observado que en algunas regiones de México el aporte de las remesas a la producción agropecuaria es de apenas 5% de lo que se recibe, mientras que el 95% se emplea para satisfacer necesidades alimentarias, de educación y vivienda (CEPAL, 2000), hecho que contradice el discurso oficial que concibe a este recurso como la vía para que las comunidades rurales salgan de la pobreza. La relación entre la recepción de remesas y la calidad ambiental se ha estudiado en zonas rurales de varios países del mundo. Estos estudios revelan que las remesas pueden tener impactos adversos y positivos. Por un lado puede reducir la vulnerabilidad de las familias antes riesgos y cambios en factores económicos o climáticos; por el otro, se ha observado que las remesas incrementan la desigualdad económica entre hogares al limitar el acceso de los pobladores más pobres a los recursos y la degradación ambiental, sobre todo cuando las remesas se designan a la intensificación en el uso de los recursos a través de sistemas tales como la acuacultura (Adger, 2000; Adger *et al.* 2002) o la producción de hortalizas o frutales.

² El “Dumping” se define la práctica de vender productos a un costo menor al de producción. En general cuando organizaciones tales como Food First Institute o el Institute for Agriculture and Trade Policy hablan del “Dumping” se refieren a la práctica de naciones como Estados Unidos de exportar productos excedentes a precios por debajo de los precios de producción en países en desarrollo. En México, por ejemplo, se importan miles de toneladas de maíz amarillo- utilizado como alimento de ganado- a un precio menor al del costo de producción de ese mismo producto en México. Esto provoca que los consumidores opten por comprar el producto más barato, a pesar de que los productores locales no puedan vender su producto en ese mismo mercado (Holt-Giménez y Peabody, 2008; Institute for Agriculture and Trade Policy, 2004).

Una de las grandes necesidades de las comunidades rurales que reciben remesas es la capacidad de auto-organizarse para aprovechar sus remesas de manera colectiva para generar infraestructura productiva que les permita ser más autosuficientes. Sin embargo, la mayoría de la población en edad laboral prefiere emigrar que buscar opciones dentro de una atmósfera de hostilidad hacia lo rural (Barkin, 1998).

La emigración también ha inducido el “despoblamiento” de las zonas rurales (Márquez, 2006), coadyuvando a la concentración de la tierra en manos de pequeños propietarios que aprovechan el hecho de que la gente prefiera emigrar y venda sus tierras para poder realizar este “sueño”. Esta dinámica va de la mano con la intensificación en el uso de la tierra a través de sistemas de producción intensificados ya mencionados (Adger, 2002; Cochet *et al.* 1988, 2001) las cuales aportan a la degradación ambiental a través del uso excesivo de agua, productos agroquímicos e implementos mecánicos (Barkin, 1998). Por tal razón, la emigración y la dependencia en las remesas puede ser un indicador importante de la reducción de la “resiliencia” social³.

No es posible generalizar sobre la situación de las comunidades rurales del mundo, pues podemos encontrar un gradiente de tipos de aprovechamiento de los ecosistemas y de dinámicas sociales que contribuyen a la conservación de los recursos o coadyuvan a su deterioro. En México por ejemplo, la permanencia a través de los siglos de las comunidades rurales (indígenas y mestizas) es un indicio de su sustentabilidad, posibilitada en gran parte por sus estrategias de uso diversificado de los recursos (Barkin, 1998) y por su capacidad de auto-organizarse para gestionar sus recursos (*Ibidem*, Ramírez, 2001).

Sin embargo, es evidente que los sistemas de producción que hacen un uso inadecuado de los recursos naturales renovables y no renovables, entre los que se nombran principalmente a la agricultura, la ganadería y la producción forestal, están teniendo un impacto que no está restringido a los lugares en donde se realizan, sino también impactos a escala global. Impactos tales como el empobrecimiento de la cobertura forestal, el deterioro de los suelos, la afectación a acuíferos y la reducción de la biodiversidad, provocan cambios micro y mesoclimáticos que al combinarse con fenómenos de origen urbano e industrial están promoviendo fenómenos de cambio climático a escala global (Toledo, 1999; PNUMA, 2002), los cuales afectan en una multitud de formas las condiciones ambientales y sociales a escalas locales y regionales. En este contexto, está cada vez más claro que el manejo de los recursos naturales debe realizarse desde una perspectiva de sustentabilidad.

2.2. Desarrollo sustentable y manejo de recursos naturales

El concepto de sustentabilidad está ligado estrechamente al de desarrollo sustentable, el cual ha evolucionado a lo largo de las últimas tres décadas, particularmente en los años que siguieron al informe de la Comisión Bruntland conocido como *Nuestro Futuro Común* en 1987 (PNUMA, 2002). El siglo veinte fue testigo de preocupaciones sobre la degradación del medio ambiente que habían sido expresadas desde un siglo antes por estudiosos como Svante Arrhenius, quien observó el fenómeno del efecto invernadero en 1886, pero cuyas observaciones no habían logrado hacer eco en la sociedad. Fue hasta los años sesentas del siglo XX que autores como

³ Adger, (2000:357) argumenta que la migración representa, en la mayoría de las situaciones, una manifestación de la vulnerabilidad a la cual está sujeta una población.

Rachel Carson y Richard Hardin publican dos importantes obras, “La Primavera Silenciosa” en 1962 y “La Tragedia de los bienes comunes” en 1968, en donde se develan claramente problemas relacionados con la contaminación del agua y el aire, la sobrepoblación y la degradación de los recursos comunes tales como los bosques. Por otro lado, en 1972, el grupo de científicos, economistas, educadores y otros intelectuales autonombrados “El Club de Roma” sugieren en su obra *The Limits to Growth* la idea de que no puede existir un crecimiento económico ilimitado, pues éste está restringido por el medio ambiente (*Ibidem*).

En los años setenta la preocupación por los efectos de la contaminación en la salud humana y el medio ambiente se sentía con gran fuerza en países como Suecia o Estados Unidos, sin embargo, los países del este de Europa daban más importancia al proceso de industrialización que estaban experimentando, mientras que en los países del hemisferio sur, la preocupación por el ambiente se consideraba un lujo, ya que el mayor problema de esos países tenía que ver con la pobreza, pues era ésta considerada “la peor forma de contaminación” (Indira Gandhi, citada en PNUMA, 2002: 2).

En 1972 se organizó bajo el auspicio de la Organización de las Naciones Unidas la primera conferencia en torno al ambiente humano como respuesta a las demandas y estudios ya mencionados. La meta principal de esta conferencia fue emitir una declaración internacional que inspirara a los hombres a vivir en armonía con sus semejantes y con el ambiente. En esta conferencia se emitió una declaración de principios y un plan de acción con diez recomendaciones. La declaración de Estocolmo constituyó la primera “legislación blanda”, y expresaba el derecho de los seres humanos a llevar una vida digna en un medio ambiente de calidad. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) fue otro de los productos de esta conferencia (PNUMA, 2002). La estrategia mundial para la conservación lanzada por el IUCN (Unión Mundial para la Naturaleza) en 1980 exponía que los problemas ambientales son sistémicos, lo cual hace necesaria la cooperación de todos los sectores de la sociedad en todos los países para resolverlos (PNUMA, 2002). Como respuesta a estas presiones internacionales, México promovió la Ley Federal de Protección al Ambiente en 1982, la cual daba poder al gobierno para cerrar industrias que no instalaran equipos de control de contaminación. En la administración de Miguel de la Madrid se creó la primera dependencia ambiental dentro del gabinete, la Secretaría de desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) en 1984, como respuesta a severos accidentes generados por la empresa PEMEX (Simonian, 1999).

A pesar de que para muchos intelectuales y conocedores del ambiente era evidente la relación entre la actividad económica y el deterioro ambiental, debían sustentar sus argumentos con evidencias científicamente demostradas. Para esto se estableció en 1983 la Comisión Mundial para el Ambiente y el Desarrollo (WCED) también conocida como la Comisión Bruntland, la cual se encargó de realizar consultas y conferencias en diversos países para producir un informe formal de sus hallazgos. El informe conocido como *Nuestro Futuro Común* definió al desarrollo sostenible como aquel que “... satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas”. La Comisión Bruntland resaltó problemas novedosos de la época, como el calentamiento global y el adelgazamiento de la capa de ozono. Sin embargo, puso en evidencia las grandes deficiencias en torno a la capacidad de las instituciones científicas para evaluar el impacto ambiental (PNUMA, 2002).

La década de los noventa fue una de las más importantes en la discusión sobre el desarrollo sustentable. En La Cumbre para la Tierra de las Naciones Unidas, realizada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992, se profundizó esta discusión con la participación de alrededor de 30,000 asistentes entre los que estaban 176 gobiernos, miles de delegados y 1,400 organizaciones no gubernamentales. Algunos de los productos de esta cumbre fueron la Declaración de Río sobre el Ambiente y el Desarrollo, el Programa o Agenda 21 y La Comisión sobre el Desarrollo Sostenible. El Programa 21 ha sido un documento de gran importancia, ya que se utiliza actualmente en gran parte del mundo para promover una gestión del ambiente que genere las condiciones para el desarrollo sustentable.

Una década después se reafirman los conceptos y temas ya discutidos en Estocolmo y la Cumbre de Río en la Cumbre de Johannesburgo; en ésta última el concepto de globalización toma un lugar principal en la discusión sobre el desarrollo sustentable. Según la Declaración de la Cumbre de Johannesburgo (ONU-CDS, 2002), la globalización ha agregado una nueva dimensión a los problemas ambientales, de pobreza y subdesarrollo e inequidad en la distribución de la riqueza. “La rápida integración de los mercados, la movilidad del capital y los apreciables aumentos en las corrientes de inversión en todo el mundo han creado nuevos problemas, pero también nuevas oportunidades en la consecución del desarrollo sustentable (ONU-CDS, 2002:9).

Aunque las definiciones del desarrollo sustentable no coinciden en muchos de sus preceptos, existe el acuerdo de que éste debe incluir a las esferas social, económica y ambiental (Bray, 1994; Gallopin, 2001, 2003, 2006; 2004; Masera *et al.*, 2000b). La sustentabilidad de la esfera social se refiere al mantenimiento del bienestar de los seres humanos e incluye aspectos como educación, salud, alimentación, seguridad, información y cultura; la sustentabilidad económica aspira al uso eficiente de los bienes y servicios y a su distribución equitativa; estas dos esferas no pueden mantenerse si sobrepasan los límites (capacidad de carga) del universo biofísico que los sustenta.

Bajo esta visión, la sociedad humana como parte importante del socio-ecosistema debe existir y reproducirse sin afectar la capacidad de reproducción del componente biofísico del sistema socio-ecológico. Esto requiere de formas ecológicamente adecuadas de apropiación de los recursos naturales (renovables y no renovables) fundamentadas en el principio de que la tasa de cosecha de los recursos no debe exceder la capacidad de regeneración de los ecosistemas que se cosechan (Toledo, 2004), y que la tasa de generación de residuos no debe exceder la capacidad de asimilación de los ecosistemas (Guimarães, 2001 citado en da Costa, 2006).

Existen diversas categorías de manejo o apropiación de los recursos naturales, cada una con un grado de impacto asociado dependiendo del grado de modificación de los sistemas que ésta implique. Norman L. Christensen (1996) propone que los ecosistemas se pueden manejar a través de actividades de *aprovechamiento, conservación, restauración y ordenamiento*. La conservación es la actividad por medio de la cual se hace un uso racional que asegure la permanencia de una forma original o poco modificada del recurso dentro o fuera del ecosistema donde se originó. Por otro lado, cuando se hace un manejo con el objetivo de restaurar los recursos, se pretende que los recursos que han sido modificados hasta un punto en que han perdido su función ecológica, puedan, después de esta restauración, recuperar su capacidad de cumplir esa función u otro objetivo de manejo (*Ibidem*). Por último, el ordenamiento de los recursos es una manera de organizar el aprovechamiento, la conservación o restauración en el espacio y el tiempo, de forma que estas actividades puedan realizarse de acuerdo con las

necesidades y capacidades de los ecosistemas y de las sociedades que de ellos dependen (Casas, 2007, información personal; Giampietro, 2001).

La mayoría de los sistemas productivos de los cuales depende el hombre - incluyendo los sistemas de producción rural- están embebidos dentro de ecosistemas que están interconectados en escalas temporales y espaciales que sobrepasan los límites de cualquier autoridad de gestión. Un ecosistema es “una comunidad biótica y su ambiente abiótico funcionando como un sistema” (Smith y Smith, 2001). De los ecosistemas obtenemos no solamente bienes de valor económico y monetario; obtenemos además servicios que por lo general no tienen un valor económico inherente pero que son de gran importancia para la humanidad y la vida en el planeta: la producción de agua potable y aire limpio, la regulación del clima local y global, o la belleza escénica están entre la multiplicidad de beneficios y servicios que nos otorgan los ecosistemas. A pesar de que dependemos fuertemente de sistemas intensivamente manejados, éstos dependen fuertemente de una matriz de sistemas con menor grado de manejo (Christensen, 1996; Holling, 2001).

El *manejo de ecosistemas* tal y como lo define Christensen (1996,1997), implica “el manejo guiado por objetivos explícitos, y ejecutado por medio de políticas, protocolos y prácticas basados en nuestro mejor entendimiento de las interacciones y procesos ecológicos necesarios para mantener la función y estructura de los ecosistemas” (*Ibidem; traducción propia*). Este marco teórico reconoce además la importancia de contar con *modelos claros* que representen las dinámicas de los ecosistemas, al tiempo que reconoce que la *biodiversidad*, las *dinámicas de cambio* y la *interacción entre especies y ecosistemas* son componentes clave del manejo y deben enmarcarse dentro de una *escala espacial y temporal* en la cual se reconoce a la *incertidumbre* como un elemento que afecta a los ecosistemas de forma determinante. Concede de igual forma un papel clave a la *humanidad* como componente de los ecosistemas que tiene un fuerte impacto sobre éstos.

Los sistemas de manejo de recursos naturales (SMRN) son sistemas que poseen estructuras jerárquicas, que están divididos en subsistemas y al mismo tiempo forman parte de otros sistemas (suprasistemas) (Holling, 2001; Clayton, 1996; Gallopín, 2003). La escala de estudio de un SMRN es de gran importancia, pues ésta nos permite definir su extensión ya sea en términos espaciales o temporales. El estudio multi-escalar de los SMRN es un paso indispensable en el diseño de alternativas para un manejo sustentable; los objetivos del manejo de un SMRN pueden variar según los actores involucrados y su concepción de los SMRN de los cuales obtienen bienes y servicios. Mientras que algunos actores a una escala pueden estar preocupados por mantener la productividad de los ecosistemas de los cuales se obtienen servicios ambientales en una cuenca hidrológica, otros actores en una menor escala, digamos, la unidad de producción familiar dentro de una comunidad en el parte-aguas de esta cuenca, puede tener como mayor preocupación el incrementar el rendimiento del cultivo del maíz en el corto plazo. La evaluación multi-escalar de la sustentabilidad de los SMRN debe ser capaz de captar la complejidad asociada con las metas y objetivos de los diferentes actores en diferentes escalas (Astier, en prensa).

2.3. Marcos de evaluación de la sustentabilidad de los SMRN

Diversos marcos se han generado para evaluar la sustentabilidad de los SMRN. El objetivo de los marcos de evaluación de sustentabilidad es, según López-Ridaura (en prensa), el de dotar de un marco conceptual para la derivación de indicadores específicos. Entre los marcos que se han

generado para la evaluación de la sustentabilidad están el marco *Presión- Estado-Respuesta* (desarrollado por la OCDE) y el Marco para la Evaluación del Manejo Sustentable de la Tierra (FESLM por sus siglas en inglés, FAO, 2001) y otros marcos enfocados en la Sustentabilidad Ambiental (Yale Center for Environmental Law and Policy, 2005) y Vulnerabilidad Ambiental (SOPAC, 2005).

En el marco *Presión-Estado-Respuesta* de la OCDE (2000) las *fuerzas inductoras o impulsoras* se relacionan con las decisiones que se toman sobre las prácticas de manejo de un sistema, mientras que las *respuestas* se relacionan con las reacciones de los actores de la cadena de producción o de manejo, así como con las nuevas políticas públicas, los instrumentos financieros y las respuestas de mercado (ISTAT, 2001). Este marco es de gran utilidad para conocer las acciones que están generando una condición no sustentable y las acciones y políticas que se están llevando a cabo para lidiar con esa problemática ambiental.

En el FESLM se evalúan cinco pilares (equivalentes a los atributos mencionados anteriormente): el mantenimiento y fortalecimiento de la productividad, la reducción de riesgos, el fortalecimiento de la calidad ambiental, la viabilidad económica y la aceptabilidad social (Dumanski, 1998; FAO, 2001). El FESLM se enfoca en el estudio del manejo de la tierra y pretende conectar todos los aspectos del manejo con las condiciones ambientales, económicas y sociales que interactúan y que determinan, de forma colectiva, la sustentabilidad de esas prácticas de manejo. Una característica importante del FESLM es que una vez que se ha evaluado la sustentabilidad del uso de la tierra, se debe dar un seguimiento a las propuestas para mejorar ese uso y, en el caso de que se encuentre que el uso no es apropiado, implementar nuevas formas de manejo, reiniciando el ciclo de evaluación.

El ESI (Yale Center for Environmental Law and Policy, 2005) es un indicador a escala mundial sobre la sustentabilidad de las políticas y acciones de los gobiernos y de las sociedades de cada nación para lograr el objetivo de la sustentabilidad. El ESI se centra en la comparación de 21 indicadores de sustentabilidad, derivados de 75 variables a nivel de cada nación. Se basa en el marco *Presión-Estado-Respuesta*, a través del cual y con la ayuda de pruebas estadísticas, se seleccionaron los 21 indicadores a estudiar. Una de las debilidades del ESI es la falta de incorporación de las variables sociales en el análisis de la sustentabilidad ambiental.

El EVI (Environmental Vulnerability Index) fue desarrollado por la South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC, 2005) para evaluar la sustentabilidad de pequeños estados isleños en desarrollo. El EVI comenzó evaluando justamente aquellos lugares que el ESI había dejado fuera de su evaluación, ya que mientras que uno de los criterios del ESI fue excluir países de menos de 100,000 habitantes o con un área de menos de 5 000 km², el EVI estudió países isleños con poblaciones y áreas reducidas. Actualmente el EVI incorpora a más de 200 países, manteniendo un enfoque regional en las islas del Pacífico. De manera similar al ESI, el EVI se enfoca en el análisis de la sustentabilidad ambiental de los países. Utiliza una escala de 1 a 7, siendo la más alta el mayor grado de vulnerabilidad ambiental. El EVI basa su evaluación en las relaciones y retroalimentaciones y pretende conocer factores de alta vulnerabilidad. Los indicadores que utiliza el EVI se enfocan en la medición o conocimiento del peligro, resistencia y daño. El EVI también pretende conocer el grado de resiliencia del sistema.

En el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad propuesto por Masera *et al.* (2000b), una parte elemental de la evaluación es la comparación con un sistema alternativo, o una comparación con el mismo sistema en un lapso de tiempo determinado. En el MESMIS se parte de la premisa de que la sustentabilidad se define a partir de los atributos de sustentabilidad mencionados anteriormente, siendo éstos la estabilidad, la confiabilidad, la resiliencia, la adaptabilidad, la equidad y la autodependencia o autogestión. Este marco promueve una evaluación participativa e interdisciplinaria, que integre a los actores internos y externos. Además, propone una secuencia iterativa de evaluación (ciclos de evaluación) que permite redefinir los objetivos del sistema y de la evaluación para cada nuevo ciclo. El MESMIS está basado en gran medida en el FESLM, sin embargo incorpora la idea de la comparación entre sistemas como una forma de establecer un contexto sobre el cual basar la ponderación de los indicadores.

Además de los marcos revisados anteriormente, existe un gran número y variedad de marcos que evalúan la sustentabilidad ambiental, del bienestar humano, de la organización política e institucional y económica desde regiones tales como la Unión Europea hasta escalas locales (Para más información consultar el reporte de la ONU-CSD, 2002). El reporte de la CSD sobre la agregación de los índices de sustentabilidad concluye que uno de los principales problemas que atañen a estos marcos es la valoración y agregación de los indicadores que los componen. Según este escrito, la mayoría de los reportes oficiales de estos marcos proporcionan poca o nula información sobre los métodos de ponderación y agregación de los indicadores. El reporte sugiere varios métodos de ponderación de los indicadores entre los que están el análisis multicriterio (tales como el trabajado por el panel de Delphi), las encuestas poblacionales para ponderar índices, o el uso de información y referencias internacionales, tales como las convenciones de la cumbre de Río de 1992 o el Protocolo de Montreal de 1987 sobre Sustancias que Dañan la capa de Ozono. Se ha avanzado un largo trecho en la evaluación de la sustentabilidad, pero como estos marcos y sus reportes lo evidencian, no se ha logrado convenir en una forma adecuada para medir la sustentabilidad.

2.4. Indicadores de sustentabilidad

Según Dumanski (1998), la sustentabilidad es un concepto sin significado alguno a menos que se cuente con indicadores y sistemas de monitoreo para registrar el rendimiento o actuación de los SMRN para lograr el objetivo de sustentabilidad. En esta línea, Gallopín (2001) sugiere para el estudio de la sustentabilidad de un sistema el establecer, como un paso inicial, de qué tipo de sustentabilidad se está hablando, es decir, preguntarse *¿La sustentabilidad de cuál sistema se está estudiando?* Ésta pregunta surge de la dificultad de estudiar la totalidad de un sistema socio-ecológico y de la necesidad de acotar el estudio a un subsistema o grupo de subsistemas.

Los indicadores son herramientas útiles para medir o describir aspectos particulares en un estado específico o en un marco dinámico de tiempo, permitiéndonos integrar información compleja (ISTAT, 2001; von Wirén-Lehr, 2001). En la última década se han desarrollado diversos indicadores o índices para evaluar la sustentabilidad, tales como los índices agregados (Huella Ecológica, Índice de Desarrollo Humano, Índice de Sustentabilidad Ambiental. WWF, 2005; Global Footprint Network, 2005; UNDP, 2004 citados en Pintér, 2005); indicadores titulares como los reportados por la OCDE y el Banco Mundial (Pintér, 2005) o los indicadores guiados por metas, tales como los incluidos en las Metas de Desarrollo del Milenio (Millenium Development Goals) (Pintér *et al.*, 2005).

Las formas en que se evalúan los indicadores, sobre todo los ambientales, pueden seguir dos métodos: Los primeros se basan en variables “medidas” o cuantificadas mientras que los segundos evalúan un sistema por medio de las prácticas de manejo, asignando “puntos” positivos a las prácticas que tengan un impacto positivo en la salud del sistema biofísico y puntos negativos a las prácticas que conllevan a su deterioro. En esta visión, son los gestores o tomadores de decisiones quienes asignan los valores a las variables en cuestión (Nambiar *et al.*, 2001).

Otra forma de medir indicadores es hacer uso de “límites” (thresholds) o estándares, tales como las normas de calidad del agua, o la profundidad del suelo (Hermann, 1999; Gallopín, 2006). Una forma de definir un límite es considerarlo como el momento en el cual un cambio significativo ocurre en el nivel de un indicador como respuesta a otro factor del sistema, o cuando los niveles de un indicador arriban a un punto en el que el cambio ya no es reversible (Smyth y Dumanski, 1993). Todos estos valores deben determinarse cuidadosamente en relación con el contexto socioambiental.

En la generación del extenso conjunto de indicadores para evaluar la sustentabilidad, uno de los mayores obstáculos ha sido la integración de la dimensión temporal (Meadows, 1998). Muy pocos indicadores han logrado integrar la dimensión temporal de manera operativa. Algunos de los métodos que se han utilizado para comprender y analizar la dimensión temporal de los sistemas agrícolas son los estudios tendenciales que nos permiten predecir las condiciones con base en la probabilidad. Algunos estudiosos han pretendido responder a esta pregunta monitoreando cambios en un largo periodo de tiempo en campos experimentales tal como el de Rothamsted, Inglaterra. Otros esfuerzos recomiendan que el estudio de la variación se enmarque en escalas temporales y espaciales específicas, dentro de las cuales se logre conocer, con menor grado de incertidumbre, la variación natural (Smyth y Dumanski, 1993).

2.5. La cuenca hidrográfica como unidad funcional y de estudio.

Como se menciona anteriormente, la delimitación de la escala espacial y temporal del estudio es de gran importancia pues nos permite trabajar con un marco simplificado de las relaciones, factores y actores involucrados en el manejo de los recursos naturales. Sin embargo, es importante que los indicadores puedan ligar procesos que se presentan a diferentes escalas espaciales y temporales dentro de los límites designados, es decir que nos permitan realizar un análisis multi-escalar.

Una herramienta de gran utilidad para el estudio de los SMRN en su dimensión espacial multidimensional es la cuenca hidrográfica. Una cuenca hidrográfica se define en el sentido hidrológico como la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que toda la escorrentía originada en tal área es descargada a través de una única salida (Campos, 1992). La importancia del enfoque que toma a la cuenca hidrográfica como unidad de planeación y manejo de los recursos naturales radica, principalmente, en que en la cuenca se presentan condiciones de unidad geográfica natural que son específicas a ésta. Entre las características de una cuenca están: su carácter de independencia relativa dada por sus límites bien definidos y la dinámica funcional integrada, resultante de los intercambios de materia y energía que surgen principalmente de los componentes del clima y el agua (González, 2004; Heathcote, 1997).

Las cuencas se consideran unidades apropiadas para el manejo integral del agua y otros recursos naturales por varias razones. Según Dourojeanni (2002), las características físicas del agua generan un alto grado de interrelación e interdependencia entre los usos y usuarios de agua en una cuenca. Estas relaciones producen una interrelación fundamental entre el agua, los sistemas físico y biótico y el sistema socioeconómico. Así, el manejo de cuencas es una acción de desarrollo integral para aprovechar, proteger y conservar los recursos naturales de una cuenca, teniendo como fin la conservación y/o mejoramiento de la calidad medioambiental y los sistemas ecológicos (Guimarães, 2001).

3. Metodología

Para la realización de este proyecto se eligió trabajar con el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS, *Masera et al.* 2000b). Este marco presenta una secuencia clara de pasos y permite suficiente flexibilidad para poder adecuarlo a los sistemas que se estén estudiando. El MESMIS, como el FESLM, son marcos adecuados para el estudio de sistemas a escalas locales o regionales. En su realización enfatizan la importancia de conocer el contexto de los sistemas y de definir la problemática a estudiar con la participación de los actores involucrados, lo cual les confiere importancia particular como marco para la evaluación de la sustentabilidad de los SMRN a escala local y regional. Su enfoque regional/local es una de las principales razones por las cuales se seleccionó este marco y no a otros como el ESI (Yale Center for Environmental Law and Policy, 2005) o el EVI (SOPAC, 2005), cuyas diferencias fueron ya discutidas anteriormente.

Este estudio siguió la secuencia sugerida por el MESMIS. Para cada uno de los pasos se ofrece una descripción detallada de los métodos involucrados en su realización.

Paso 1. Definición del objeto de evaluación

Para realizar la caracterización de los sistemas estudiados se hizo una extensa revisión bibliográfica. En la caracterización fue necesario hacer una descripción detallada de:

- ¹ Los componentes físicos y bióticos de los sistemas (tipos de suelos, hidrología, climas, tipo de vegetación, etc.).
- ¹ Los insumos, prácticas de manejo y productos necesarios para sustentar a los sistemas productivos.
- ¹ Las principales características socioeconómicas de los productores y las organizaciones a las cuales pertenecen.

Para obtener esta información se recurrió a los siguientes métodos de investigación:

1. Cuestionarios

Se implementaron 34 cuestionarios con productores de las cuatro comunidades estudiadas. Se asumió que cada productor representa a una familia. El total de los entrevistados representa el 21% de los hogares de las tres comunidades (157 en total). La selección de los entrevistados y cuestionados se basó en el juicio de la autora, con base en lo sugerido por Cunningham (2001), pretendiendo obtener una muestra amplia de la población, que representara no solamente el promedio de los productores, sino las situaciones que divergen de la media.

Los cuestionarios integran preguntas sobre aspectos socioeconómicos y de manejo de cada sistema. Se integraron a su vez preguntas sobre la perspectiva de los productores sobre temas ambientales y de distribución de los recursos. Habiéndose terminado de implementar los cuestionarios, se aplicaron dos cuestionarios más, uno enfocado al manejo de los solares y el otro a la extracción de resina. En el caso de los solares, la información que se analiza más adelante se basa en lo mencionado por los encuestados. No realizamos muestreos de los solares. Los cuestionarios aplicados se muestran en el Anexo I.

2. Entrevistas semiestructuradas

Se realizaron diez entrevistas semiestructuradas con personas clave y otros miembros de las comunidades (presidentes del comisariado ejidal, encargados del orden, líderes resineros, maestros, etc.). A través de las entrevistas se pretendió conocer el contexto general de los sistemas de producción en cada comunidad.

3. Asistencia a asambleas ejidales para realizar entrevistas grupales

A través de la asistencia a tres asambleas ejidales conocí personalmente la forma en que están organizados los ejidatarios, el tipo de aspectos que se tratan en las asambleas y otras cuestiones de interés, tales como la asistencia a estas reuniones. Además, aproveché estas reuniones para preguntar acerca de su perspectiva sobre los sistemas productivos, su valoración de los sistemas, si son eficientes, si están degradados, etc.

4. Recorridos de campo y observación participante

Acompañé y ayudé a los productores en algunas labores de la producción agrícola (cosecha, siembra), esto con el fin de observar y vivir de cerca las labores en la producción agrícola.

5. Visitas a instituciones de gobierno estatal y federal

Con el fin de obtener información oficial sobre la zona y los sistemas de producción, se visitaron las siguientes instancias de gobierno:

- ◆ Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM) para información sobre rendimientos forestales, planes de manejo y estudios de uso de suelo
- ◆ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales y Pesca (SAGARPA) para información sobre rendimientos agrícolas y pecuarios de la zona, programas especiales de apoyo a la producción y coeficientes de agostaderos.
- ◆ Secretaría de la Reforma Agraria (SRA). Se visitó el archivo del registro agrario para obtener las coordenadas de los ejidos y la ubicación de las parcelas de los productores entrevistados.
- ◆ Fideicomiso de Riesgo Compartido de la SAGARPA (FIRCO). En el Fideicomiso de Riesgo Compartido, subsidiario de la SAGARPA, se obtuvo un diagnóstico importante de la microcuenca de Umécuaro realizado en 2004.
- ◆ Secretaría de Agricultura del estado de Michoacán (SEDAGRO) para obtener información sobre programas de apoyo a la agricultura en la zona.

Paso 2. Identificación de los puntos críticos del sistema

Para identificar los puntos críticos nos fue útil plantearnos preguntas clave tales como: ¿Cuáles son los puntos en donde el sistema presenta problemas que puedan afectar negativamente atributos tales como la productividad, la estabilidad o la adaptabilidad? Y ¿Cuáles son los puntos dónde el sistema es más robusto? En este paso de la evaluación fue de gran importancia involucrar a los habitantes a través de talleres, entrevistas formales e informales y acompañarlos en sus actividades productivas.

Una vez identificados los puntos críticos del sistema se les relacionó con los atributos de sustentabilidad, asegurando así que la evaluación cubriera todos los atributos recomendados en el MESMIS. La identificación de los puntos críticos nos permitió generar propuestas de un grupo de

indicadores más robusto. El diagnóstico de la problemática socioambiental resultante se presenta en la sección de resultados.

Paso 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores

Los criterios de diagnóstico describen factores específicos de los atributos generales de sustentabilidad. Un ejemplo de un criterio de diagnóstico para el atributo “productividad” puede ser: “eficiencia”. Los criterios, según el FESLM, son estándares o reglas que guían los juicios sobre las condiciones ambientales y se concentran principalmente en las consecuencias de las acciones (en el marco Presión-Estado-Respuesta los criterios se derivarían en el primer paso). Para el atributo “productividad”, el criterio de “eficiencia” puede servirnos para seleccionar indicadores que nos permitan conocer el grado en que los sistemas aprovechan eficientemente la energía invertida para lograr ser productivos.

Una vez que se obtuvieron los criterios se derivó un grupo de indicadores. Los indicadores deben estar vinculados a los criterios de diagnóstico, a los puntos críticos y a los atributos de sustentabilidad. El grupo de indicadores sufrió varias modificaciones a lo largo de la realización del proyecto. Es importante notar esta situación, ya que al conocer el sistema que se está estudiando, surgen observaciones y preguntas que no se habían planteado inicialmente y que resultan en muchos casos de gran importancia para la investigación. En la sección de resultados se discute detalladamente la importancia de los indicadores seleccionados para este estudio y las relaciones que muestran entre sí.

Los criterios de selección de los indicadores se basan en la identificación de la problemática socioambiental representativa de la mayoría de las comunidades de la cuenca. Los indicadores se seleccionaron además con base en la posibilidad de obtener la información necesaria y la eficacia del indicador para generar información útil para este estudio. De la misma forma, una revisión bibliográfica extensiva en esta etapa fue obligada para poder justificar la selección de los indicadores y conocer su aplicación y factibilidad.

Paso 4. Medición y seguimiento de los indicadores

Describimos brevemente los métodos utilizados para la medición de cada uno de los indicadores.

Rendimientos de maíz por hectárea

Los cuestionarios socioeconómicos integraron preguntas sobre los rendimientos de este producto por hectárea. Los valores de referencia para los rendimientos agrícolas en la cuenca se basaron en los rendimientos máximos obtenidos dentro de la misma. Estos fueron de 3.5 t/ha en 2007. A nivel regional el rendimiento promedio obtenido en el 2007 en los tres municipios en los que se encuentra ubicada la microcuenca fue de 2.7 t/ha (SAGARPA, 2007), mientras que en otras regiones dichas de “alto rendimiento” dentro de la cuenca de Cuitzeo, específicamente el Valle Morelia-Queréndaro, se obtienen entre 8 y 10 ton/ha y en las regiones de rendimiento medio se producen entre 5 y 6 ton/ha (Arredondo, 2008).

Relación beneficio costo de la producción agrícola

El cálculo de la relación beneficio-costos se enfocó únicamente a los gastos económicos, puesto que éstos pudieron calcularse con información obtenida a través de los cuestionarios. El beneficio se calculó con base en los precios regionales del kilogramo de maíz (\$3.50/kg sin desgranar) y en los costos mostrados en la tabla 1..

Tabla 1. Costos e insumos por hectárea para la producción de maíz.

Insumo	Costo
Aradura	\$500
Cruza	\$300
Escarda	\$300
Chaponeo	\$400
Plaguicida	\$179
Fertilizante	\$2,000
Mano de obra siembra	\$1,500
Tractor siembra	\$1,300
Costo de los peones para cosecha	\$2,100
Costo total de la producción de una hectárea de maíz	\$8,579

Uso de fertilizantes orgánicos

Para conocer el posible impacto de los fertilizantes en los rendimientos incluí en los cuestionarios una pregunta sobre el tipo de fertilizante que utilizan los productores. No se tomaron muestras de suelo para conocer la existencia de residuos de fertilizantes o la cantidad que pudo haber sido absorbida por las plantas.

*Incidencia de poblaciones de saltamontes *Melanoplus* sp. en milpas.*

De igual forma, se hizo una pregunta sobre la presencia del chapulín (*Melanoplus* sp) en las milpas, las respuestas posibles solo indicaban la presencia o no presencia de este Artrópodo. No se tomaron muestras para conocer la abundancia de individuos de esta población.

Número de unidades animal de ganado bovino por hectárea

Para hacer una comparación del tamaño del hato actual con el tamaño del hato que pueden soportar los ecosistemas de la microcuenca, dadas las prácticas de manejo actuales, utilizamos información generada por la COTECOCA (SAGARPA, 2002). Según este documento, el coeficiente de agostadero para el bosque aciculifolio con *Pinus* sp. que se puede encontrar en los municipios de Acuitzio y Madero, es de 11.84 ha por unidad animal al año. Estos sitios, cuando están en buena condición, en años de precipitación pluvial normal, producen 415.963 kg/ha de forraje utilizable en materia seca.

Asumiendo que una cabeza de ganado es aproximadamente entre 250 kg y 450 kg consideramos a una cabeza de ganado equivalente una unidad animal (Una unidad animal equivale a 450 kg según el documento de la COTECOCA). Al dividir la superficie en hectáreas que se dedica a la alimentación del ganado entre el número de cabezas con las que cuenta un productor, obtuvimos el número de hectáreas por unidad animal, valor que puede ser comparado con la referencia de SAGARPA (2002) para este ecosistema.

Relación beneficio costo de la producción

Elegimos como valor de referencia para esta zona el máximo de animales que mantienen los productores, siendo 20 en la comunidad de Umécuaro.

El cálculo de la relación beneficio/costo de la producción de ganado bovino se obtuvo considerando los costos mostrados en la Tabla 2. Obtener un valor del beneficio que se obtiene de este sistema representó una dificultad, ya que la mayoría de los productores solamente venden unos cuantos animales (de 1 a 2) al año, a un precio de \$7.00 el kilogramo. Asumiendo que el ganado que venden pesa en promedio desde 150 hasta 450 kg (según información de los productores), es posible que los productores obtengan entre \$1,000.00 y \$1,750.00, empero un número reducido de productores mencionaron vender su ganado a un precio de \$4,500.00 hasta \$8,000.00.

Tabla 2. Costos de la producción de ganado bovino.

Producto	Costo (anual)
Pienso (salvado o balanceado)	\$2,070.00
Costo del rastrojo	\$2,077.00
Vacunas o productos profilácticos	\$380.00 (máximo \$1,500.00)
Transporte	\$72.00
Total	\$4599.00

Rendimientos de resina

La información sobre los rendimientos de resina se obtuvieron a través de los cuestionarios. El valor de referencia utilizado fue de 1.31 ton/ha, valor estimado por la COFOM (2007) para la región administrativa Balsas III, dentro de la cual se encuentra la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente.

Relación beneficio costo de la extracción de resina

Para obtener el valor de la producción multiplicamos los rendimientos por el precio al que se vende el producto (\$6.00 /kg). El costo de la producción se limita al tiempo invertido. El valor de referencia contra el cual se comparan estos rendimientos es el máximo obtenido por uno de los productores de la cuenca.

Porcentaje de bosque deforestado

La generación de mapas de uso de suelo para los años 1995 y 2007 se basó en fotografías aéreas de INEGI 1995 y 2007 escala 1:20,000 y 1:40,000, respectivamente. Las fotografías de 2007 fueron ortocorregidas con el programa Orthobase de ERDAS v.8.2, el cual requiere la generación de al menos 30 puntos de control por fotografía. Los puntos de control se generaron utilizando el mosaico de aerofotografías blanco y negro, previamente ortocorregidas, del año 1995. El Modelo Digital de Elevación necesario para la ortocorrección se produjo utilizando las curvas de nivel de INEGI (Cartas Vectoriales E14A 23, E14A32). El error obtenido en la rectificación fue de 1.79 RMSE (Root mean square error). La digitalización se realizó utilizando el programa Cartalinx de Clark Labs, versión 1.2, 1998-99. La unidad mínima cartografiada en la que nos basamos para el año 1995 fue de 6400 m², mientras que para el año 2007 fue 25,600 m². Los mapas y matrices de cambio se generaron con el programa ESRI: ArcView v.3.2.

La descripción de las coberturas de uso de suelo se basó en la fotointerpretación previamente realizada por Guevara (2009) para el año 1995. Las clases de vegetación encontradas se basaron en las clasificaciones generadas por Rzedowski (1978) y Miranda y Hernández X. (1963) para la

zona. Debido a que la escala de trabajo es grande, se desarrolló una tipología particular para clasificar los usos de suelo presentes. Los mapas de uso de suelo se generaron en el programa ArcView v. 3.2 y se sobrepusieron. A través de una matriz de cambio pudimos conocer el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal entre 1995 y 2007.

Índice de perturbación e índice de diversidad de Shannon-Wiener de los estratos arbóreo y arbustivo de la vegetación del bosque de pino-encino

Para obtener el índice de perturbación y el índice de diversidad de Shannon se realizaron 10 muestreos de vegetación, 7 en zonas de bosque y 3 en zonas de vegetación secundaria (barbechos de más de 2 años). Se omitieron los muestreos en las milpas, en parte porque en el momento en que se realizaron los cultivos las poblaciones de plantas espontáneas aún no habían crecido; por otro lado, a través de las encuestas pudimos conocer cuáles plantas espontáneas crecen en las milpas y si algunas de estas son útiles. Los sitios de los muestreos se seleccionaron por zonas, después de haber recorrido y delimitado las zonas de interés. Se realizaron dos muestreos en cada una de las tres zonas de bosque, mientras que en los barbechos solamente se hizo un muestreo por zona; además se hizo un muestreo en una zona de bosque que no está incluida en nuestras zonas de estudio, esto para poder tener un referente que no se presentara en las zonas estudiadas. El objetivo de los muestreos fue estimar algunos parámetros importantes tales como la densidad de las especies útiles y el grado de perturbación de los sitios muestreados, los cuales se encuentran próximos o dentro del área manejada por los pobladores de las tres zonas de la cuenca estudiadas. Los muestreos efectuados comprendieron un área de 50m de largo por 10m de ancho (500 m²), este método ha sido utilizado en diversos estudios etnobotánicos (Pérez-Negrón, 2002; Solís, 2006; Torres, 2004; Valiente-Banuet *et al.*, 2000) y ha demostrado ser un área suficientemente detallada para poder brindarnos una idea inicial del estado de la vegetación. El conocimiento y experiencia del Biólogo Ignacio Torres García con los ecosistemas estudiados nos permitió realizar los muestreos sin vernos obligados a realizar recolectas botánicas.

El índice de **perturbación** se obtuvo según el método utilizado por Torres (2009). Existen diferentes métodos para conocer el grado de perturbación de un ecosistema. La evaluación rápida de la vegetación puede basarse por lo regular en índices de tipo A según la clasificación de Martorell y Peters (2005), los cuales requieren que los evaluadores hagan un reconocimiento rápido de los factores presentes, sin tener que recurrir a mediciones de la estructura de la comunidad. Estos índices evalúan parámetros tales como la presencia de un dosel cerrado, la presencia de sotobosque cerrado, la presencia de hojarasca, la evidencia de sobrepastoreo, la erosión y la presencia de cárcavas (Lara-Cabrera *et al.*, 2004). A cada parámetro se le asigna un valor, según esté o no presente (por ejemplo, si la hojarasca presente es abundante, el valor es de 0 perturbación, mientras que si se presentan cárcavas, el valor es de 1). Los valores se agregan en un índice global del sitio, el cual nos permite obtener una idea general del grado de perturbación del sitio. En este estudio se generó un índice tipo A, en parte debido a la falta de tiempo y recursos humanos para realizar muestreos de vegetación más elaborados. Éste considera los siguientes parámetros, de acuerdo con Torres (2009), los cuales se ponderan según lo indica la tabla 3.

Tabla 3. Criterios considerados para calcular los índices de perturbación en los sitios muestreados.

Criterio	Nivel	Puntaje	Nivel	Puntaje	Nivel	Puntaje
Presencia de vegetación secundaria	Baja (Densidad de <i>Baccharis conferta</i> .)	0	Media	.5	Alta	1
Presencia de epifitas	Si	0			No	.5
Presencia de ganado	Baja	0	Media	.5	Alta	1
Evidencia de tala reciente (últimos 10 años)	Nula	0	Media	.5	Alta	1
Presencia de hojarasca	Baja	1	Media	.5	Alta	0
Presencia de plántulas de especies dominantes	Baja	1	Media	.5	Alta	0
Evidencia de erosión	Baja	0	Media	.5	Alta (cárcava en formación)	1
Actividad animal (aves, nidos, madrigueras, conejos, otros)	Baja	1	Media	.5	Alta	0
Actividad animal asociada a perturbación (<i>P. tylosinus</i>)	Baja	0	Media	.5	Alta	1

El índice de **diversidad** para el estrato arbóreo y arbustivo se obtuvo utilizando la fórmula de Shannon

$$H = -\sum_{i=1}^s (P_i) (\log_2 p_i)$$

Donde H es la diversidad de especies, s es el número de especies y p_i es la proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie i .

Los valores se agruparon por comunidad, asignándolos a la que se encontraban más próximos y después se promediaron, por ejemplo, los valores resultantes de los dos muestreos cercanos a Nieves fueron promediados y se compararon al resto como una unidad. Se tomó como valor de referencia el índice de diversidad más alto encontrado dentro de la microcuenca.

Porcentaje de productores que mantienen empresa alternativa

A través de los cuestionarios conocimos el porcentaje de productores encuestados que se dedican a otras actividades productivas además de la agricultura, ganadería y extracción forestal.

Dependencia en remesas para sostener sistemas productivos

La información sobre la recepción de remesas se obtuvo a través de los cuestionarios. La pregunta se enfocó al grado de dependencia de los productores en este recurso; hubo tres respuestas posibles: “mucho”, “regular”, “poco” o “nada”

Diversidad pecuaria y Diversidad de especies vegetales alimenticias producidas en solares

Ambos indicadores fueron obtenidos utilizando la fórmula del Índice de diversidad de Shannon-Wiener. Para la diversidad pecuaria, se tomó en cuenta a todas las especies animales que se producen con el fin de obtener alimentos. A pesar de que muchas de estas especies se producen

en solares, se les consideró como un grupo por ser estas especies animales. Las especies vegetales aprovechadas en los solares se consideraron de manera separada, ya que los solares representan un lugar privilegiado para la producción de ciertos complementos alimenticios.

Paso 5. Integración de resultados

Esta etapa es clave en el ciclo de evaluación, pues indica la transición de la fase de *diferenciación* en la cual se recopilan datos para cada indicador, a la fase de *síntesis* de la información (Masera *et al.*, 2000b). Esta fase de la evaluación es complicada, pues implica integrar indicadores que condensan información diversa, muchas veces difícil de agregar. Para este estudio seguimos los sugerido por Masera *et al.* (*Ibidem*).

En primer lugar, la comparación de los indicadores entre comunidades se realizó mediante un ANOVA, cuando se cumplió normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett). Cuando no fue así se procedió con una no-paramétrica de Kruskal-Wallis o de χ^2 .

En primer lugar, la comparación de los indicadores entre comunidades se realizó mediante un ANOVA, cuando se cumplió normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett). Cuando no fue así se procedió con una no-paramétrica de Kruskal-Wallis o de χ^2 .

Para la integración se juntaron los resultados obtenidos para cada indicador en una sola tabla o matriz, utilizando las unidades originales de cada indicador. Después, se determinaron umbrales o valores de referencia para cada indicador –este paso se describió en la sección anterior. Una vez obtenidos los valores con base en los referentes, se estandarizaron los datos determinando valores máximos y mínimos para cada indicador. Los valores se integraron utilizando tres técnicas:

La idea principal de la primera técnica, el **análisis multicriterio**, es agregar diferentes indicadores, con valores máximos y mínimos diferentes para cada indicador, en una sola representación gráfica. Un punto clave del análisis multicriterio es la elección de los valores de referencia o valores umbrales para cada indicador. La idea es que cada indicador pueda compararse con el resto de los indicadores, pero los valores para cada uno de ellos se definen según la naturaleza de cada indicador y tomando en cuenta las condiciones regionales y la información disponible sobre el sistema evaluado. La representación de los resultados se puede hacer mediante técnicas cuantitativas (como los métodos multivariantes), las técnicas cualitativas, como diagramas y tablas que permiten apreciar gráficamente los valores de los indicadores y las relaciones entre ellos. Las técnicas mixtas combinan la presentación gráfica con información numérica (Masera *et al.* 2000b).

Para generar el análisis multicriterio se recurrió a la estandarización de los valores obtenidos para cada indicador según los valores de referencia seleccionados (Consultar el anexo VI). El resultado es una gráfica que nos muestra el estado de cada indicador para las tres comunidades y el valor de referencia que circunda la gráfica.

En segundo lugar, se recurrió a la técnica de análisis multivariable de **conglomerados**. El análisis de conglomerados es una técnica cuyo objetivo es dividir un conjunto de objetos en grupos, de tal forma que los perfiles o formas de los objetos dentro de un grupo sean muy similares entre sí, y los de otros grupos sean distintos. Es preciso notar que la decisión de realizar los análisis multivariable se tomó posteriormente a que se habían realizado los cuestionarios, por esta razón en este estudio no se cumplió con las recomendaciones de algunos estudiosos de realizar estas pruebas sobre una muestra de 5 a 10 veces el número de variables que se analizan (Osborne y Costello, 2004). En nuestro caso la muestra sobrepasó el número de variables por un poco más de dos veces. Por tanto, la robustez de este análisis debe tomarse con reserva.

Para realizar el análisis multivariable se efectuó el procedimiento sugerido por Crisci y López (1983) para ambos análisis de conglomerados y de componentes principales, descritos a continuación. Todos los cálculos se realizaron con el programa NTSYSpc Version 2.20 L. Copyright 1986-2006, Applied Biostatistics Inc.

El análisis de conglomerados se hizo mediante una matriz básica de datos con los indicadores (variables) en filas y los objetos de estudio (Productores) en columnas. Los valores para todos los objetos fueron estandarizados para generar una matriz estandarizada.

La matriz se estandarizó por variable y se obtuvo una matriz de semejanza. La matriz de similitud tiene la distancia o el parecido entre todas las unidades taxonómicas⁴ (OTU) u objetos entre sí, en este caso los productores, de acuerdo a los valores de los indicadores. Esta matriz opera sobre el eje de atributos y contiene las distancias que existen entre todos los pares posibles de productores a partir de los valores de todos los indicadores. En la Figura 1 se presenta un ejemplo en dos dimensiones (indicadores) para dos productores (j y k). La similitud entre las OTU está dada por la separación angular determinada por las dos líneas que parten del origen de las coordenadas y pasan por las OTU. La representación multidimensional es complicada, pero es lo que hacen los métodos automatizados en computadora, calcular la distancia entre todos los OTU en el espacio multivariable. Los resultados numéricos se presentan en una matriz de doble entrada en donde las OTU se presentan en ambos ejes en el mismo orden (Figura 2). Es una matriz triangular simétrica que tiene ceros en la diagonal porque es una matriz de diferencia, es decir cada OTU es diferente en 0 de sí mismo. En cambio el OTU 1 es diferente en 0.632 respecto al 2, considerando todas las variables (caracteres) al mismo tiempo.

⁴ Por su término en inglés: Organizational taxonomic units o OTU en el texto de Crisci y López, 1983.

Figura 1. Representación de dos OTU en un espacio bidimensional

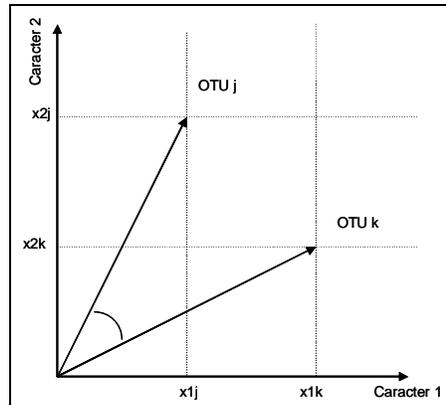


Figura 2. Extracto de la matriz de distancia taxonómica.

Filas / Colu	1	2	3	4
1	0			
2	.632	0		
3	.816	.725	0	
4	.485	.333	.882	0

Los grupos de OTU se integran a partir de esta matriz de distancias usando el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages, por sus siglas en inglés – método de agrupamiento de pares sin ponderar con la media aritmética). Es uno de los métodos de formación de grupos que mas frecuentemente se usa y por lo regular da buenos resultados. El dendrograma se obtiene luego con base en esta similitud. De manera simplista, se agrupan los objetos de mayor similitud de forma jerárquica y separando a los objetos de menor similitud. Se comienza por el par de OTU que presenten el valor más alto de similitud (a menor distancia mayor similitud). Si existe más de un par que presente un mismo valor de similitud, se les agrupa dentro del mismo grupo subyacente. Es decir, en cada etapa del agrupamiento la fusión se decide con base en la distancia menor entre grupos.

El dendrograma es una figura que muestra la afinidad o parecido en los valores de los descriptores que tienen las unidades taxonómicas entre sí; en este caso, nuestras unidades taxonómicas son los productores, que se parecen o difieren en los valores de los indicadores, que en este caso son las variables o sus descriptores.

La tercera técnica para integrar los resultados fue mediante el método de ordenación de **componentes principales**. El análisis de componentes principales ordena a los objetos y las variables en un diagrama de dispersión bi, tri o multidimensional que muestra los ejes (componentes principales) más importantes y relacionados con la variación de los datos en un espacio de menor dimensión pero conservando sus relaciones en el espacio original. Los ejes de este gráfico pueden girarse, de tal forma que los objetos puedan acercarse en distancia a otros objetos relacionados en un eje o componente específico. Este análisis permite visualizar los objetos de manera independiente, al mismo tiempo que podemos observar su relación con los demás (Carbajal, 2008). Esto se logra representando en gráficas y connotación matemática un número reducido de variables hipotéticas o componentes principales (también llamadas dimensiones), los cuales no están correlacionados entre sí. Cada componente contiene una parte de la variabilidad total de los caracteres, siendo el primer componente el que explica la mayor variabilidad, decreciendo en los ejes subsiguientes. Estas dos técnicas son las más ampliamente difundidas en el análisis multivariable y por lo general, son complementarias, es decir que los resultados sugieren diferentes relaciones para cada técnica.

El análisis de componentes principales se generó a partir de una matriz básica de datos con los mismos indicadores usados en el análisis multicriterio, excepto aquellos que resultaban redundantes (correlacionados con otros), tal como el índice de perturbación o la superficie deforestada. La matriz estandarizada fue transformada a su respectivo coeficiente de correlación de Pearson. La matriz resultante (matriz de correlación) indica en qué grado están relacionada las variables entre sí, igual que la matriz de distancias. Esta matriz se empleó para obtener los vectores y valores característicos (eigenvectors y eigenvalues) y con los vectores característicos se proyectó la matriz básica de datos para generar la gráfica de componentes principales. Los valores característicos para cada dimensión se obtuvieron de la matriz respectiva.

El análisis final de los resultados obtenidos por los diferentes métodos se enfocó a examinar las relaciones entre indicadores, es decir, si existen correlaciones y su signo o si existen diferencias (son independientes).

Paso 6. Conclusiones y recomendaciones sobre los sistemas de manejo evaluados

Si el marco MESMIS se siguiera al pie de la letra, el paso 6 consistiría en el cierre del primer ciclo de evaluación, que permitiría dar inicio a un nuevo ciclo de evaluación en base a las conclusiones del primero. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, el tiempo para la realización de este estudio es limitado y no se tiene la posibilidad de continuar con un nuevo ciclo. Se espera que este estudio sea una base para plantear un nuevo proyecto de investigación sobre el tema de la sustentabilidad de los sistemas productivos en la misma zona, con una serie de hipótesis a probar en un estudio de largo plazo.

Para concluir con esta investigación, se realizaron tres actividades:

1. Valoración de los sistemas estudiados. La valoración no fue absoluta; el objetivo fue indicar cuáles atributos de cada sistema son más sustentables y cuáles son problemáticos en relación con los sistemas de referencia y en relación con la dinámica de la cuenca.

2. Una discusión sobre los elementos que permiten a cada sistema mejorar la sustentabilidad con respecto a los demás sistemas comparados. En esta discusión deberá tocarse el tema del contexto político, socioeconómico y ambiental en el cual están imbuidos los sistemas y si éste representa una limitación para su sustentabilidad. En la discusión se hará una breve revisión de las debilidades y fortalezas del proceso de evaluación, con el objetivo de mejorar evaluaciones posteriores que se realicen con la misma metodología en esta región.
3. Finalmente se aportaron recomendaciones para mejorar la producción rural de cada comunidad, considerando la importancia de cada subsistema y de las necesidades y potencialidades en cada zona, así como su papel en relación con el resto de la cuenca de Umécuaro, como proveedora de bienes y servicios a la escala de la cuenca de Cuitzeo.

Resultados

4. Caracterización de la zona de estudio y de los sistemas estudiados

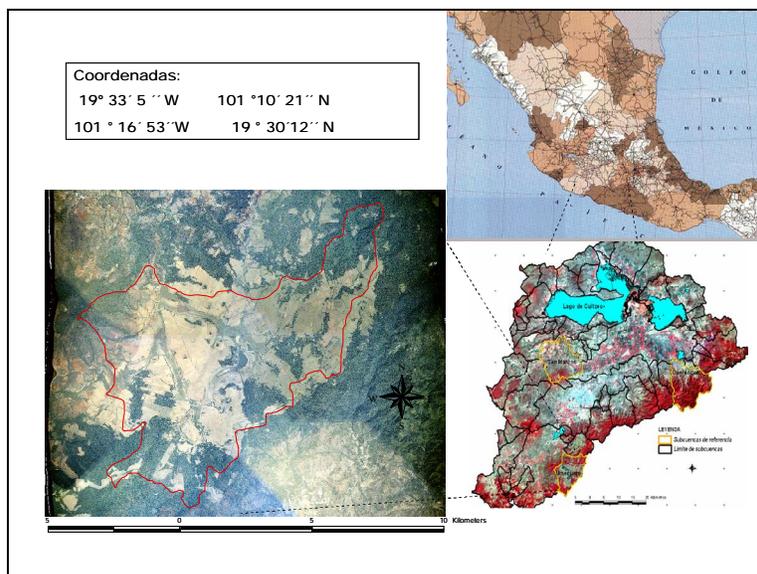
Un sistema es un conjunto de componentes que interactúan entre sí de forma recíproca y de cuya interacción emergen nuevas propiedades (Clayton y Radcliffe, 1996). Para conocer el sistema es necesario definir sus límites y los flujos o interacciones que mantiene con sistemas de mayor escala (suprasistemas) y con los componentes o subsistemas propios. Para fines de este estudio decidió tomarse como escala de delimitación a la cuenca hidrográfica, siguiendo la propuesta de Dourojeanni (2001, 2002).

4.1. Ubicación

La cuenca de la presa de Umécuaro-Loma Caliente se localiza en las coordenadas $101^{\circ} 09' 47''$, $101^{\circ} 17' 29''$ de LN y a los $19^{\circ} 34' 05''$, $19^{\circ} 26' 36''$ LW (Figura 3) (SAGARPA, 2004), en la región fisiográfica del Eje Neovolcánico (según la clasificación de Folgio-Miramontes, 1936, modificada por Madrigal, 1997). La cuenca de Umécuaro-Loma Caliente forma parte de la cuenca del lago de Cuitzeo, la cual a su vez está ubicada dentro de la cuenca Lerma- Chapala-Santiago. En esta última se han presentado en las décadas recientes problemas relacionados con el abasto, distribución, disponibilidad y calidad del agua (Schoendube, 2002). Específicamente en la cuenca del Lago de Cuitzeo, se presenta una serie de problemas relacionados con la urbanización asociada a la capital del estado de Michoacán, la producción industrial y la agricultura. Las fuentes de agua que abastecían a la ciudad de Morelia hacia principios de 1990 eran principalmente presas y manantiales que circundan la ciudad (Ávila, 2002), siendo la presa Umécuaro-Loma Caliente una importante proveedora de agua potable.

La cuenca de Umécuaro-Loma Caliente abarca un área de 5,917.4 ha y un perímetro de 46.1 km y se distribuye en tres municipios: Morelia, Acuitzio y Madero, el municipio de Morelia es el que más área comprende dentro de la cuenca (4911.8 ha) (SAGARPA, 2004).

Figura 3. Ubicación de la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente



4.2. Hidrología superficial

El cuerpo de agua más importante de la cuenca de Umécuaro- Loma Caliente es la presa del mismo nombre, la cual es la segunda de mayor área en la región de Morelia, abarcando 108.62 ha (120 ha, según Prat, 2007), con una profundidad de 6.16 m y un volumen de 2,025,121.23 m³ (Rendón *et al.* 2007). La presa corresponde a la parte inicial del curso del río Grande de Morelia, uno de los dos ríos más importantes de la ciudad capital (SAGARPA, 2004).

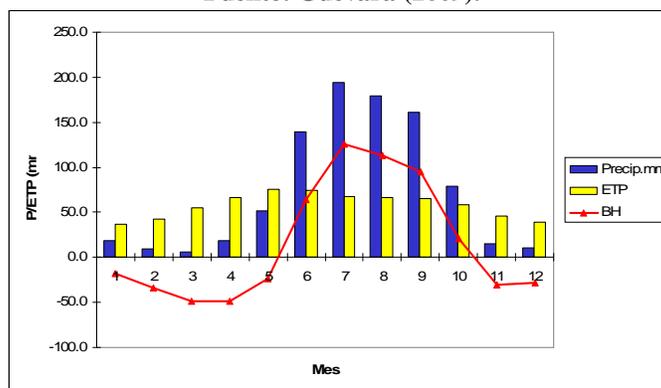
4.3. Clima y precipitación

El clima predominante en la cuenca es el C(w₂)(w), correspondiente al clima templado subhúmedo con lluvias en verano con un coeficiente P/T > 55.3. Las temperaturas varían desde 12° a 14° C, hasta 16° a 18° C. La precipitación anual en la mayor parte de la cuenca es de 1000 a 1200 mm. Así mismo, la mayor parte de la cuenca presenta entre uno y ocho días de heladas en noviembre, febrero y marzo y más de nueve días con heladas en diciembre y enero (SAGARPA, 2004).

El balance hídrico que se muestra en la figura 4 fue generado utilizando la ecuación de Thornthwaite. En la cuenca de Umécuaro- Loma Caliente encontramos un balance hídrico deficitario, es decir que la cantidad de agua que recibe y mantiene es menor que aquella que escapa de la cuenca a través de la evapotranspiración. Un balance hídrico deficitario significa la presencia insuficiente de agua para soportar una cubierta vegetal.

Figura 4. Balance hídrico para la microcuenca Umécuaro- Loma Caliente

Fuente: Guevara (2009).



4.4. Geomorfología

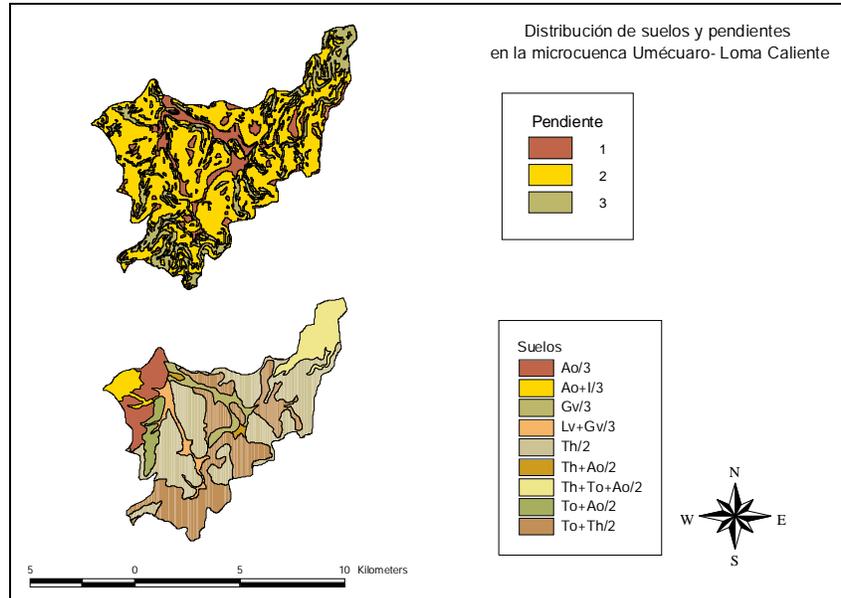
Dentro de la cuenca se presentan todos los tipos de pendientes, predominando las pendientes fuertes con 33,3% de la superficie, las moderadas de 6-13% y en tercer lugar las superficies casi planas con 18,6% (SAGARPA, 2004).

4.5. Suelos

La figura 5 muestra los principales grupos de suelo presentes en la microcuenca. Las pendientes fueron medidas en porcentajes y agregadas en siete clases, siguiendo la clasificación de Campos (1992) y luego se volvieron a agregar en tres clases con fines de simplificación. Las clases son: **1:** De 0-5%, Llano a suave **2:** 5-15%, Accidentado medio a accidentado **3:** >15 % Fuertemente accidentado a muy escarpado.

Los grupos de suelo (asociaciones para fines cartográficos según la clasificación de INEGI 2006, basadas en FAO 1968) son: Ao/3: Acrisol órtico de clase textural fina; Ao+I/3: Acrisol órtico de clase textural fina con un horizonte subyacente de litosol; Gw/3: Gleysol de clase textural fina; Lv+ Gw/3: Luvisol vértico de clase textural fina con un horizonte subyacente de gleysol; Th/2: Andosol húmico de clase textural media; Th + Ao/2: Andosol húmico de textura media con un horizonte subyacente de acrisol órtico; Th + To +Ao/2: Andosol húmico de textura media con un horizonte subyacente de andosol órtico y acrisol órtico; To + Ao/2: Andosol órtico de textura media con un horizonte subyacente de acrisol órtico; To + Th/2: Andosol órtico de textura media con un horizonte subyacente de andosol húmico.

Figura 5. Tipos de suelo y pendientes.



Los suelos predominantes de la cuenca cuentan con una alta proporción de arcillas. Las arcillas son láminas de silicatos formadas por dos constituyentes básicos: una lámina sílica tetraédrica (Si-O) y otra lámina de aluminio e hidróxido (Al-OH) octaédrica. La sustitución isomórfica por partículas que tienen la misma forma que el Si^{4+} o el Al^{3+} pero mayor carga electronegativa generan una excesiva carga negativa en las superficies de las arcillas. Esta permanente carga negativa permite a las arcillas adsorber cationes, es decir, atraer moléculas de carga negativa que se adhieren o asocian con las moléculas en sus superficies. El fósforo en estos ambientes se transforma en un componente limitante, ya que por su carga negativa éste tiende a adsorberse en los complejos aluminio-humus del alófono, permaneciendo inmobilizado y por lo tanto no-disponible para las plantas durante largos periodos de tiempo (Harrison, 1999).

4.6. Erosión

Según Prat *et al.* (2007), la erosión inducida que han sufrido los suelos en la cuenca ocurrió hace medio siglo, cuando el suelo de la cuenca sufrió un cambio de uso, de forestal a agrícola. Sin embargo, el estudio de Prat *et al.* (*Ibidem*) nota que la erosión que inició con ese fuerte cambio de uso de suelo se redujo hace aproximadamente dos décadas. Los autores concluyen que la erosión es “limitada aunque significativa”, por lo cual se deben proteger los suelos (*Ibid.*). Durante las visitas de campo, caminatas y muestreos pudimos observar evidencia de erosión en cárcavas, sobre todo en la zona cercana a la comunidad de Umécuaro; además observamos erosión moderada en zonas de bosque en donde notamos también evidencia de ganado.

4.7. Fauna

Según SAGARPA (2004) se ha registrado en la cuenca una gran diversidad de fauna. Entre los mamíferos que se han observado en la zona están: la ardilla arborícola (*Sciurus aureogaser*), el venado (Familia *Cervidae*), la tuza (*Pappogeomys tylorhinus*), el tlacuache, el armadillo, el conejo, el coyote, zorrillo, zorras y ratones; los reptiles observados son víbora de cascabel, culebra de campo, hocico de puerco, y alicante; y en anfibios, rana y ajolote. Este último (*Ambystoma* sp.) lo pudimos observar personalmente en varios de los arroyos de la cuenca (Figura 6). La presencia de este pequeño animalito se asocia con lugares en buen estado de conservación (Huacúz, 2001).

Figura 6. Individuo del género *Ambystoma*.
Encontrado en uno de los arroyos del sur de la cuenca de Umécuaro- Loma Caliente.
Fotografía: Ignacio Torres, 2008.



El diagnóstico participativo de SAGARPA (2004) encontró que al perturbarse la vegetación nativa también se modifica la abundancia de algunas especies y adquieren el estatus de plagas como la tuza (*Pappogeomys tylorhinus*⁵), el ratón (*Apodemus* sp.) y, en el bosque, el gusano descortezador del pino (después de un incendio). En los cultivos se presenta el gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y la gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), el gusano elotero (*Helicoverpa zea*), la cochinilla del nopal (*Coccus cacti*), el chapulín (*Melanoplus differentialis*).

4.8. Uso del suelo y vegetación

La región fisiográfica dentro de la cual se ubica nuestra zona de estudio corresponde a la del Eje Neovolcánico Transversal. La vegetación de esta región es característica de las zonas templadas (Madrigal, 1997); los tipos de vegetación que podemos encontrar a nivel regional son el matorral subtropical, bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque de pino, bosque de cedro, bosque de tázcate, bosque de oyamel, bosque mesófilo de montaña, palmar, tular y carrizal y bosque de

⁵ Un individuo de *Pappogeomys tylorhinus* fue encontrado e identificado por alumnos del Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales (INIRENA) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

galería (Ibidem). En la tabla 4. se presentan los principales usos del suelo y el porcentaje que ocupan de la microcuenca.

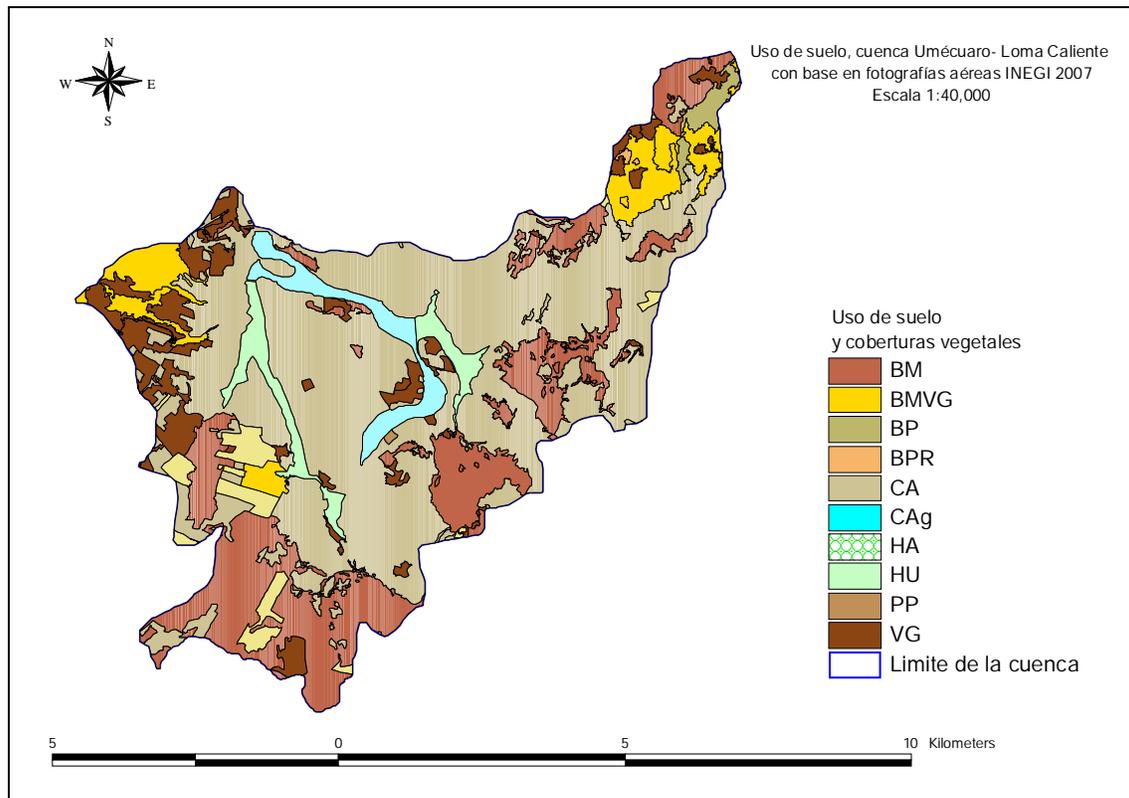
Tabla 4. Uso del suelo en la cuenca Umécuaro-Loma Caliente

Cobertura vegetal y uso de suelo	Superficie Ocupada	
	(Ha)	%
Bosque de pino	59.3	1.0
Bosque de pino con vegetación secundaria	44.4	0.8
Renoval de bosque de pino	5.0	0.1
Renoval de bosque de pino con vegetación secundaria	24.7	0.4
Bosque mixto de pino encino	342.6	6.0
Bosque mixto de pino encino con vegetación secundaria	283.1	5.0
Bosque mixto de pino y encino.	912.4	16.0
Campo agrícola (agricultura de secano)	3061.3	53.6
Cárcava	2.2	0.0
Cuerpo de agua	177.2	3.1
Huerta de aguacate	175.2	3.1
Humedal	182.8	3.2
Plantación de pino	3.1	0.1
Vegetación secundaria	433.7	7.6
Área total	5707.0	100.0

El bosque de pino y encino cubre principalmente la parte alta de la microcuenca, en donde se presenta un acelerado proceso de degradación, deforestación y cambio de uso de suelo. Una de las principales fuerzas promotoras del cambio de uso de suelo en estas zonas es el establecimiento de huertas de aguacate (Carlón, 2006), las cuales ocupan actualmente el 3% de la superficie de la cuenca (Figura 7). En nuestras visitas de campo pudimos observar el establecimiento de nuevas huertas de aguacate, sobre todo en predios en barbecho, dentro de la cuenca y en las zonas colindantes con otras cuencas.

Figura 7. Mapa de uso de suelo en la cuenca para el año 2007.

Los tipos de suelo representados son: BM: Bosque mixto de pino-encino; BMVG: Bosque mixto de pino-encino con vegetación secundaria; BP: Bosque de pino; BPR: Renoval de bosque de pino; CA: Campo agrícola; CAg: Cuerpo de agua; HA: Huerta de aguacate; HU: Humedal; PP: Plantación de pino; VG: Vegetación secundaria.



La microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente se encuentra dentro la zona ecológica templada subhúmeda (*Senzu Challenger, 1998*) o bosque de pino y encino. La historia ambiental de estas zonas ha dejado como saldo la alteración, degradación y en muchos casos la eliminación de la cobertura natural del bosque de pino y encino (*Ibidem*). En las últimas tres décadas, los bosques de pino y encino han sido sujetos a una tasa de deforestación de 1.8% anual, mientras que 20% de su superficie ha sufrido algún tipo de degradación, según un estudio por Bocco y colaboradores (2000). Este estudio sugiere que en la escala estatal los cambios en cobertura vegetal tales como el aumento de la superficie agrícola, no están ligados a la presión demográfica ni a factores asociados a necesidades de subsistencia, sino a un descontrol en la actividad forestal.

La microcuenca Umécuaro- Loma Caliente es representativa de la dinámica de cambio de uso de suelo de la cuenca del lago de Cuitzeo, a la cual pertenece. En la cuenca de Cuitzeo se han identificado importantes fuerzas promotoras del cambio de uso y cobertura vegetal del suelo, siendo la urbanización de gran importancia para la zona metropolitana de la ciudad de Morelia.

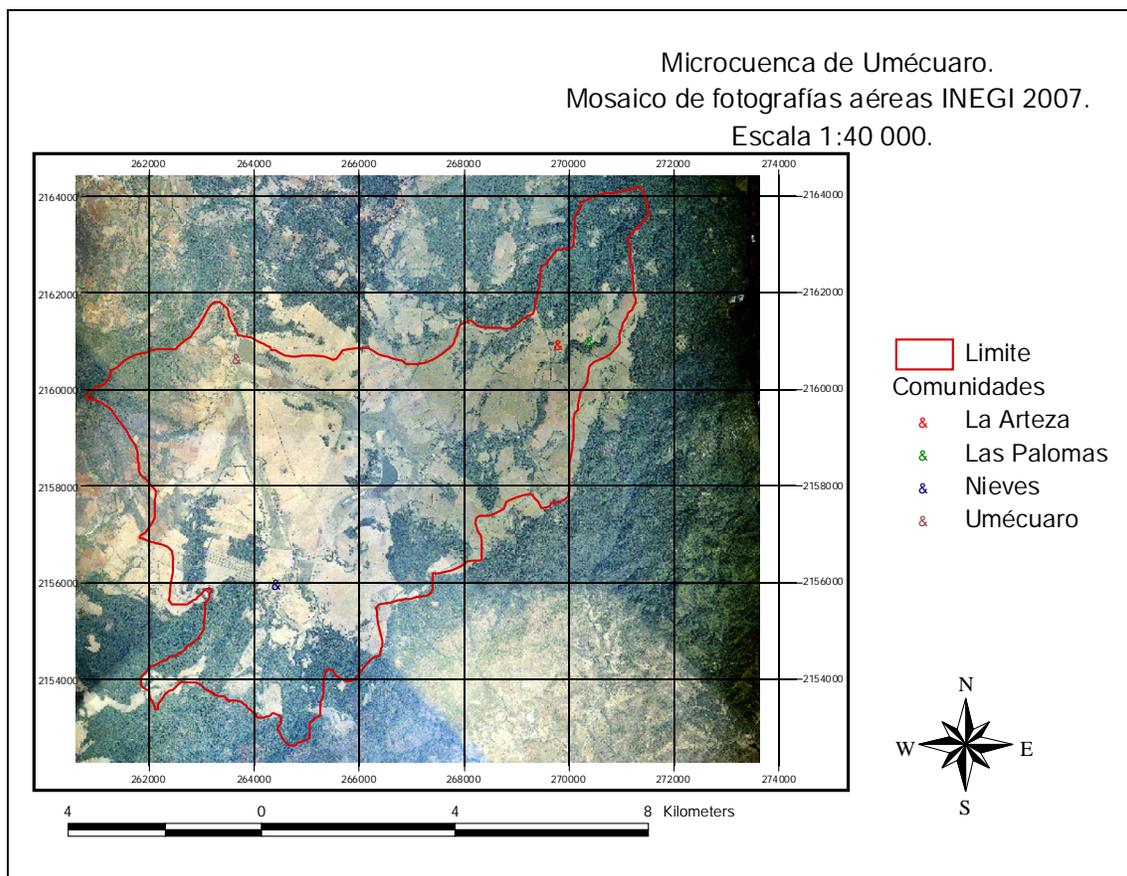
López *et al.* (2004) encontraron que los asentamientos humanos en esta región han tenido un crecimiento de 313% de 1960 a 1997. En 1975 la superficie de cultivos de riego y temporal ocupaban 39.5% del municipio de Morelia, mientras que en 2000 estas se redujeron a 25.1%, convirtiéndose en asentamientos humanos y lotes baldíos. Se estima que esta tendencia continúe en la región en el futuro (López *et al.* 2001, 2004).

Actualmente existe un interés en la cuenca de Umécuaro –Loma Caliente como generadora de servicios ambientales. En la comunidad de Nieves se está trabajando actualmente para realizar un Programa de Manejo Forestal que, en el futuro, la inserte en algún tipo de programa de pago por servicios ambientales.

4.9. Población

Son tres las comunidades estudiadas: Umécuaro, localizado en el borde de la presa de mismo nombre, Nieves, cercana a las zonas de inundación y a la zona de bosque al sur de la cuenca; La Arteza y Las Palomas son dos localidades que se estudiarán en conjunto por ser rancherías con ubicación contigua en la zona más alta de la cuenca (Figura 8). En las tres comunidades se presenta diferente acceso a recursos tales como el agua, el bosque, las zonas inundables o manantiales y a las zonas urbanas y vías de comunicación.

Figura 8. Limite de la microcuenca y ubicación de las comunidades.



La Tabla 5 resume algunas generalidades socioeconómicas de las poblaciones.

Tabla 5. Características socioeconómicas de las comunidades estudiadas.

Atributo	Comunidad		
	Umécuaro	Nieves	Rancherías (La Arteza y Las Palomas)
Población total	288	389	92
Población de más de 12 años	75.0%	61.6%	61.9%
PEA	34.3%	19.2%	25.0%
PEA Sector Primario	85%	84%	21%
PEA Sector Secundario	4%	11%	0%
PEA Sector Terciario	11%	3%	3%
Población ocupada que no recibe ningún ingreso	53%	48%	5%
Grado promedio de escolaridad	3.95	3.76	4.25
Derechohabencia a servicios de salud	6%	<1%	0
No. de viviendas habitadas	66	78	13
Promedio de ocupantes por vivienda	4.37	5	6.8
Porcentaje de viviendas que cuentan con agua entubada	92%	69%	31%
Porcentaje de viviendas que cuentan con energía eléctrica	93%	86%	15%
Viviendas que cuentan con automóvil propio	30%	27%	38%
Porcentaje de viviendas que usan gas Y leña para cocinar	Gas 6% Leña 92%	Gas 4% leña 92%	Gas 7% Leña 92%

4.10. Actividades productivas

Este estudio se enfoca en las actividades productivas que predominan en la cuenca. Estas actividades se definen como subsistemas de producción rural, los que en conjunto conforman la unidad de producción rural (UPR) o unidad de producción familiar (UPF). A nivel de la cuenca existen diversas actividades productivas, siendo la agricultura, la ganadería, la extracción forestal (resinación, extracción de madera seca, otros) y la producción de especies animales y vegetales en solares, el enfoque de esta tesis. La descripción detallada de estos sistemas y las diferencias por comunidad se ofrecen a continuación.

Agricultura

Breve historia de la actividad

La agricultura, según Hernández-X. (1988), es “la actividad en la cual el hombre, en un ambiente dado, maneja los recursos naturales, la calidad y cantidad de energía disponible y los medios de información, para producir y reproducir los vegetales que satisfacen sus necesidades” (alimentarias o de bienes necesarios para la vida).

Los sistemas agrícolas –agrosistemas o por unos autores “agroecosistemas”- son de gran importancia para la humanidad, pues de éstos derivamos nuestros alimentos y otros productos importantes para nuestra vida. La agricultura tiene dos funciones importantes desde una perspectiva de sustentabilidad: La función ambiental, que es la herencia agrícola que ha dejado una diversidad de paisajes particulares y delimitados a una región específica; y la función socioeconómica, por medio de la cual la agricultura contribuye a la viabilidad de las zonas rurales y a un desarrollo territorial balanceado al generar empleos en la producción primaria y en las cadenas de distribución y procesamiento de bienes (European Commission, 2001).

Existen varias hipótesis sobre el origen de la agricultura, entre las que están las que proponen al crecimiento demográfico y el sedentarismo como factores que obligaron a los seres humanos a desarrollar adaptaciones tecnológicas y culturales, mismas que les permitieron obtener los alimentos necesarios para su subsistencia. Bajo esta hipótesis, la agricultura es a su vez causa y consecuencia de un mayor grado de sedentarismo, estado que proporcionó los medios para manipular la productividad biológica (Cohen, 1977 y Boserup, 1965, citados en Challenger, 1998). Se reconoce, en otras hipótesis, que la agricultura fue el resultado de una coevolución simbiótica entre plantas y humanos, posible debido a condiciones ecológicas y culturales favorables (Hawkes, 1983, en Challenger 1998; Minc y Vandermeer, 1990).

La evidencia más antigua de domesticación en México procede de sitios tales como el valle de Tehuacan o las cuevas de Ocampo al suroeste de Tamaulipas, en donde se han encontrado restos de varios cultivos tales como maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus spp.*), calabaza (*Cucurbita spp.*), chile (*Capsicum annuum*), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), el aguacate (*Persea americana*), el algodón (*Gossypium hirsutum*), el tabaco (*Nicotiana tabacum*), el jitomate (*Lycopersicon esculentum*), el maguey (*Agave spp.*) y el nopal (*Opuntia spp.*) (Challenger, 1998).

Actualmente los agroecosistemas ocupan 40% de la superficie terrestre del planeta. Según Velázquez *et al.* (2002) el 21% del territorio nacional de México está representado por cultivos y pastizales inducidos y cultivados, es decir, para uso agrícola o ganadero.

Características de la actividad agrícola en las comunidades estudiadas

En la microcuenca la agricultura de secano es la actividad productiva más importante y ocupa el 54% de la superficie en la cuenca; esta actividad se realiza en todas las zonas de la cuenca, generando rendimientos diversos.

Superficie agrícola por ejidatario

La agricultura ocupa el 54% de la superficie en la cuenca; Según el diagnóstico de SAGARPA (2004) las zonas más productivas se ubican en las partes más bajas, las cuales se encuentran cercanas a los cuerpos de agua (los puntos de menor altitud en la cuenca). El promedio de la superficie con la que cuenta cada productor es de 5.75 ha (el rango entre los productores va desde 0.0 ha para los que no cuentan con tierra y hasta 40.0 ha para los que cuentan con la superficie máxima). 47% de los productores cuentan con menos de 3.5 ha, mientras que un cuarto de los productores posee entre 7 ha y 40 ha; solo el 3% tiene una propiedad de 40 ha.

El 50% de los productores mencionan que la superficie agrícola, es decir, las tierras que están siendo actualmente cultivadas, ha disminuido por razones que tienen que ver con la baja productividad, el “adelgazamiento” de las tierras (cambio desfavorable en la estructura del suelo) y la emigración. El análisis del cambio de uso de suelo constata que la superficie agrícola ha aumentado -aunque en un porcentaje mínimo- en los últimos 15 años.

Especies manejadas y rendimientos

El maíz es el cultivo de temporal predominante en la zona. El frijol es un cultivo que está perdiendo importancia en la cuenca; de los entrevistados, solamente el 11% reportó sembrar frijol. Los pobladores reportan que el cultivo de frijol requiere condiciones ambientales específicas: suele ser sensible a las heladas y requiere de un tipo de suelos específico (suelos de charanda, descritos más adelante). Además, sugieren que el frijol asociado puede afectar el crecimiento del maíz. La calabaza y el chilacayote son otros cultivos que se siembran asociados con el maíz.

A pesar de que la calabaza no tiene un mercado regional es posible vender las semillas. En temporada de oferta alta el precio de un kilogramo de semilla en el mercado local puede llegar a los \$25.00-\$30.00. En temporada de demanda alta y oferta baja, el precio incrementa hasta \$50.00/kg. Se necesitan aproximadamente 15 calabazas (bolas) para obtener un kilogramo de semilla.

Costo y valor de la producción

El valor de la producción de maíz es de un promedio \$2,962.00 por hectárea por productor, valor calculado usando como referencia el precio de \$2.00 por kilogramo de maíz con mazorca en el mercado local (el kilo de maíz desgranado es de \$3.50). El costo de la producción de maíz es de un promedio de \$4930.90 por hectárea. El beneficio promedio por hectárea es de -\$2112.98, es decir, se tiene más bien un déficit. Entre los productores que obtienen un beneficio de la producción de maíz, tenemos un promedio de \$1517.15 /ha y un beneficio máximo de \$2,950.00. Solo un 3% de los productores obtiene este beneficio, las características sobresalientes es que este porcentaje tiene tractor propio y utiliza fertilizante químico.

Manejo de residuos

Ninguno de los productores incorpora los residuos de la cosecha a la tierra. La rotación de cultivos es mínima, pues por lo general se siembra sólo maíz asociado con calabaza y chilacayote, cada dos años (sistema de año y vez). En los años en que no se siembra maíz las tierras se dejan en descanso, aunque la mayoría se utilizan como potreros durante este tiempo, lo que indica que los residuos son aprovechados de alguna manera.

Prácticas agrícolas

Las prácticas agrícolas consisten en las siguientes actividades, realizadas en las fechas indicadas (Ver la figura 9 para la secuencia cronológica):

- ¹ Aradura (finales de enero): roturación inicial (de la temporada) del suelo con arado de vertedera siguiendo las curvas de nivel, con tracción motorizada (tractor) o animal (yunta). 14.7% de los productores aran con yunta, mientras que el 82.3% aran con tractor.

- ¹ Cruza (finales de enero): repaso de la tierra ya arada en dirección perpendicular a la primera aradura –de allí el nombre de cruza- con tractor o yunta. Si la labor de arado se hace bien, no es necesario realizar la cruza.
- ¹ Siembra: se realiza en abril/mayo, en dependencia de cuándo sucedan las primeras lluvias de la temporada. El número promedio de personas necesarias para sembrar una hectárea es de 4.64 durante un promedio de tres días. La siembra se realiza por lo general con un tractor seguido de dos peones quienes aplican abono/fertilizante y dos peones que aplican las semillas. El número de peones⁶ que son contratados para sembrar una hectárea (durante los tres días) es de 6.74 (dos o tres peones por día), el jornal⁷ se paga entre \$150.00 y \$200.00.

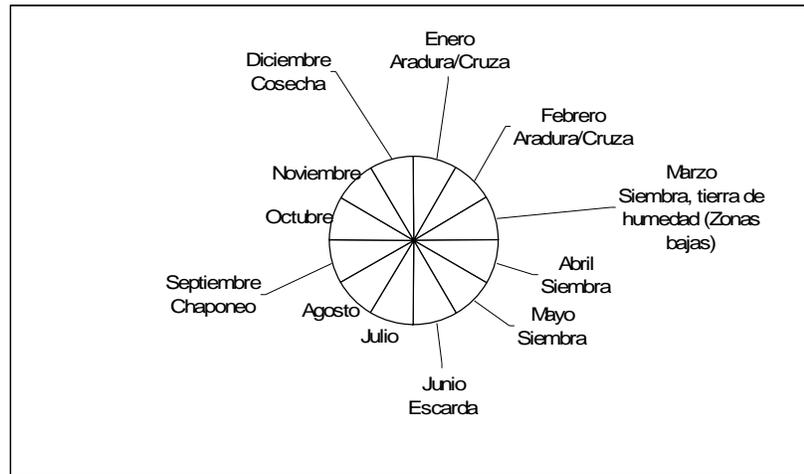
Los productores que tienen familiares en edad laboral (niños, hermanos, cuñados, tíos, abuelos, etc.) utilizan ese recurso humano, empero la mayoría debe contratar al menos un peón (\$150.00/día) para sembrar. Cuando se llega a un acuerdo los peones aceptan como paga un costal de maíz (70 kg) por jornada. Utilizan semillas criollas que seleccionan de la cosecha anterior. Ningún productor siembra semillas mejoradas. En el mejor de los casos visitan otras comunidades de la región para intercambiar semillas que estén adaptadas a condiciones similares.

- ¹ Escarda (junio): esta actividad consiste en pasar un arado de vertedera tirado por yunta o tractor entre las líneas de siembra para volcar la tierra en la base de las plantas, esto con el fin de que las raíces estén cubiertas y que las plantas tengan un sustrato más firme. La escarda sirve además para arrancar arvenses que estén creciendo en los surcos. 44% de los productores realizan la escarda con yunta, pues el uso de la yunta es más barato y quienes son propietarios de yuntas pueden realizar esta actividad según el tiempo que tienen disponible.
- ¹ Chaponeo (septiembre): el chaponeo consiste en retirar arvenses que estén creciendo entre los cultivos.
- ¹ Cosecha (diciembre): se realiza con ayuda de familiares y peones contratados. El costo del trabajo de un peón por día es de \$150.00. El número promedio de jornales (días laborales) necesarios para la cosecha es de 6.6/ha (este número varía con la superficie que se cosecha). La duración de la cosecha dependerá de la mano de obra disponible y de la superficie cosechada y toma desde dos días hasta un mes. El transporte de los productos a los graneros y almacenes en las viviendas se realiza con camioneta propia o rentada.

⁶ Un peón es por lo general una persona de la comunidad a quien se le contrata por día. Los peones son personas jóvenes, quienes no cuentan con tierra propia o tienen necesidad de generar ingresos fuera de su propia unidad de producción.

⁷ Un jornal es un día de 8 a 12 horas de trabajo.

Figura 9: Secuencia de prácticas agrícolas de enero a diciembre



Fertilización

En la cuenca se sigue utilizando fertilizante orgánico (excremento de puerco), pero cada vez se está haciendo más generalizado el uso de fertilizante químico (18:46:00). Las fórmulas que utilizan los productores en la microcuenca son por lo general la urea (Formula 46-00-00) la cual aporta nitrógeno en forma de amoniaco y el fosfato diamónico (18-46-00), el cual aporta fosfato y nitrógeno. Algunos productores prefieren usar fertilizante químico porque dicen que éste rinde tres veces más que el orgánico, además de que hasta hace un par de años era más barato. El impacto del fertilizante químico contra el orgánico es notable, pues mientras que el fertilizante químico “adelgaza” la tierra, el abono orgánico aporta a la fertilidad. Este dato lo corroboran los productores al comentar que en barbechos en donde se utilizó abono orgánico crece el pasto, mientras que en los que se usó fertilizante químico no.

El abono de puerco es cada vez más difícil de conseguir, además de que su obtención implica un gasto monetario y de tiempo, pues quienes lo compran deben viajar a la región del Bajío (La Piedad, Celaya y alrededores), en donde se produce en grandes cantidades. El mercado del abono parece ser acaparado por los productores de aguacate, quienes representan cada vez más un sector económico importante en el estado de Michoacán y en el país.

Existen productores que reciben apoyo de PROCAMPO para comprar el fertilizante (aunque solo son los ejidatarios quienes reciben este apoyo en la cuenca), mientras que quienes no reciben este apoyo deben, en muchas ocasiones, vender una o varias cabezas de ganado (una o dos reses de \$4,000.00 al año, según un productor), talar árboles para venderlos como madera, o apoyarse en las remesas que reciben, para poder comprarlo.

Destino de la producción

La mayor parte de los productos son para autoconsumo, sin embargo, podemos encontrar algunos productores que llegan a vender maíz en el mercado regional. Los precios del maíz en el mercado son de \$2.00/ kg con mazorca y \$3.50 desgranado. Los productores que reportan venderlo lo hacen en la cabecera municipal de Acuitzio, la cual se encuentra aproximadamente a 11.8 km. de la cuenca.

Plagas

Las principales especies que se presentan como plagas y que pudimos identificar personalmente⁸ *Brachystola mexicana* (Orthoptera: Acrididae), *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae), *Melanoplus* sp. (Orthoptera: Acrididae), *Boopedon* sp. (Orthoptera: Acrididae) y especies de la familia Nymphalidae, orden Lepidoptera. Se presenta además el gusano trozador (*Agrotis* sp.)⁹, la tuza (*Pappogeomys tylorhinus*.), la gallina ciega (Género *Phylophaga*)¹⁰, los ratones (Familia Muridae), las ardillas (Familia Sciuridae)¹¹ y el conejo (familia Leporidae)¹² (SAGARPA, 2004). La presencia del chocho (*Melanoplus* sp. Figura 10) es reciente en la cuenca. En los poblados de Nieves y en la Rancherías los productores aún no consideran a esta plaga un riesgo para la producción, sin embargo en Umécuaro mencionan una fuerte presencia por primera vez durante el ciclo productivo del 2007.

Figura 10. Fotografía de individuo del género *Melanoplus* sp. y de la familia *Nymphalidae*.

Fuente: <http://www.oeidrus-slp.gob.mx/oeidrus/images/tecnologianueva/plagas04.jpg>

http://www.nymphalidae.net/Buttpics/Polygonia_c-album_larva2.JPG



El problema principal en la producción agrícola, además del *M. differentialis*, es la presencia de *Pappogeomys tylorhinus*. La tuza extrae entre 10-15% de la cosecha según lo reporta SAGARPA (2004).

La presencia de tuza, ardillas y otros animales silvestres es tolerada, al punto que algunos productores consideran que ellos están sembrando para alimentar no solo a sus familias, sino también a esta fauna¹³.

Subsidios y asistencia técnica

En ocasiones los productores reciben ayuda técnica de programas gubernamentales tales como el PROCAMPO, de entre \$700.00 a \$1,000.00 por hectárea.

La tabla 6 resume las características del subsistema de producción agrícola por comunidad.

⁸ La identificación de estos individuos la realizó el Dr. Samuel Pineda Guillermo. Entomólogo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

⁹ Referencia consultada en la página: <http://www.bayer.com.mx>.

¹⁰ http://www.rodex.com.mx/boletines.php?id_boletin=36

¹¹ Referencia consultada en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sciuridae>

¹² Referencia consultada en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Conejo>

¹³ Un productor comentó “Sería muy mezquino no querer compartir con las ardillas”.

Tabla 6. Subsistema agrícola.

Comunidad	Umécuaro	Nieves	Rancherías	General: todas las comunidades
Superficie agrícola por ejidatario	1.5 ha	2 ha	3.5 ha	2.10 ha
Especies vegetales que maneja y rendimiento	Maíz: 1.84 t/ha Calabaza: 116.65 kg/ha Chilacayote: 125 kg/ha Rendimiento max frijol: 50 lt/ha, 15% de los productores siembran frijol	Maíz: 1.59 t/ ha Calabaza: 283.5 kg/ha Chilacayote: 175 kg/ha Rendimiento max frijol: 25 lt/ha, 7% de los productores siembran frijol	Maíz: 1.83 t/ha Calabaza: 116.5 kg/ha Chilacayote: 125 kg/ha Rendimiento max frijol: No se reportó	Maíz: 1.53 t/ha Calabaza: 26.6 bolas/ha Chilacayote: 22.7 bolas/ha Rendimiento max frijol: 50 lt/ha, 8% de los productores siembran frijol
Tipo de suelo	Acrisol	Andosol, luvisol	Andosol, acrisol, luvisol	Andosol, acrisol, luvisol, vertisol, gleysol
Tipo de tracción	15% tiene tractor 38.4% tiene yunta	7% tiene tractor 21.4% tiene yunta	14% tiene tractor 28.5% tiene yunta	11% tiene tractor 29.4% tiene yunta
Trabajo empleado en la siembra	8.06 jornales ^a por ha	8.11 jornales ^a por ha	5.20 jornales ^a por ha	7.12 jornales ^a por ha
Fertilización	Químico: 100% Orgánico: 0 Ambos: 0	Químico: 46.2% Orgánico: 46.2% Ambos: 7.7%	Químico: 0 Orgánico: 100% Ambos: 0	Químico: 55.6 % Orgánico: 40.7 % Ambos: 3.7 %
Cosecha	Manual			
Relación beneficio/costo	<0	<0	<0	<0
Destino de la producción	Autoconsumo	Autoconsumo	Autoconsumo	Autoconsumo

Ganadería

Breve historia de la actividad

En las zonas cubiertas por bosque de pino y encino en México, al igual que en otras zonas ecológicas, la producción de maíz suele acompañarse por la producción ganadera en pequeña escala, en la cual se aprovechan los tallos y hojas del maíz. En los bosques con laderas altas e inclinadas el sotobosque se aprovecha directamente como agostadero para el ganado, pues este es rico en buenos pastos. La zona de bosque de pino y encino concentra la producción intensiva de ganado bovino lechero, cuyo propósito es abastecer al mercado local de leche, mantequilla y queso. Por lo general, el ganado se mantiene estabulado y se nutre con alimentos industriales a

base de sorgo o con forrajes producidos localmente como la avena o la alfalfa, cultivos que están ocupando cada vez una superficie mayor de las limitadas tierras de riego (Challenger, 1998; Barkin *et al.*, 1991).

Cuando la presión del pastoreo excede a la capacidad de carga del bosque se produce una alteración negativa de la estructura y composición del bosque. Diversos estudios han demostrado que el pastoreo directo del sotobosque disminuye la densidad de los mejores pastos y reduce o elimina la población de las plántulas de los árboles del dosel¹⁴. Uno de los métodos más comunes de manejo del sotobosque en esta zona ecológica es la quema: al quemarlo se eliminan las plantas muertas, leñosas y fibrosas cuyas cenizas fertilizan el suelo ayudando al crecimiento de nuevos retoños (Toledo *et al.*, 1989; Rzedowski, 1978, en Challenger, 1998). Los bosques que son así manejados producen pastos nativos –inducidos– que son más útiles como recurso para el pastoreo que los bosques primarios originales. En estos bosques manejados se puede sustentar una cabeza de bovino por cada 3 a 30 ha, mientras que el promedio en este ecosistema es de una cabeza de bovino por cada 10 a 20 ha. Empero, las consecuencias de tal manejo son un cambio en la estructura del bosque que reduce la capacidad de repoblación de éste (Rzedowski, 1978 en Challenger, 1998), además de que aumenta el riesgo de incendios que afectan al estrato arbóreo del bosque.

Características de la actividad ganadera en las comunidades estudiadas

Tipo de ganado

El subsistema ganadero consiste en su mayoría en la crianza de ganado bovino de raza criolla no estabulada. También se cría ganado en los solares; sin embargo decidí presentar información sobre la producción ganadera en solares en el apartado correspondiente a ese espacio productivo.

Superficie ganadera

La superficie ganadera constituye el 59% de la cuenca. Esta proporción se obtuvo sumando las zonas que se designan como potreros: las zonas de bosque (29%), las milpas en descanso (26.8%, la mitad de la superficie agrícola) y los humedales (3.2%) en la época más seca. Cada productor designa una superficie promedio de 3.62 ha para el pastoreo en las tierras en barbecho, además de las zonas propias de bosque.

Alimentación

La intensidad del pastoreo sigue el sistema de año y vez, es decir que mientras se siembra la mitad del terreno de cultivo durante un año, el ganado se alimenta en las zonas que están en descanso, y al siguiente año se invierte el orden. El ganado pastorea en los barbechos y en el bosque durante la temporada de lluvias; al comenzar la temporada seca (desde noviembre hasta mayo) se lleva a pequeños establos ubicados en los solares. Allí se les alimenta con rastrojo que se obtiene de la propia milpa (solo un productor reportó comprarlo a \$2.00/kg) y cuando el

¹⁴ Cuando el pastoreo no excede la capacidad de carga del bosque, los resultados del pastoreo directo puede ser positivos, pues el ganado elimina una proporción de los pastos buenos y reduce la cantidad de hojas muertas con el consecuente incremento de la intensidad lumínica en la superficie del suelo. En estas condiciones, las especies que responden mejor al incremento en la luz, incluyendo algunas especies de pino, pueden germinar con mayor facilidad (Duvall, 1962 citado en Challenger 1998).

rastrojo se termina, se alimenta al ganado con salvado y alimento balanceado. Los productores agregan que la tierra en esa zona da pastos muy “débiles” que no satisfacen el requerimiento nutrimental del ganado. El salvado cuesta entre \$100.00 y \$200.00 el bulto; el promedio de bultos con los que se alimenta a una vaca por temporada seca es de 25, el costo promedio total de la alimentación del ganado por productor es de \$2649.16 al año. Para el cálculo del costo total de la alimentación se consideran los costos del corte y molienda del rastrojo (\$150.00 por peón por día de corte, de \$300.00 a \$600.00 para el molino durante 1 hora y el costo por bulto de alimento).

Profilaxis

Los cuidados de la salud del ganado son mínimos. 29% de los productores aplican vacunas una o dos veces al año. El gasto promedio por productor en profilaxis es de \$327.29 al año.

Destino de la producción

La producción de productos derivados de la leche es mínima y para autoconsumo. La producción de reses para la venta en el mercado local varía de productor a productor. Una res criolla pesa por lo general cerca de 250 kg. El precio de la carne en pie es de hasta \$7.00 /kg y depende de la calidad y raza de la vaca. Así, los productores pueden obtener desde \$1,500 hasta \$8000 por una res. El ganado se vende localmente a compradores foráneos o de las mismas comunidades. En la siguiente tabla se resumen los datos más importantes sobre este sistema. La tabla 7 resume las características del subsistema de producción de ganado bovino por comunidad.

Tabla 7. Subsistema ganadero (Bovinos)

Comunidad	Umécuaro	Nieves	Rancherías	General: todas las comunidades
Superficie ganadera por productor	3 ha	2.5 ha	7.5 ha	3.62 ha
No de unidades animales (UA) por productor	Promedio: 3.7 UA Max: 11 UA 53.8% tiene entre 0-y 2.7 UA 15.14% entre 3.3 y 5.5 UA 23.1% entre 6.1 y 8.3 UA 7.7% tiene entre 8.8 y 11 UA	Promedio:3 UA Max:9.4 UA 57.1 % tiene entre 0-y 2.7 UA 42.9% entre 3.3 y 5.5 UA 0% entre 6.1 y 8.3 UA 0 % tiene entre 8.8 y 11 UA	Promedio: 2.8 Max: 3.3 UA 85.7% tiene entre 0 y 2.7 UA 0 % tiene entre 8.8 y 11 UA	Promedio: 3.6 UA Max: 11 UA
Alimentación	Agostadero (lluvias) Pienso (comprado) en estiaje			
UA por ha	0.74	0.66	0.16	0.52
Producción de leche	En temporada de lluvias, para autoconsumo			
Destino de la producción	Mercado local			
Relación beneficio/costo de la producción ^b	0.30	0.34	-0.30	0.21

^a un jornal equivale a la mano de obra de un peón durante una jornada de trabajo. Los peones reciben de \$150.00 a \$200.00 o un costal de maíz por jornada.

^b El cálculo de la relación beneficio/costo incluyó los costos de alimentación (rastreo, alimento comprado), profilaxis y tiempo invertido, mientras que el beneficio se calculó considerando que un productor vende al menos una cabeza de ganado al año por \$6.00 el kilogramo y que una cabeza pesa en promedio aproximadamente 250 a 300 kg.

Breve historia de la actividad

Uno de los principales productos forestales no-maderables que se extraen de los bosques templados es la resina de pino. A pesar de que México presenta la mayor diversidad del género *Pinus* en el mundo, no todas las especies de pino que existen en el país pueden ser aprovechadas para extraer su resina. La especie comúnmente resinada es *P. oocarpa*, sin embargo suelen resinarse varias especies de pino (*P. oocarpa*, *P. michoacana*, *P. tecote*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*), al encontrarse éstos en proximidad con los pinos de mejor calidad de resina. En la década de los 80 y 90 se dio una caída en la producción nacional, pasando de las 60 000 t / año a principios de los 80's, a 30 000 t /año a comienzos de los 90. La producción de resina cruda y trementina (aguarrás) estaba alrededor de las 22 000 t y 4000 t respectivamente en 1991; la mayor parte de la producción se consumía en el mercado doméstico (FAO, 1995a: 13). Michoacán participaba con más del 90% de la producción. Actualmente el valor de la producción nacional es de 66.5 millones de pesos, lo que representa el 29% del valor total de los productos forestales no maderables del país (SEMARNAT, 2004).

La extracción de resina en las regiones aledañas a la microcuenca de Umécuaro se ha llevado a cabo desde los años cuarenta. En 1970 el gobierno del estado constituyó la resinera ejidal “Melchor Ocampo” y la resinera comunal “Lázaro Cárdenas”, y en 1973, cuando la veda de los aprovechamientos de madera en la región se derogó, se constituyó la paraestatal “Productos Forestales de Michoacán”, la cual tenía el objetivo de participar en los aprovechamientos de la zona de Acuitzio y Villa Madero. El mal manejo de estas empresas las llevó a la quiebra (Merino y Alatorre, 1997). Actualmente, la industria resinera más importante en la región es EL PINO (o PINOSA), la cual compra la resina que colectan los pobladores.

Características de la actividad forestal en las comunidades estudiadas

Superficie de bosque

La superficie total de bosque en la cuenca para el año 2007 fue de 1,671 ha (según el diagnóstico SAGARPA 2004, la superficie de bosque para el año 2004 era de 1,961.9 ha, lo que implica, suponiendo estimaciones comparables, una reducción para el 2007). Las zonas de bosque pertenecen a las áreas comunes, aunque en todas las comunidades, estas áreas han sido divididas entre los ejidatarios, para que cada propietario pueda manejar su predio como desee. En promedio los productores cuentan con 5 ha de bosque, habiendo productores que tienen hasta 20 ha y otros, principalmente pequeños propietarios y vecindados, que no cuentan con terreno boscoso.

Número de especies que maneja, productos que obtiene y destino de los productos

Los usos principales de los recursos forestales son la extracción de leña para cocinar, extracción de madera para la construcción y la extracción de resina. Otros productos que se obtienen del bosque son las zarzamoras (en temporada seca), los hongos (en temporada de lluvias), el musgo (en navidad) y la tierra de encino. Uno de los recursos que se presenta en abundancia es el *Crataegus pubescens* (Tejocote), producto que a pesar de ser comestible, no se aprovecha.

Extracción de resina

La resina es uno de los productos más importantes que se obtienen de los bosques de pino-encino de Michoacán. Su extracción se realiza en los meses secos (diciembre a junio). Cada semana los resineros “pican” los pinos (hacen cortes verticales de aproximadamente un metro de longitud) y cada dos meses recolectan la resina que se haya acumulado en las caras expuestas del pino (Figura 11). La herramienta que se utiliza es un pico especial. El rendimiento estimado de resina por hectárea es de 194 kg/ha cada dos meses. El valor del kilogramo de resina es de \$6.00 en el mercado local. La resina colectada se vende a la industria “El Pino” de Morelia. Un productor puede obtener en promedio \$1,166 /ha cada dos meses. Este monto no representa los ingresos de todos los resineros, pues algunos resinan el bosque a medias, obteniendo cerca de \$1,086.33/ha cada dos meses, mientras quienes resinan las mayores superficies, o quienes dedican la mayor parte de su tiempo a esta actividad, pueden obtener desde \$12,000.00 hasta \$21,120 cada dos meses.

Para recolectar la resina, los resineros llevan una yegua cargada con un recipiente grande. El uso de animales para transportar los productos reduce el impacto ambiental de esta actividad en la calidad del suelo. Sin embargo, la resinación es una actividad que, si se realiza de forma desordenada y sin el cuidado necesario, puede poner en riesgo la salud de los pinos y del bosque en general. Uno de los resineros más viejos refirió que antes de que se resinaran los bosques de Nieves, éstos estaban en buen estado. Sin embargo, poco después de que comenzaron a resinarse se observó la presencia de el gusano descortezador (*Dendroctonus* sp.), la cual incrementa la vulnerabilidad de los pinos a contraer enfermedades y al fuego. La resinación puede ser una actividad sustentable sólo si se realiza en forma ordenada, tomando los cuidados necesarios para prevenir y combatir a las plagas de los pinos.

Figura 11. Fotografía de pino resinado y herramientas para la resinación.



Manejo del bosque

Existe un reglamento externo que rige las actividades de aprovechamiento. Los habitantes no pueden talar árboles que no hayan sido previamente marcados por las autoridades de la Comisión Forestal del Estado; tampoco pueden permitir que su ganado padezca en estas zonas; los productores que extraen resina pueden realizar esta actividad bajo su propio criterio de aprovechamiento. Los resineros realizan labores de limpieza tales como extraer la leña seca o árboles muertos, cortar árboles que estén plagados, y controlar la dispersión de la plaga con productos químicos especiales que reciben de los técnicos forestales.

Uno de los problemas que más restringe el cuidado del bosque es el de las leyes forestales que exigen a los productores cumplir con una serie de requisitos y procesos burocráticos para cortar un árbol. Obtener los permisos requiere tiempo y dinero; por ello, cuando se quiere talar los árboles plagados muchas veces se recurre a la tala clandestina, pues los trámites para obtener los permisos pueden tomar el tiempo suficiente para que la plaga se disperse a otras zonas del bosque.

La falta de cohesión de los productores les imposibilita el trabajo colectivo, pues mientras unos productores cercan sus parcelas para que en ellas puedan crecer árboles de renuevo, otros llevan su ganado a pastar en estas zonas, o cortan árboles sin autorización. Estas actividades disminuyen la posibilidad de la comunidad de ser seleccionada para algún programa de pago por servicios ambientales.

Apoyos recibidos para cuidar el bosque

Existe un grupo de ejidatarios que recibe apoyos de la Comisión Nacional Forestal en dinero (\$3000.00) y en especie (3,500 árboles, postes, alambre para cercos) para realizar reforestación. Algunos productores han reforestado en predios anteriormente de uso agrícola. Un productor nos hizo notar que los árboles que crecen de semillas que se dispersan por acción de los componentes naturales (viento, agua, animales) tienen mejor posibilidad de establecerse (Figura 12). La tabla 8 resume las características del subsistema forestal por comunidad.

Figura 12. Pino establecido naturalmente.



Tabla 8. Subsistema forestal.

Comunidad	Umécuaro	Nieves	Rancherías
Superficie bosque	4.3 ha	3.0 ha	6.5 ha
No. de especies que maneja	<i>Pinus</i> sp., <i>Quercus</i> sp. <i>Baccharis</i> sp., <i>Arbutus</i> <i>xalapensis</i> , <i>Acacia farnesiana</i>	<i>Pinus</i> sp., <i>Quercus</i> sp.	<i>Pinus</i> sp.
No. de especies arbóreas y arbustivas presentes en la zonas de bosque aledañas	Total: 20	Total: 16	Total: 8
% de productores que extraen resina	50%	100%	85%
Rendimiento/ha/año	1,360 kg/ha	1,197 kg/ha	1,079 kg/ha
Relación B/C ^a	5.9	6.3	2

Subsistema de solares

Breve historia de la actividad

El solar es el espacio que rodea e incluye a la vivienda rural. En él se puede llevar a cabo la producción de hortalizas, además de la producción animal y de otras especies vegetales que contribuyen a la satisfacción de necesidades específicas y requieren de la atención cuidadosa del grupo familiar. Este lugar es también el espacio en donde se da una transmisión intergeneracional de conocimientos importantes sobre su manejo (Parra, 2006).

En la zona ecológica templada subhúmeda los huertos/solares familiares tienden a ser menos diversos que en las regiones tropicales, además de que están dominados por especies introducidas del viejo mundo. La diversidad de las plantas tiende a ser baja y solo se plantan especies nativas como el tejocote (*Crataegus* sp.). En algunas partes se propagan vegetativamente en huertos, campos y cementerios, especies ornamentales y medicinales tales como siempreviva (*Sedum oxypetalum*), saúco (*Sambucus mexicana*) y salvia (*Salvia microphylla*). La diversidad de árboles frutales es baja, constituida por especies del viejo mundo tales como higuera (*Ficus carica*), granado (*Punica granatum*), duraznero (*Prunus pérsica*) y manzano (*Malus sylvestris*) (Challenger, 1998).

En algunas zonas los solares representan un centro de domesticación, manejo y experimentación con plantas locales, razón por la cual se les considera un banco de germoplasma y un componente principal de la agricultura en pequeña escala (Parra, 2006).

Características de la producción en solares de las comunidades estudiadas

Superficie manejada

La superficie promedio que manejan los productores es de 0.7 ha (7000 m² o lotes de 70 m x 100 m). Dentro de esta superficie se ubican por lo regular las viviendas, árboles frutales y ornamentales, plantas medicinales y ornamentales, animales de traspatio sueltos o en pequeños corrales y en algunos casos ganado bovino en corrales. Dentro de esta superficie también se cultivan algunos cereales y leguminosas.

Número de especies animales manejadas

Por lo general se manejan 4 especies animales: gallinas, guajolotes, cerdos y patos.

Número de especies vegetales que se manejan

En los solares familiares se manejan alrededor de 68 especies de plantas medicinales, ornamentales y alimenticias. De esas 24 de las mencionadas son alimenticias, 17 medicinales y 27 ornamentales.

Las plantas medicinales y ornamentales manejadas, por su nombre común son:

Medicinales: Altamisa, apio, árnica, borraja, cedrón, epazote, flor de tila, hierba buena, hinojo, istafiate, maestra, mejorana, manzanilla, mucla, mirto, romero, rosa de castilla, ruda, picanardo, poleo, pasiflora, sávila, salvia, toronjil y vaporub.

Ornamentales: Violeta, alcatraz, azucena, belén, campanita, cola de borrego, contal, floripondio, geranio de olor, geranio, hortensia, josefina, malva, margarita, noche buena, primavera, rosal, trébol, teresita, fresno, encino, eucalipto, jacaranda, pino, cedro, palmas, magueyes y diversas suculentas y helechos.

Alimenticias: aguacate, capulín, ciruelo, chabacano, chile, chayote, durazo, guayabo, granado, limón, naranjo, nogal, nopal, manzano perón (variedad de manzano), míspero (níspero), membrillo, peral, plátano, tejocote, zarzamora, zapote y piñón. Forrajeras: cebada y canamargo (*Vicia sativa*).

En el Anexo V se presentan los nombres científicos de las especies encontradas en los solares.

Productos obtenidos

En los solares se producen artículos importantes para la alimentación de la población, entre los que se encuentra la carne de pollo, de cerdo y huevos, diversas frutas y plantas medicinales. Los productos son para autoconsumo, aunque algunos productores llegan a vender eventualmente algunos de los productos.

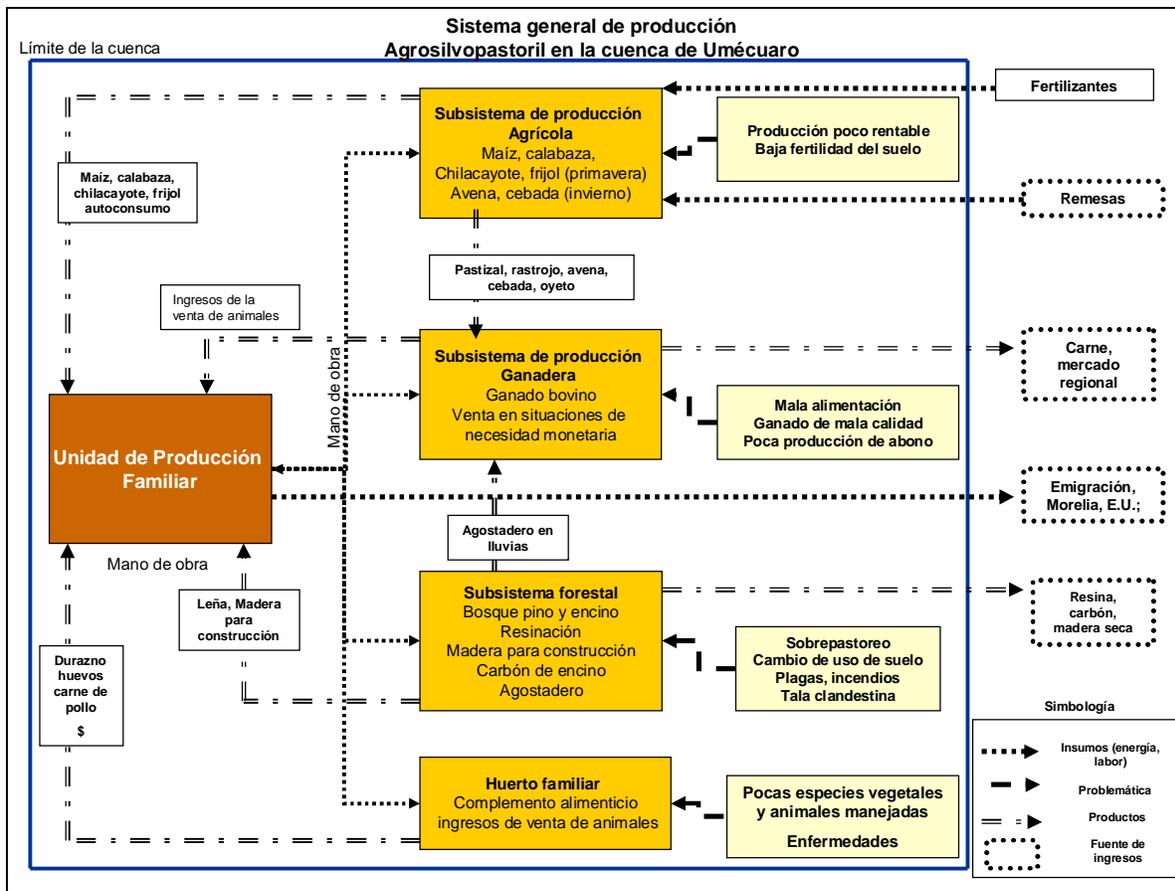
Manejo de los solares

El manejo que se les da a los solares es mínimo: no es común que se les fertilice o que se utilice algún tipo de plaguicida. La mayoría de los productores comentaron que los solares “se cuidan solos” (en palabras de un productor), es decir, que reciben muy poca atención de los pobladores. Empero, en las visitas observamos productores que tenían sus árboles bajo cuidados tales como protección para heladas (bolsas de plástico o cobijas que cubrían a los árboles), también

escuchamos comentarios sobre el tiempo que invierten en regar o en cuidar que los árboles no se plaguen.

La figura 13 muestra de manera resumida las relaciones entre los diferentes subsistemas.

Figura 13. Modelo sistémico de los sistemas de producción en la microcuenca.



Además de las actividades productivas ya descritas se realizan en la microcuenca otras actividades de menor importancia a escala de la microcuenca, aunque de gran importancia para el limitado número de familias que las realizan.

4.11. Pesca y turismo

Los pobladores que más provecho obtienen de la pesca y del turismo son aquellos que habitan en las comunidades cercanas a las presas, sobre todo en la comunidad de Umécuaro. Estas actividades constituyen un complemento a los ingresos que se generan a través de otras actividades dentro y fuera de la cuenca, pero no es una actividad confiable durante temporadas de baja afluencia turística (Figura 14).

Figura 14. Fotografía de pescador en la presa de Umécuaro.

Fotografía: Arturo Gómez Saavedra 2008.



4.12. Producción en huertas de aguacate

La producción de intensiva de aguacate en huertas es una actividad que está tomando importancia en la región. Observamos que en la microcuenca los propietarios de las huertas que visitamos son tres, pertenecientes, aparentemente, a la misma familia, provenientes de fuera de la cuenca. A pesar de que este sistema no se analizará con más detalle, es importante mencionar que es un sistema que ha generado un alto impacto a través de la deforestación, el uso de agua y el uso de agroquímicos, entre los que se observó personalmente el Boronat granular (B_2O_3)¹⁵, azufre simple¹⁶, óxido de magnesio, carbonato de calcio, sulfato de cobre pentahidratado¹⁷, urea¹⁸, celsio simple, sulfato de cobre, fosfonitrato, cloruro de potasio¹⁹, y citrolina²⁰ entre otros.

Entre los plaguicidas están: paclobutrazol²¹ y parathión metílico²². En el control de la plaga de tuza se utiliza una bomba de amonio que ahuyenta las tuzas.

Según un cálculo estimado, el rendimiento de aguacate para una huerta de aproximadamente 50 hectáreas es de 22,500 a 30,000 kg o 450 a 600 kg/ha. Según mi cálculo, una huerta de 50 ha puede generar hasta \$490,000.00 por cosecha y llegan a tenerse hasta dos cosechas al año.

Las huertas se han establecido en su mayoría en zonas en donde existían barbechos o predios en descanso. Sin embargo tenemos el ejemplo de una huerta que fue establecida en una zona de bosque. El establecimiento de esta huerta suscitó conflictos entre los pobladores locales, según comentarios de los mismos. Los pobladores en general se muestran preocupados por la presencia

¹⁵ La mezcla Boronat es un fertilizante que contiene boro, calcio, potasio, magnesio, hierro y azufre. El azufre simple

¹⁶ El azufre se utiliza como fungicida y como componente en fertilizantes.

¹⁷ El sulfato de cobre es un fungicida. Fuente :

<http://cofepris.salud.gob.mx/cis/tramites/infpyv/REGNUTVEG2005.pdf>. Consultado: 23 de marzo de 2009.

¹⁸ Fertilizante compuesto por oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y carbono.

¹⁹ El cloruro de potasio contiene cloro y potasio y se utiliza como fertilizante.

<http://cofepris.salud.gob.mx/cis/tramites/infpyv/REGNUTVEG2005.pdf>. Consultado: 23 de marzo de 2009.

²⁰ Agroquímico fungicida.

²¹ Regulador del crecimiento. Fuente : <http://es.wikipedia.org/wiki/Paclobutrazol>. Consultado: 23 de marzo de 2009.

²² Insecticida organofosforado de persistencia moderada en el ambiente. Fuente :

http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/pdf/paration_metilico.pdf. Consulta: 23 de marzo de 2009.

de estas huertas, pues las asocian con la disminución de agua de buena calidad, la contaminación (futura) del agua, del suelo (por el uso de productos agroquímicos) y porque no están contribuyendo de forma significativa a generar fuentes de empleo en la zona.

4.13. Tipología de los sistemas estudiados

Conocer las características generales que se presentan en todos los sistemas nos permite generar una tipología de producción que resuma los componentes más importantes de los sistemas dentro de la cuenca. A través de la generación de una tipología podemos reconocer diferencias entre los subsistemas en cuanto a sus componentes biofísicos, sociales y económicos. La tipología debe incluir un grupo de características que se consideren relevantes para el estudio de los sistemas, pero que además sean comparables en la misma escala (la unidad de producción familiar, la comunidad o la cuenca) y cuyos componentes tengan además relevancia a escala del suprasistema y de los subsistemas (Ortiz, en prensa; Astier, en prensa).

Toledo *et al.* (2002) propusieron una tipología de los productores rurales de México con base en nueve criterios o indicadores, cuyo objetivo es discernir el grado de campesinidad o agroindustrialidad que presentan las regiones de México. Según los autores de *La Modernización Rural de México: un análisis socioecológico*, la transición del modo de apropiación campesino al agroindustrial fue posible debido al uso de nuevas fuentes de energía (carbón, petróleo, gas), las cuales permitieron a los productores extraer un mayor flujo de bienes y aumentar la productividad del trabajo. Esta transición también magnificó la escala de la producción, promovió la especialización y la dependencia de los productores en insumos externos, al tiempo que garantizó el abasto de alimentos, materias primas, agua, energía y materiales hacia las ciudades. Las consecuencias de este salto cualitativo en la forma en que se apropia a la naturaleza ha llevado consigo consecuencias sociales, económicas, agrarias y tecnológicas en todos los espacios rurales del mundo (Toledo *et al.* 2002: 36).

La tipología propuesta por Toledo *et al.* (2002) incluye nueve indicadores, los cuales a su vez consideran un grupo de variables, que describen las condiciones productivas de los productores rurales del país. Los parámetros incluidos se muestran en la tabla 9. La escala en la que se pondera el índice va desde 0 a 1, en donde los valores más cercanos a cero indican un sistema campesino y los cercanos a 1 un sistema agroindustrial.

El objetivo de generar una tipología de los productores rurales de la cuenca de Umécuaro- Loma Caliente es el conocer en qué grado de especialización o agro-industrialización se encuentran éstos y poder comparar a ésta región con el resto del estado, con base en la tipología generada por Toledo *et al.* (2002) para las regiones de Michoacán.

En la tabla 9 se muestra un resumen de las variables consideradas para obtener cada uno de los parámetros, según la metodología sugerida por Toledo *et al.* (2002). Los parámetros y métodos considerados para generar la tipología se muestran en el anexo III.

Tabla 9. Tipología de los sistemas de producción rural de la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente. Generación con base en Toledo *et al.* (2002).

Parámetro	Variable	Fuente	Umécuaro	Nieves	Rancherías	Promedio de la cuenca
I. Energía	A. Energía Doméstica	INEGI 2005	1-(.92)= 0.08	1-(.935)= 0.06	1-(87.5)= 0.14	0.09
	B. Energía Productiva	Cuestionarios	0.83	0.63	0.67	0.71
	C. Energía transformadora	Cuestionarios	0	0.31	0	0.1
	Energía		0.30	0.33	0.27	0.3
II. Escala	D. Tamaño del predio y disponibilidad de riego	Cuestionarios	0.46	0	0.86	0.44
	E. Tamaño del hato (Bovino y porcino)	Cuestionarios	0.15	0.03	0	0.06
	F. Nivel de intensificación ganadera (porcina y avícola)	Cuestionarios	0	0	0	0
	Escala		0.20	0.01	0.29	0.17
III. Autosuficiencia (AUT)	G. Autosuficiencia alimentaria	Cuestionarios	0.46	0.57	0.71	0.58
	H. Autosuficiencia productiva	Cuestionarios	0.21	0.28	0.21	0.23
	I. Autoconsumo agropecuario y forestal	Cuestionarios	0.66	0.66	0.66	0.66
	J. Autosuficiencia genética	Cuestionarios	0	0	0	0
	K. Autosuficiencia financiera	Cuestionarios	0	0	0	0
	Autosuficiencia		0.27	0.30	0.32	0.30
IV. Fuerza de trabajo	L. Empleo de mano de obra (jornaleros)	Cuestionarios	0.23	0.07	0.29	0.20
V. Diversidad	M. Diversidad ecogeográfica	SAGARPA (2004)	0.10	0.10	0.10	0.10
	N. Diversidad productiva	SAGARPA (2004)	0.14	0.12	0.46	0.24
	o. Diversidad biológica	SAGARPA (2004) y Toledo <i>et al.</i> (2000)	0.89	0.89	0.89	0.89
	Diversidad		0.37	0.37	0.48	0.41
VI. Productividad del trabajo	P. Rendimiento por jornales invertidos	Cuestionarios	0.01	.01	0	0
VII. Productividad energética	Q. Balance energético		S/O	S/O	S/O	S/O
VIII. Conocimientos	R. Asistencia técnica pagada	Cuestionarios	0	0	0	0
IX. Cosmovisión	S. Población hablante de lengua indígena	Censo	0	0	0	0
	Índice de campesinidad-agroindustrialidad		0.17	0.13	0.20	0.17

4.14. Problemática de las unidades de producción rural en la cuenca

Las comunidades estudiadas comparten una problemática ambiental similar. En la siguiente tabla (10) se muestran las fortalezas y debilidades que se distinguen como las más importantes para este estudio. Con base en este diagnóstico se seleccionaron los indicadores que se analizan en el siguiente capítulo.

Tabla 10. Fortalezas y debilidades de los sistemas de producción en la microcuenca

Esfera	Fortalezas	Debilidades
Social	En algunas comunidades, organización para construir clínica en colaboración con municipio	Limitados servicios de salud
		Bajo nivel de educación
		Alta emigración
	En Nieves, interés por conservar el bosque e implementar plan de manejo forestal	Desorganización social y apatía por buscar nuevas estrategias
	Presencia de manantiales en diversas zonas de la cuenca	Reducción en la cantidad de agua potable disponible
	Conocimiento de algunas mujeres sobre usos de plantas medicinales	Desconocimiento sobre cómo aprovechar los recursos naturales (silvestres) disponibles
Económica	Interés por conocer alternativas de producción	Alternativas productivas limitadas
		Mano de obra escasa para labores intensivas
	Suelos fértiles cuando se les maneja apropiadamente	Recursos (insumos) limitados para la producción
	Interés por utilizar insumos orgánicos menos costosos	Alta dependencia en insumos a base de energía fósil/ insumos producidos fuera de la cuenca
	Iniciativa para obtener recursos por vías alternas	Dependencia de agencias de gobierno para lograr los ciclos productivos
		Precios bajos de los productos en el mercado
		Alta dependencia en recursos externos para mantener sistemas productivos
Ambiental	Recuperación de vegetación en barbechos y predios abandonados o en desuso	Deforestación y cambio de uso de suelo a usos más intensivos (huertas de aguacate)
		Balance hídrico negativo en el nivel de cuenca
	Disponibilidad de agua suficiente para el consumo humano en algunas comunidades, buen cuidado de los manantiales	Reducción de la cantidad de agua disponible para los ecosistemas y la población humana en el resto de la cuenca
		Temporada de lluvias cada vez más corta
		Reducción de la diversidad biológica
	Uso de fertilizantes orgánicos en gran parte de la cuenca	Contaminación de suelos y cuerpos de agua por productos agroquímicos
	Implementación de medidas de restauración de suelos (cárcavas) en algunas zonas de la cuenca	Erosión moderada a severa (cárcavas) en pendientes fuertes

5. Selección e integración de indicadores

En este estudio se integran diferentes tipos de indicadores, cada uno con una forma de evaluar distinta, en dependencia de lo que se pretendía conocer a través del indicador y de las posibilidades que se tuvieron de medir y obtener información para ponderar los resultados. En la tabla 11 se presentan los atributos de sustentabilidad considerados, los criterios de diagnóstico que corresponden con cada atributo y los indicadores seleccionados para evaluar los criterios. Debemos notar que la selección de los indicadores fue un proceso largo, que se vio afectado por la información, cada vez más completa, sobre los sistemas a estudiar y por las carencias en cuanto al tiempo y recursos para la medición. Así, se logró conjuntar un grupo de indicadores que pudieran medirse y que mostraran información útil para los productores, académicos e instancias de gobierno.

Tabla 11. Atributos, puntos críticos, criterios e indicadores para los sistemas de producción rural en la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente.

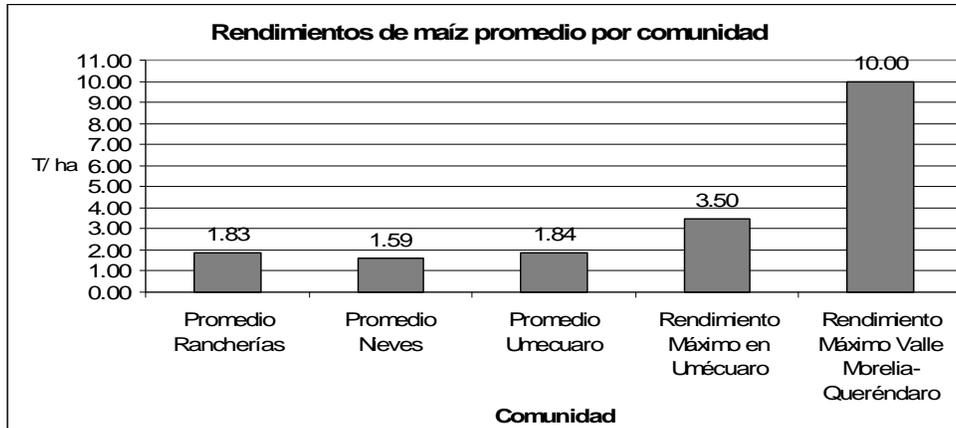
Atributo	Problemática (Puntos críticos)	Criterios	Indicadores
Productividad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bajos rendimientos ▪ Sistemas poco rentables 	Eficiencia	1. Rendimientos de maíz 2. No. de hectáreas por Unidad Animal de ganado bovino 3. Rendimientos de resina
Resiliencia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pérdida de la fertilidad de los suelos y otras propiedades funcionales ▪ Baja diversidad beta (Tipos de ecosistemas) ▪ Sistemas forestales degradados 	Conservación de recursos	4. Uso de fertilizantes orgánicos para la producción de maíz 5. Superficie de bosque deforestada 6. Índice de perturbación 7. Diversidad de los estratos arbóreo y arbustivo del bosque de pino-encino 8. Incidencia de poblaciones de <i>Melanoplus</i> sp. en milpas.
Confiabilidad Estabilidad Adaptabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistemas de generación de ingresos poco confiables ▪ Falta de alternativas productivas dentro de la cuenca 	Mecanismos de distribución del riesgo	9. Relación beneficio costo de la producción de maíz 10. Relación beneficio costo de la producción de ganado bovino 11. Relación beneficio costo de la producción de resina 12. Porcentaje de productores que mantienen una empresa alternativa 13. Índice de diversidad pecuaria 14. Índice de diversidad de especies vegetales alimenticias en solares
Auto-suficiencia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja disponibilidad de recursos para la producción 	Control de los medios de producción	15. Dependencia en remesas para sostener sistemas productivos

Para facilitar la presentación de los resultados y su posterior discusión, los indicadores se organizaron según el sistema de producción al que se asocian.

5.1.1. Rendimientos agrícolas

En la figura 15 se muestran las diferencias encontradas del rendimiento promedio entre las comunidades comparadas. Como punto de comparación a nivel regional, se muestra el rendimiento promedio en el Valle Morelia-Queréndaro, localizado también dentro de la cuenca de Cuitzeo.

Figura 15. Gráfica de rendimientos promedio de maíz en toneladas por hectárea.



La prueba de ANOVA de una vía con un nivel de significancia (α) de 0.05 mostró que no existen diferencias significativas de los rendimientos promedios de maíz entre las tres comunidades estudiadas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Valor de F	Valor de P
Modelo	2	436984.023	218492.011	0.33597	0.71770
Error	26	16908836.7	650339.872		

5.1.2. Relación beneficio costo de la producción de maíz

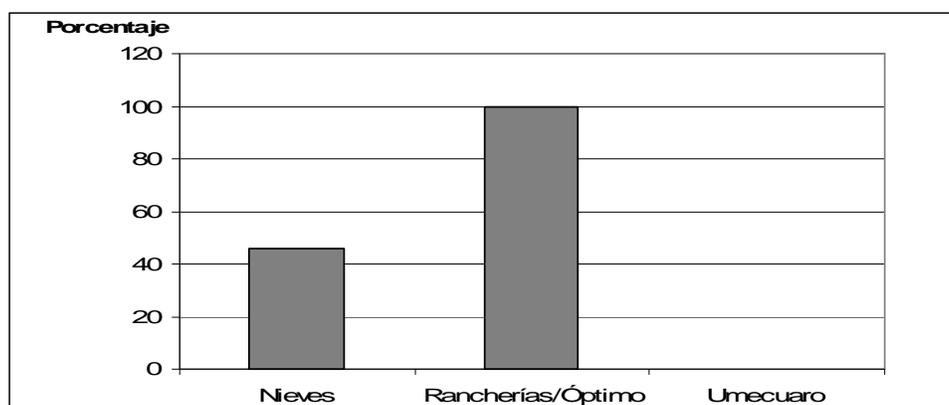
En las tres comunidades encontramos una relación del beneficio/costo negativa. Una relación de 1 indica que la inversión de la producción se recupera en el proceso, pero no existen ganancias. Un valor fraccionario representa una pérdida en el proceso productivo, ya que no se recupera la inversión. Un valor de cero o menor indica un fracaso en la cosecha, mientras que un valor sobre uno indica que se ha generado una ganancia, o en otras palabras, un beneficio monetario. El beneficio/costo del rendimiento de maíz fue comparado usando la prueba de ANOVA, la cual indica que los resultados por comunidad no muestran diferencias significativas a un α de 0.05 (Con la previa aplicación de la prueba de Levine de homogeneidad de varianzas que indica que la variación entre muestras no es significativa).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Valor de F	Valor de P
Modelo	2	0.198574642	0.0992873208	0.19023	0.82795
Error	25	13.0481091	0.521924364		

5.1.3. Uso de fertilizantes orgánicos para la producción de maíz

En la figura 16 se muestra el porcentaje de productores en cada comunidad que utiliza fertilizante orgánico. Observamos que la comunidad de Nieves está en una transición hacia el uso de fertilizantes inorgánicos, mientras que en las rancherías se utiliza solamente fertilizante orgánico.

Figura 16. Porcentaje de productores de cada comunidad que utiliza fertilizante orgánico



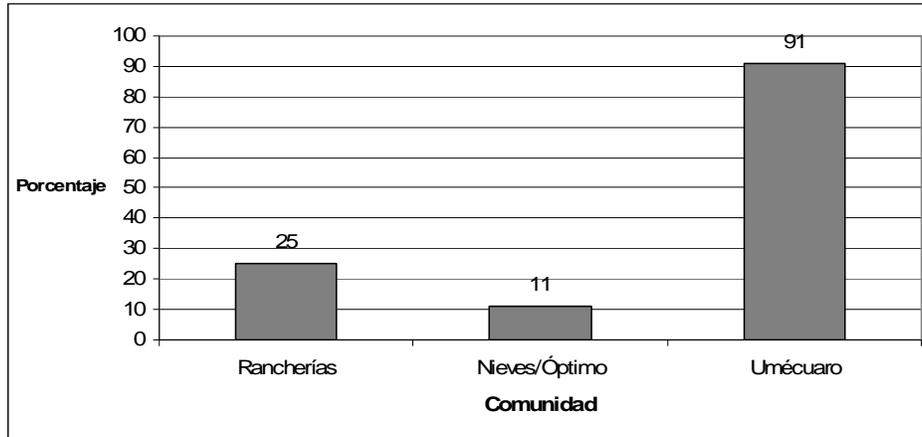
La prueba de ANOVA entre los rendimientos en donde se utilizó fertilizante sintético y en donde se utilizó fertilizante orgánico no muestra diferencias significativas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Valor de F	Valor de P
Modelo	1	35311.1538	35311.1538	0.04966	0.82554
Error	24	17064935.0	711038.958		

5.1.4. Incidencia de poblaciones de *Melanoplus differentialis* en milpas.

La plaga de *Melanoplus differentialis* es una plaga que no se había presentado con la intensidad con la que ahora se presenta en la microcuenca, fenómeno que llama la atención a los productores. Por esta razón, una de las preguntas estuvo enfocada a conocer la incidencia de estas plagas en las milpas de los productores estudiados. La figura 17 muestra la proporción de los productores que reportó una fuerte presencia *M. differentialis* en sus milpas.

Figura 17. Porcentaje de productores por comunidad que reportó la presencia de *Melanoplus sp.*



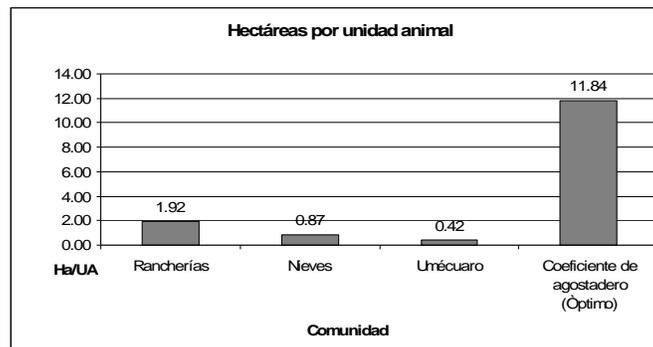
La prueba de Chi cuadrada a un α de 0.05 ($\chi^2_2 = 1.597$; $p = 0.45$) indica que la incidencia de *M. differentialis* no está relacionada con la pertenencia del productor a una comunidad específica.

Producción de ganado bovino

5.1.5. No. de hectáreas por unidades animal de ganado bovino

El coeficiente de agostadero es una medida de la capacidad de la vegetación de un sistema natural para soportar una carga animal, en función de su productividad anual. El valor de referencia utilizado para comparar las comunidades fue el coeficiente de agostadero para el bosque de pino-encino (Bosque aciculifolio en la meseta tarasca con *Pinus sp.*) de esta región de Michoacán. El coeficiente calculado por la COTECOCA (SAGARPA, 2002) es de 11.84 hectáreas por unidad animal. La figura 18 presenta el coeficiente de agostadero promedio que asignan los productores a la producción ganadera; los valores obtenidos para las tres comunidades están por debajo del valor óptimo indicado por el coeficiente de agostadero. Para conocer si existen diferencias entre el número de hectáreas que asignan los productores entre comunidades realizamos una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Esta prueba indica que no existen diferencias en los promedios entre comunidades ($H = 3.478$, $p = 0.176$, con dos grados de libertad).

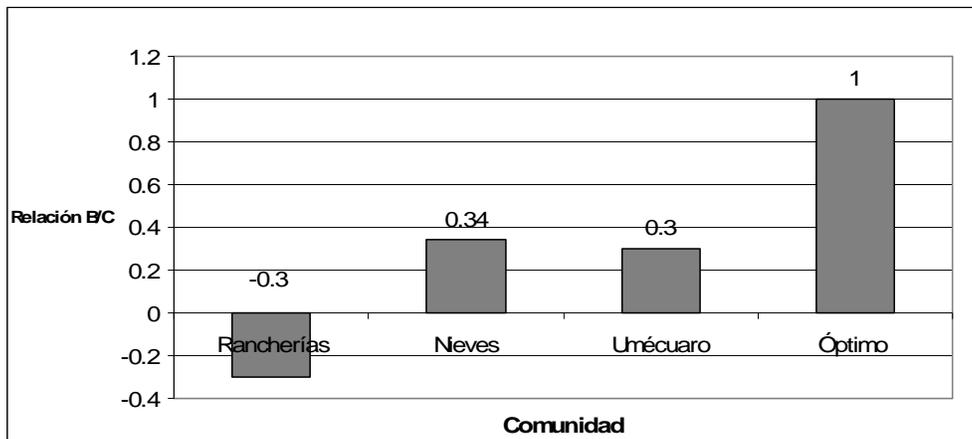
Figura 18. Carga animal en los agostaderos por localidad



5.1.6. Relación beneficio costo de la producción de ganado

El método utilizado para obtener la relación beneficio/costo de la producción ganadera se mencionó ya en la sección de métodos. La relación del beneficio/costo se presenta en la figura 19.

Figura 19. Relación beneficio/costo por comunidad de la producción ganadera.



Para las Rancherías el promedio del hato bovino es de 2.8, mientras que en Nieves y Umécuaro es de 5.4 y 6.7 respectivamente. El beneficio que obtienen los productores por la producción de ganado varía según la comunidad. En las Rancherías, el beneficio que se obtiene en este subsistema en todas las UPR es nulo. La prueba de t de dos muestras indica que en las otras dos comunidades no se presentan diferencias significativas, a pesar de que se obtiene un beneficio mayor que en las Rancherías.

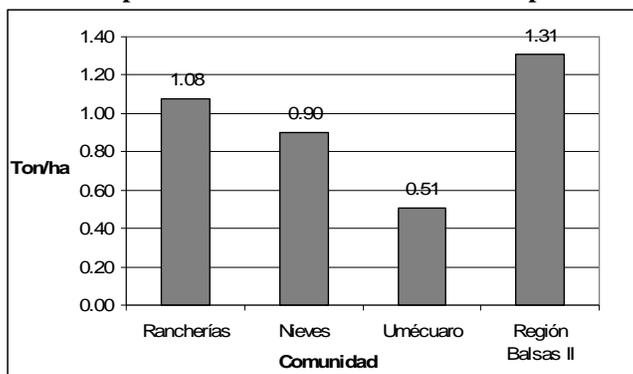
t	Grados de libertad	Probabilidad
0.42042	19	0.67890

Extracción de resina y calidad del bosque

5.1.7. Rendimientos de resina

El rendimiento promedio de resina estimado por la Comisión Forestal de Michoacán (COFOM, 2007) para la región administrativa Balsas III, dentro de la cual se encuentra la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente, es de 1.31 ton/ha. Los promedios por comunidad estudiada son los que se muestran en la figura 20.

Figura 20. Comparación de rendimientos de resina por comunidad.



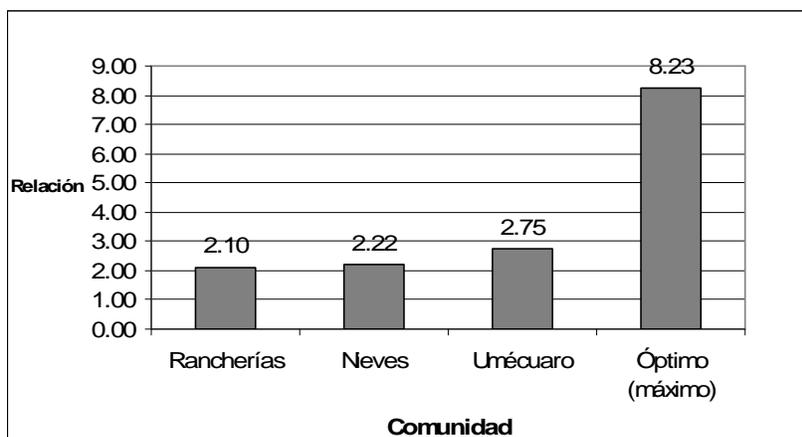
Realizamos una prueba de varianza de una vía que nos permitió inferir que no existen diferencias entre los rendimientos de las tres comunidades (α 0.05, $F=$ 0.70240, $P=$ 0.51467, previa prueba de homogeneidad de varianzas).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Valor de F	Valor de P
Modelo	2	579565.113	289782.556	0.70240	0.51466
Error	12	4950707.07	412558.922		

5.1.8. Relación beneficio costo de la extracción de resina

El valor de referencia de la relación beneficio/costo contra el cual se comparan los rendimientos de las tres comunidades es el máximo obtenido por uno de los productores de la microcuenca (Figura 21). Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para conocer si existen diferencias entre los promedios de la relación beneficio/costo obtenida entre comunidades. Los resultados indican que a un α 0.05, no existen diferencias ($H: =$ 0.230, $p =$ 0.892, con dos grados de libertad).

Figura 21. Relación del beneficio/costo por comunidad y valor máximo reportado.



5.1.9. Superficie deforestada

Los resultados del análisis de cambio de uso de suelo y cubierta vegetal se presentan en las tablas 12 y 13. Las clases representadas son: BM, Bosque Mixto de Pino Encino; BMVG: Bosque Mixto con Vegetación Secundaria; BP: Bosque de Pino; BPR: Renoval de Bosque de Pino; CA: Campo Agrícola; CAg: Cuerpo de Agua (Presas); HA: Huerta de Aguacate; HU: Humedales; PP: Plantación de Pino; VG: Vegetación Secundaria. El error se debe a la superficie por debajo del área mínima cartografiable que cambió entre un año y otro.

**Tabla 12. Matriz de cambio del periodo 1995-2007 y 2007-2019.
Superficies en hectáreas.**

2007/2019	BM	BMVG	BP	BPR	CA	CAg	HA	HU	PP	VG	Sup. Total.
BM	1042	35	0	0	60	0	87	0	0	33	1256
BMVG	60	172	21	4	21	0	0	0	0	70	348
BP	1	1	57	0	0	0	0	0	0	0	59
BPR	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	5
CA	122	0	0	0	2724	0	92	0	0	122	3061
CAg	0	0	0	0	19	149	0	7	0	0	175
HA	0	0	0	0	175	0	0	0	0	0	175
HU	0	0	0	0	0	0	0	191	0	0	191
PP	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
VG	41	5	5	0	82	0	0	0	0	327	459
Sup. Total 2019	1265	217	83	4	3082	149	178	198	3	554	5733

Tabla 13. Matriz de cambio del periodo 1995-2007 en porcentajes.

1995\2007	BM	BMVG	BP	BPR	CA	CAg	HA	HU	PP	VG
BM	83	2.8	0	0	4.8	0	6.9	0.01	0	2.6
BMVG	17	49	6	1	6	0	0	0	0	20
BP	1	2	97	0	0	0	0	0	0	0
BPR	0	73	1	3	0	0	0	0	0	23
CA	4	0	0	0	89	0	3	0	0	4
CAg	0	0	0	0	11	84	0	4	0	0
HA	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
HU	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
PP	0	0	0	0	9	0	0	0	91	0
VG	9	1	1	0	18	0	0	0	0	72

A través de este análisis se identificaron los principales procesos de cambio en la cuenca y se clasificaron con base en el estudio por López *et al.* (2004). La tabla 14 muestra estos procesos y el porcentaje de la cuenca que abarcaron en el periodo de 1995 a 2007.

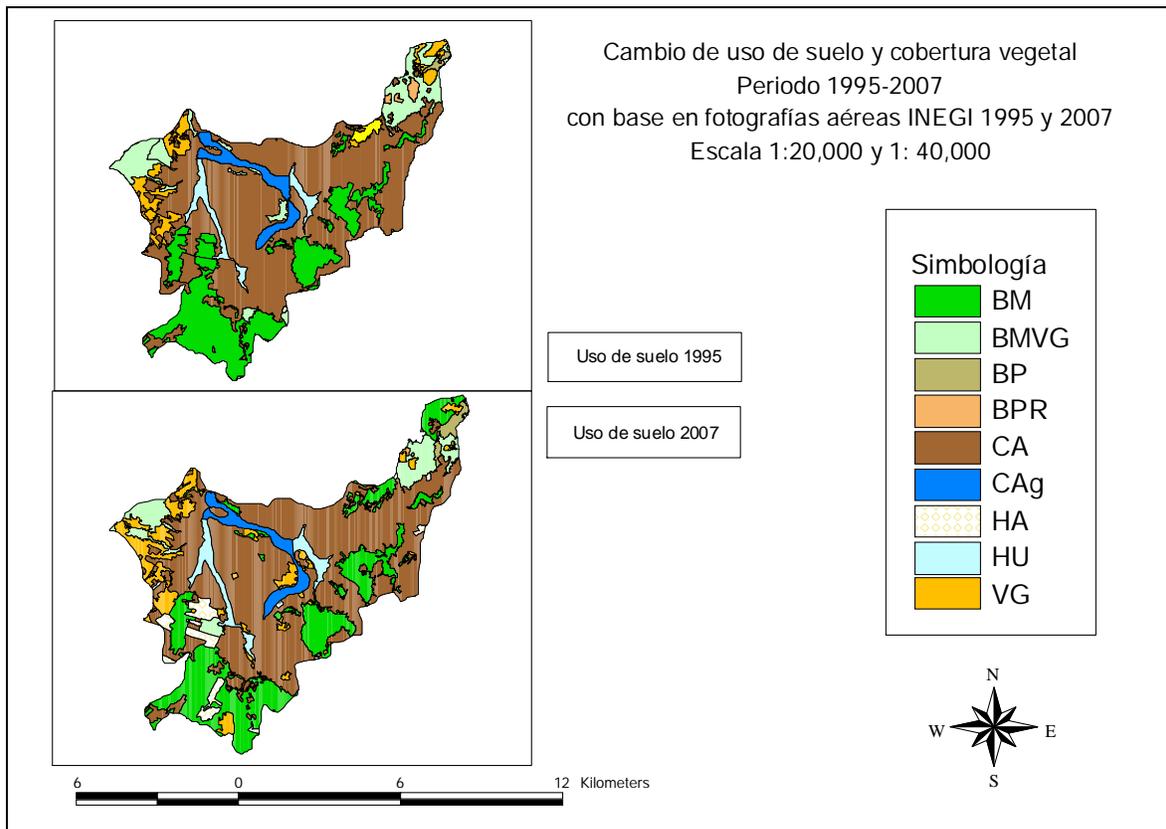
Tabla 14. Procesos de cambio en el periodo 1995-2007.

	Superficie ha	% de la cuenca	Descripción del cambio
Deforestación	291	5	<p>Según Categorías propuestas por López <i>et al.</i> 2004.</p> <p>Deforestación: El cambio de bosques cerrados y con vegetación secundaria a vegetación secundaria.</p> <p>Matorralización: El cambio de campos agrícolas a vegetación secundaria o bosques semiabiertos.</p> <p>Reforestación: El cambio de campos agrícolas o vegetación secundaria a bosques semiabiertos y cerrados.</p> <p>Cambio de cobertura vegetal (Huertas): El cambio de campo agrícola, vegetación secundaria o bosques cerrados o semiabiertos a huertas de aguacate.</p>
Matorralización	131	2	
Reforestación	155	3	
Cambio de cobertura vegetal (Huertas)	175	1	
Superficie que no cambió	4967	87	
Otros cambios	15	0	
Superficie total	5733	100	

Los resultados indican que el uso del suelo en la cuenca ha permanecido estable durante el periodo de análisis. Los deforestación en los bosques es de 5%. La superficie deforestada para establecer milpas u otro uso del suelo excepto huertas de aguacate corresponde a 5% de toda la superficie de la cuenca, mientras que la superficie que ha sido deforestada para

establecer huertas de aguacate representa el 1%, porcentaje que corresponde al 17% de toda la superficie que ha sido deforestada. La figura 22 presenta los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1995 al 2007. Las clases representadas son: Bosque mixto de pino-encino (BM), bosque mixto con vegetación secundaria (BMVG), Renoval de bosque de pino (BPR), campo agrícola (CA), cuerpo de agua (CAg), huerta de aguacate (HA), humedal (HU) y vegetación secundaria (VG). Podemos observar que las zonas de bosque más impactadas se ubican en la zona sur. El cambio de cobertura tuvo como fuerza impulsora el establecimiento de huertas de aguacate, mientras que en la zona oeste se observa una degradación del bosque mixto a vegetación secundaria. Debido en parte a la falta de recursos y en parte a las restricciones para obtener información sobre la tenencia de la tierra, no nos fue posible delimitar las zonas bajo la jurisdicción de cada comunidad. Por esta razón, el mismo valor de deforestación se aplica a todas las comunidades.

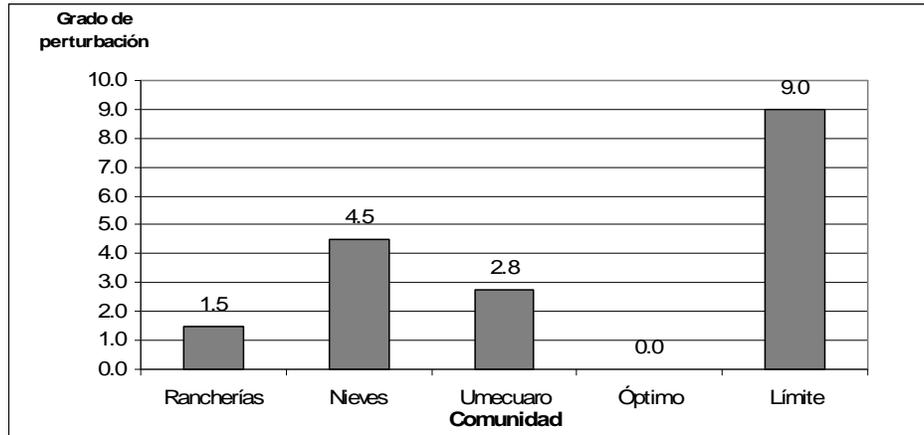
Figura 22. Cambio de uso de suelo y cobertura vegetal 1995-2007.



5.1.10. Índice de perturbación

Con base en estos parámetros mencionados en la metodología para la obtención del índice de perturbación se obtuvieron los valores de la figura 23 para cada comunidad.

Figura 23. Índice de perturbación de las zonas forestales aledañas a las comunidades estudiadas.



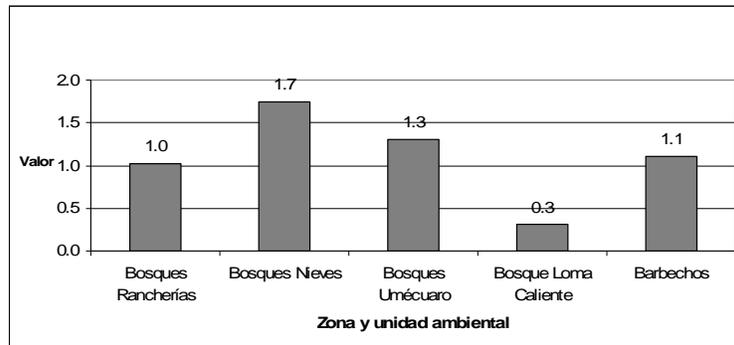
El valor del límite (máximo) indica un predio completamente perturbado (por ejemplo, un predio que ha sido recientemente talado y limpiado para utilizarse como milpa). El óptimo (mínimo) sería una zona bien conservada y cuidada de la influencia de las actividades productivas (ganadería, resinación, etc.). Una zona no perturbada implica la probabilidad de otros riesgos, tales como los incendios, ya que en un área poco perturbada pueden existir factores como la acumulación de leña y residuos vegetales secos, que harían a esta zona propensa a incendios.

Podemos observar un patrón que indica que las zonas menos perturbadas se encuentran próximas o son manejadas por las poblaciones de las Rancherías, mientras que las zonas que presentan mayor perturbación están cercanas o son manejadas por la comunidad con mayor población (Nieves tiene una población de 389, Umécuaro 288 y las Rancherías 92).

5.1.11. Diversidad de los estratos arbóreos y arbustivos de la vegetación del bosque de pino-encino.

Los índices de diversidad biológica de Shannon-Wiener del estrato arbustivo y arbóreo para las tres zonas de bosque muestreadas se presentan en la figura 24. Los sitios fueron agrupados según la comunidad a la cual se encontraban más próximos. Se incluyen en esta gráfica los muestreos en seis sitios de bosque, tres barbechos y un muestreo en el bosque de la comunidad de Loma Caliente, el cual tiene un índice de perturbación menor a los demás sitios.

Figura 24. Índice de diversidad de Shannon-Wiener por zona muestreada.



Observamos que los sitios que presentan mayor diversidad son aquellos que también presentan un mayor grado de perturbación, es decir, los sitios manejados por la comunidad de Nieves. En la figura 24 se presenta también un sitio que presentan un bajo índice de perturbación y de diversidad. El bosque de la comunidad de Loma Caliente, no incluida entre las comunidades estudiadas, parece estar bajo algún grado de protección de la comunidad. Es importante contar con este referente en la microcuenca, pues en general los bosques presentan un grado de perturbación que parece seguir una tendencia hacia el incremento en el grado de perturbación. Será importante poner especial atención al bosque de Loma Caliente como un sitio que puede servir de control en el estudio comparativo con otros sitios de la microcuenca.

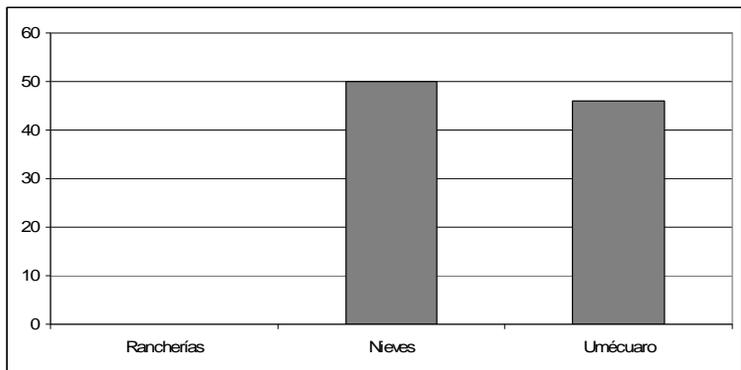
Dependencia en insumos externos

5.1.12. Porcentaje de productores que mantienen empresa alternativa

La figura 25 muestra el porcentaje de productores encuestados que realizan una actividad alternativa.

El análisis de los cuestionarios indica que la comunidad en donde se recurre más a otras actividades productivas es Umécuaro. Entre las actividades que realizan los productores en todas las comunidades están: el comercio (tiendas de abarrotes), la construcción, la herrería, la compra-venta de ganado, el flete de materiales de construcción, el turismo y la restaurantería. Los datos en los cuales se basa la gráfica se refieren al porcentaje de los productores que realizan al menos una actividad alternativa a los sistemas de producción rural estudiados.

Figura 25. Porcentaje de productores que realizan actividades alternativas a los sistemas convencionales.



Para conocer si existe alguna relación entre la comunidad y la proporción de productores que mantiene una empresa alternativa se realizó una prueba de χ^2 a partir de la siguiente tabla de contingencia.

Localidad	Empresa alternativa		Total
	Si	No	
Rancherías	0	7	7
Nieves	7	7	14
Umécuaro	6	7	13
Total	13	21	34

El resultado, a un α 0.05 y 2 grados de libertad, fue 5.49 (el valor de tablas es 5.99), resultado que sustenta la hipótesis nula de que la comunidad de la que proviene un productor no determina si éste mantendrá una empresa alternativa o no.

5.1.13. Dependencia en remesas para sostener sistemas productivos

En la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente una gran parte de las familias reciben remesas (41% de los encuestados), sin embargo, de las familias encuestadas, el 79% reportó depender poco de la recepción de remesas para sostener sus sistemas productivos. Las remesas se utilizan para adquirir artículos tales como ropa y en muchos casos la despensa. El grado de dependencia por comunidad se midió según el porcentaje de productores que reportaron depender poco de las remesas para sobrellevar sus actividades diarias.

A través del cálculo de ingresos-egresos de 31 familias obtuvimos una cifra que indica que la recepción de remesas incrementa el ahorro familiar, suma necesaria para iniciar el siguiente ciclo productivo. Existen familias que reciben remesas de hasta dos o tres contribuidores. El cálculo es conservador y pretende simplemente dar una idea del beneficio económico que puede recibir una familia a través de las remesas, ya que esta información es de carácter privado y muchas familias se muestran renuentes a compartirla.

Para conocer si existe alguna relación entre la comunidad y la proporción de productores que reportó depender poco de las remesas, se realizó una prueba de χ^2 a partir de la siguiente tabla de contingencia.

Localidad	Depende Poco de Remesas		Total
	Si	No	
Rancherías	4	3	7
Nieves	12	2	14
Umécuaro	11	2	13
Total	27	7	34

El resultado del estadístico de χ^2 fue de 2.67 (el valor de tablas con dos grados de libertad es 5.99), valor que indica que la comunidad no tiene un efecto en el grado de dependencia de remesas de los productores.

5.1.14. Índice de diversidad pecuaria

Con el propósito de conocer qué tan diversos son los sistemas pecuarios decidimos generar un índice de diversidad pecuaria que incluye ganado bovino, porcino, gallináceas, guajolotes y patos, que son las especies criadas en los solares y en los potreros. Los valores obtenidos fueron, para las Rancherías, de 0.54, Nieves 0.60 y Umécuaro 0.51. El resultado de la prueba de Kruskal-Wallis ($H= 0.478$, $p = 0.787$, con dos grados de libertad) indica que no existen diferencias ($\alpha 0.05$) entre comunidades en cuanto al índice de diversidad pecuaria.

5.1.15. Índice de diversidad de especies vegetales alimenticias en solares

En la generación de este indicador se tomaron en cuenta las especies vegetales que se producen en los solares y que se aprovechan como complemento alimenticio. Entre estas están frutales como el aguacate, el capulín, el ciruelo, el chabacano, el chile, el chayote, el durazno, el guayabo, la granada, el limón, el naranjo y el nogal, entre otros. El anexo V nombra las especies vegetales alimenticias encontradas. En promedio, los productores de las Rancherías mantienen una diversidad baja de estas especies comparada con las otras dos comunidades, ya que en Nieves, la diversidad promedio es de 1.08, mientras que en Umécuaro es aun mayor con un valor de 1.97. La prueba de Kruskal-Wallis a un nivel α de 0.05 indica que no existen diferencias en el índice de diversidad entre comunidades ($H= 4.131$, $p = 0.127$, dos grados de libertad).

5.2. Integración de indicadores.

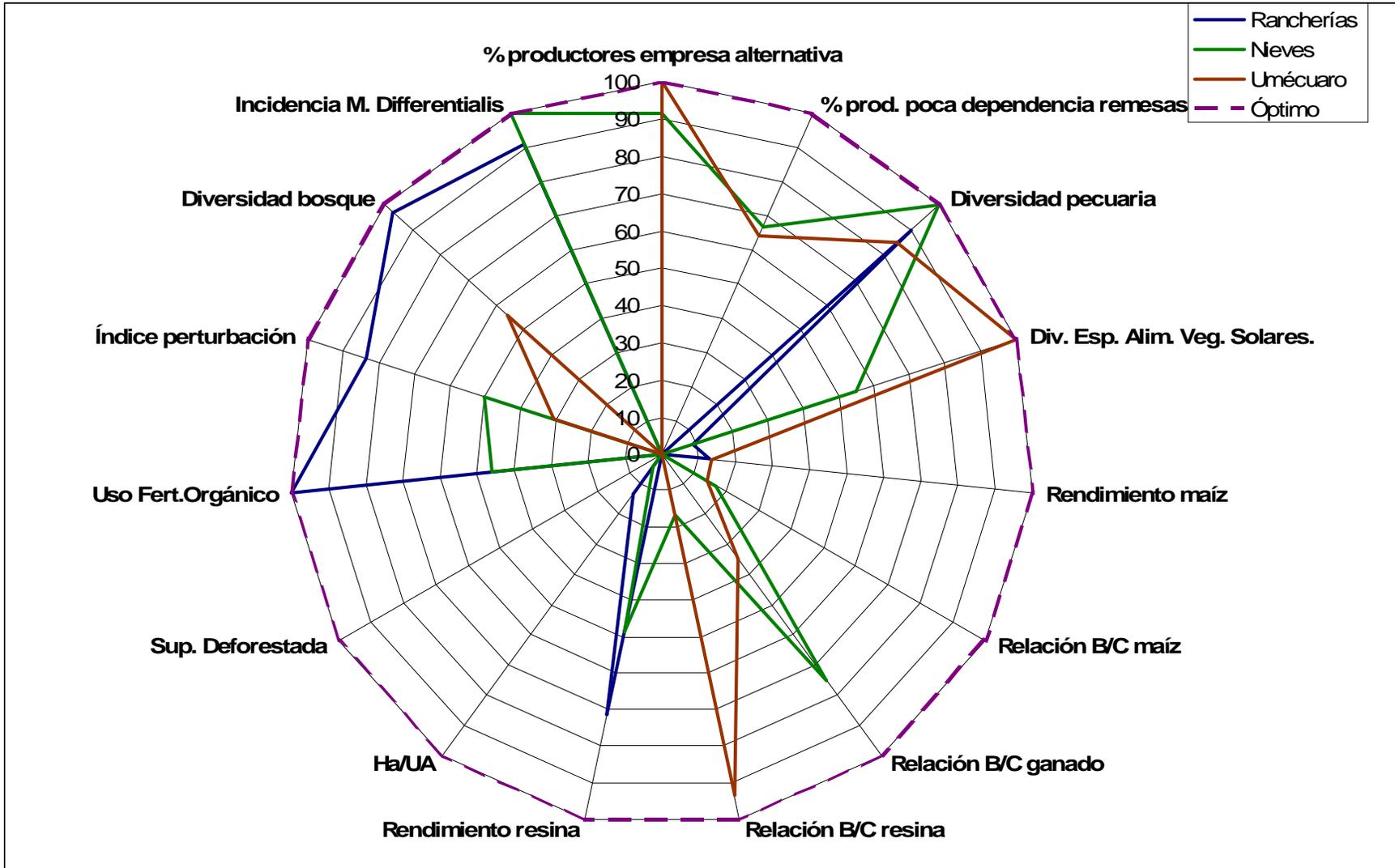
5.2.1. Análisis multicriterio.

A partir de los valores de referencia seleccionados para cada indicador se prosiguió a estandarizarlos, para integrarlos en una gráfica de amiba. La tabla 15 muestra los valores estandarizados de los indicadores seleccionados, mientras que la figura 26 integra estos valores. En la sección de métodos se mencionó la ponderación de los indicadores.

Tabla 15. Integración de indicadores.
Valores normalizados en una escala de 100 como el óptimo y 0 como el menos sustentable.
Los valores de referencia se muestran en el anexo VI.

	Rancherías	Nieves	Umécuaro	Óptimo
% productores empresa alternativa	0	91	100	100
% productores que dependen poco de remesas	0	67	64	100
Diversidad pecuaria	90	100	85	100
Diversidad de Especies. Alimenticias Vegetales en los Solares.	8.6	54.8	100.0	100
Rendimiento maíz	13	0	13	100
Relación B/C maíz	0	17	14	100
Relación B/C ganado	0	75	35	100
Relación B/C resina	0	17	93	100
Rendimiento resina	71	49	0	100
Ha/UA	13	4	0	100
Sup. Deforestada	0	0	0	100
Uso Fertilizante Orgánico	100	46	0	100
Índice perturbación	83	50	31	100
Diversidad bosque	48	-3	72	100
Incidencia <i>M. Differentialis</i>	91	100	0	100

Figura 26. Gráfica de amiba que integra los resultados por indicador.



La gráfica de amiba es una representación útil en la exploración de las relaciones entre indicadores y en la comparación de los resultados entre los diferentes sistemas. Esta nos permite conocer la dirección o el grado de aceptación de la situación que genera un indicador. La delimitación de los valores de referencia es un momento de gran importancia para el análisis multicriterio, y los resultados no siempre son representativos de la situación real. Empero, este método de integración nos permite visualizar el comportamiento de los indicadores y proponer cuales de estos constituye una situación de riesgo o una fortaleza para el o los sistemas estudiados. En el marco MESMIS la comparación entre sistemas es la base de la evaluación y de la generación de conclusiones sobre su sustentabilidad. Como mencionan López *et al.* (2002), la evaluación de los sistemas de manejo de recursos naturales está acotada a cada sistema y a los actores y circunstancias que lo afectan específicamente. Los resultados de este tipo de evaluación serán en muchos casos poco generalizables cuando se les compara con sistemas a otras escalas. Empero, la comparación de un sistema con otros similares pero con formas de manejo que difieren pues arrojar información importante respecto a la dirección que están tomando el sistema estudiado en relación a los objetivos de la sustentabilidad. Es importante notar, además, que los resultados obtenidos no indican precisamente un grado absoluto de sustentabilidad, sino una dirección o una tendencia de los componentes del sistema hacia situaciones más o menos sustentables.

Tomando estas bases en consideración, podemos observar de la gráfica de amiba lo siguiente:

1. Existe un grupo de indicadores que indican una situación menos favorable para los subsistemas productivos. Estos son: la superficie deforestada en un periodo de 12 años, los bajos rendimientos de maíz, la nula relación del beneficio/costo del maíz, el reducido número de hectáreas de agostadero por unidad animal y la baja relación del beneficio costo de la extracción de resina.
2. Los indicadores que indican una situación favorable o una fortaleza para los subsistemas estudiados en general son: el alto grado de diversidad pecuaria, el alto porcentaje de productores que mantienen una empresa alternativa, la baja incidencia reportada de *Melanoplus differentialis* y la alta diversidad de especies vegetales alimenticias en los solares.

Análisis por comunidad:

En las **Rancherías**: una situación desfavorable respecto a la superficie deforestada en un periodo de 12 años, la baja relación del beneficio/costo de la extracción de resina, los bajos rendimientos de la producción de ganado bovino, la baja producción de maíz, el bajo porcentaje de productores que mantienen una empresa alternativa, la alta dependencia en remesas para sostener los sistemas productivos y la baja diversidad de especies vegetales alimenticias producidas en solares. Los indicadores que muestran una situación favorable son: los altos rendimientos de resina, el uso de fertilizante orgánico, el bajo índice de perturbación, la baja incidencia de *M. differentialis* y la alta diversidad pecuaria. El índice agregado de sustentabilidad para las Rancherías es de 38 en una escala de 1 al 100.

En **Nieves**, los indicadores menos favorables son: el bajo rendimiento de maíz, el número de hectáreas por unidad animal, la alta superficie deforestada en un periodo de 12 años, la reducida diversidad del bosque y la baja relación del beneficio/costo de la producción de maíz. Los indicadores favorables son: la reducida presencia de *M. differentialis* reportada, el alto porcentaje de productores con una empresa alternativa y la alta diversidad pecuaria. El índice agregado de sustentabilidad es 45.

En **Umécuaro** las debilidades son: los bajos rendimientos de resina, el número reducido de hectáreas por unidad animal, el nulo uso de fertilizantes orgánicos, la amplia superficie deforestada, la alta incidencia reportada de *M. differentialis*, los bajos rendimientos de maíz y la baja relación del beneficio/costo de la producción de maíz. Las fortalezas están relacionadas a: la alta diversidad de especies vegetales alimenticias producidas en los solares, el alto porcentaje de productores que mantienen una empresa alternativa, la alta relación del beneficio/costo de la extracción de resina, la alta diversidad pecuaria y la mediana dependencia en remesas para mantener los sistemas productivos. El índice agregado de sustentabilidad es 39.

5.2.2. Análisis de componentes principales

Como se mencionó anteriormente, el análisis de componentes principales ordena a los objetos estudiados en un espacio de dos o más dimensiones, según la relación que muestren entre sí. En nuestro análisis utilizamos una matriz de correlación con la cual se generaron los valores y vectores característicos (Eigenvalues, eigenvectors). Los resultados se describen a continuación.

En los componente uno y dos (Figura 27) se observa un grupo definido de productores con mayor relación entre sí y otro grupo de productores dispersos con menor relación entre ellos (22, 3, 13, 17, 20). Estos resultados indican que no existen diferencias entre la mayoría de los productores respecto a las variables que se analizan. Sin embargo la existencia de un grupo distinguido de productores se explica por las variables que tienen mayor peso en los primeros dos componentes. Estas variables son el rendimiento y el beneficio/costo del maíz (Tabla 16). Los productores que obtienen los mayores rendimientos y el más alto beneficio son el productor 20 y el 6. Los rendimientos de estos dos productores son los únicos que llegan a las 3.5 t/ha. Una variable que puede indicar esta diferencia en los rendimientos es la superficie de tierra con la que cuentan los productores para la producción agrícola. El productor 6 tiene la mayor superficie de tierra y el productor 20 tiene una superficie de tierra sobre la media (2.5 hectáreas, posición que comparte con otros dos productores). Estos dos productores designan una mayor mano de obra para la siembra y para la cosecha que el resto. El productor 6 posee tractor (solo el 11% de los productores tiene tractor) mientras que el 20 tiene yunta propia (solo 26% de los productores tiene este recurso).

Figura 27. Calificaciones de los casos estudiados sobre los componentes principales 1 y 2.

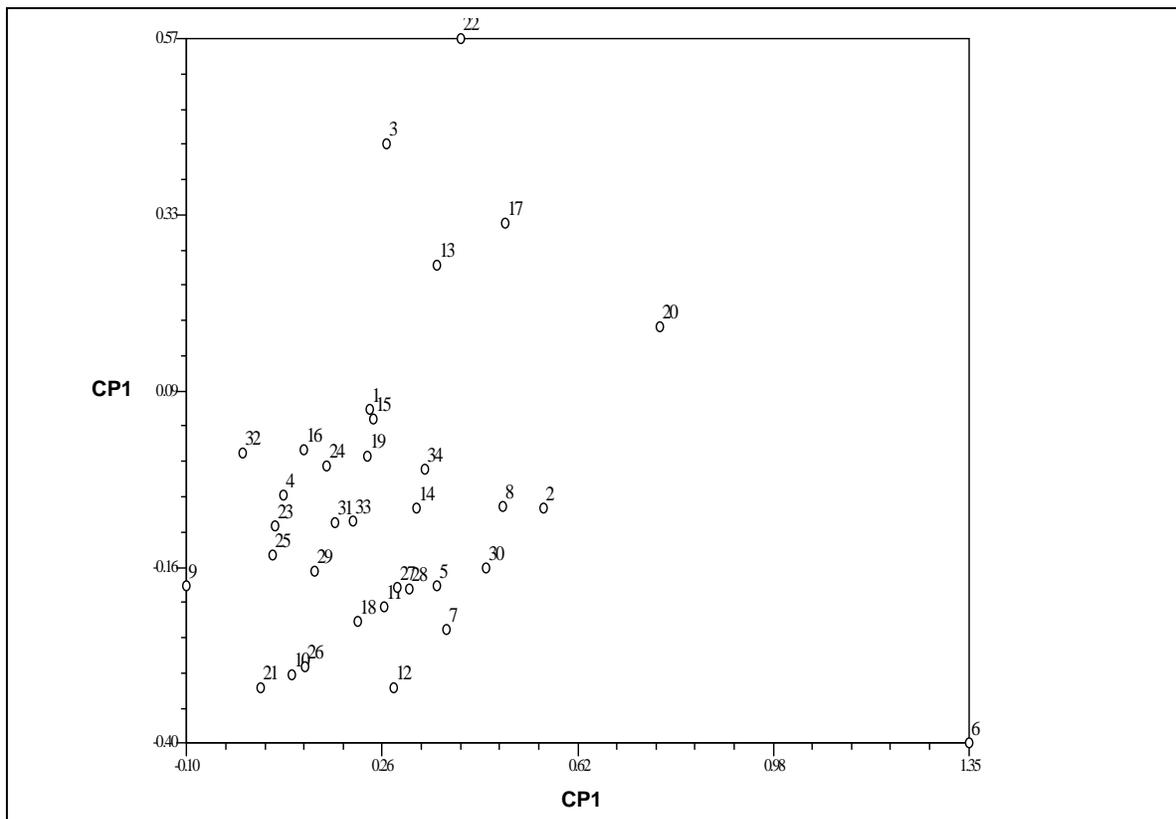


Tabla 16. Valores de importancia de cada variable en relación a los principales componentes

<i>Componente Variable</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
RENMAIZ	0.849	0.155	0.222	0.017	0.156
RENRES	0.142	-0.387	0.714	-0.323	0.033
HA/UA	0.592	-0.320	-0.368	-0.128	-0.461
FERTORG	0.715	0.207	0.114	-0.295	0.188
MDIFF	-0.089	0.159	0.027	0.806	0.032
BCMAIZ	0.881	0.275	0.037	-0.022	0.292
BCGAN	-0.200	0.153	-0.369	-0.547	0.170
BCRES	0.112	0.437	-0.600	0.091	0.534
EMPALT	0.110	-0.897	-0.319	0.028	0.237
DEPREM	0.110	-0.897	-0.319	0.029	0.237
AUTSUFMAIZ	-0.429	0.292	-0.376	-0.167	-0.138
DIVPEC	-0.601	-0.174	0.393	0.116	0.535
DIVSOL	-0.529	0.122	0.084	0.533	0.130

En el segundo componente las variables que distinguen a los productores son la dependencia en las remesas y la opción de una empresa alternativa (Figura 27, tabla 16).

La tabla 17 y la figura 29 ayudan a explicar porqué en el gráfico de componentes principales 1 y 2 aparecen un grupo principal de productores y otro grupo de productores que no muestra una relación estrecha entre sí. El propósito del análisis de componentes principales es el de extraer un grupo limitado de variables que puedan originar la mayor distinción entre las unidades estudiadas. En nuestro caso, lo que se observa es que ninguna de las variables estudiadas tiene un peso significativamente fuerte, es decir que no existe una variable o un grupo de variables que expliquen de manera contundente las diferencias entre los productores. Por el contrario, se observa en la figura 27 a un grupo principal de productores que muestran cierto parecido entre sí. El gráfico de decaimiento de valores propios (Screeplot, figura 29) apoya esta observación, ya que por lo general, en los casos en que un grupo limitado de variables son responsables de la mayor variación entre las unidades, la línea tiende a caer abruptamente después del tercer o cuarto componente. En el caso del análisis aquí presentado, la línea decae gradualmente, indicando que no existe una variable principal que explique la mayor parte de la variación entre los productores.

Tabla 17. Matriz de valores característicos: aporte de cada componente a la variación total

Componente	Valor característico	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	3.28941340	25.3032	25.3032
2	2.37450013	18.2654	43.5686
3	1.71291256	13.1763	56.7448
4	1.49257145	11.4813	68.2261
5	1.10758436	8.5199	76.7460
6	0.90316914	6.9475	83.6935
7	0.65338037	5.0260	88.7195
8	0.55633735	4.2795	92.9990
9	0.48358452	3.7199	96.7189
10	0.20304200	1.5619	98.2807
11	0.19115019	1.4704	99.7511
12	0.03235438	0.2489	100.0000
13	0.00000016	0.0000	100.0000
Suma de valores característicos =			13.000000

Figura 28. Gráfico de los pesos de las variables en los dos primeros componentes

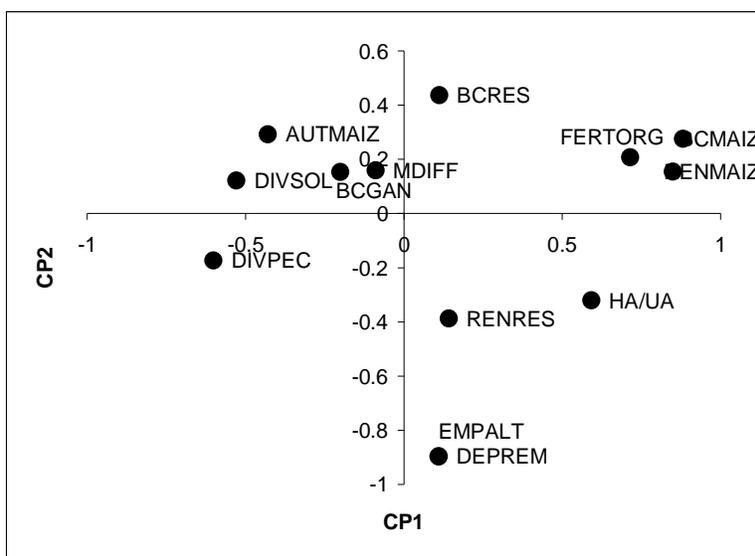
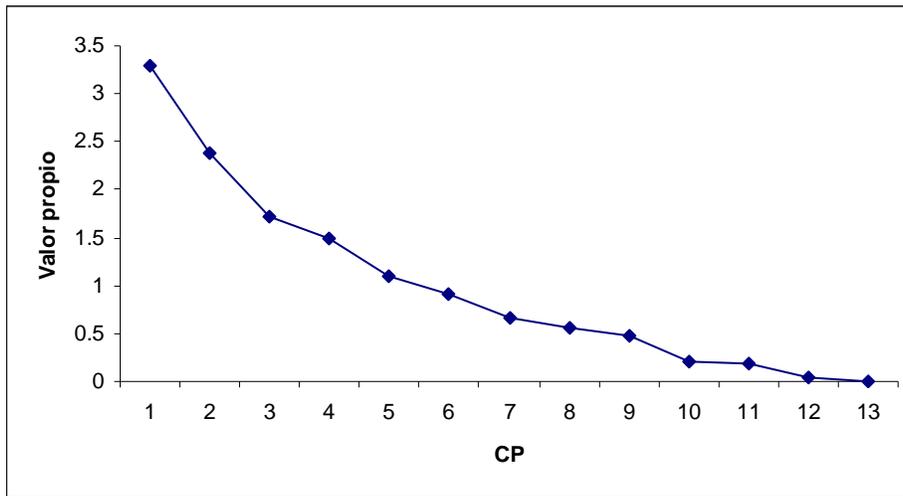


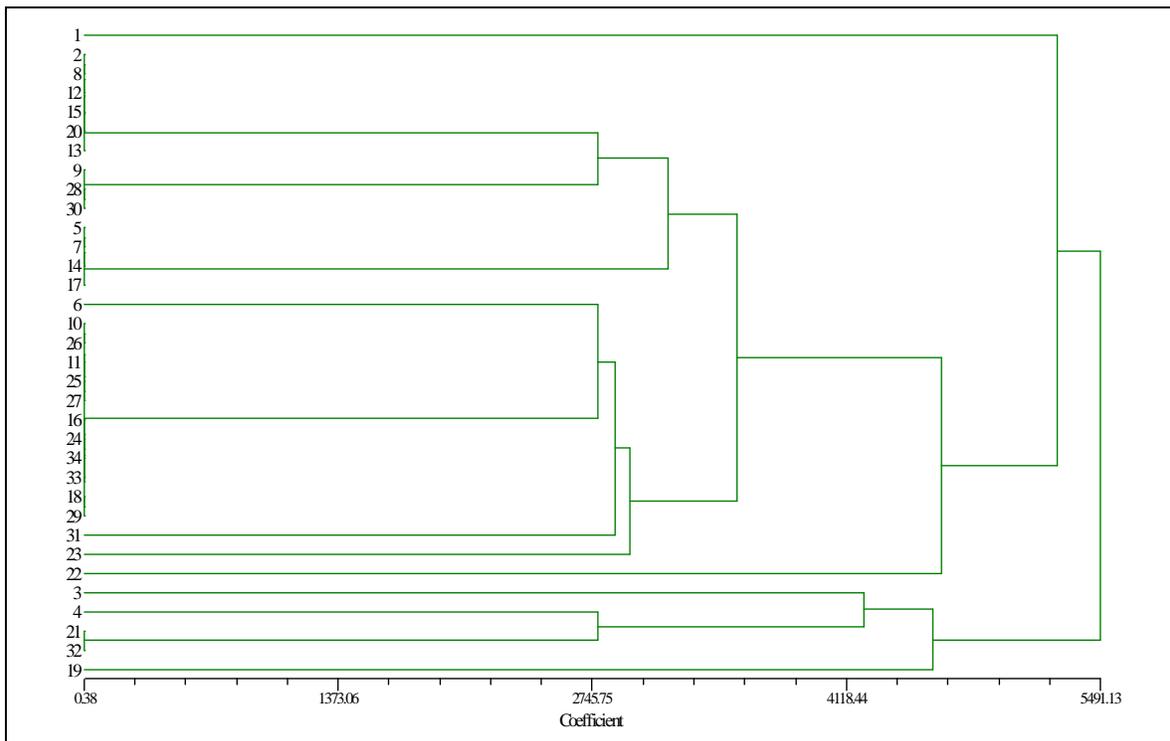
Figura 29. Gráfico de decaimiento de valores propios (screepplot).



5.2.3. Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados produjo el siguiente dendrograma (Figura 30) en la que se puede observar la similitud de los productores en relación a las variables estudiadas.

Figura 30. Dendrograma del análisis de conglomerados



El dendrograma muestra dos principales grupos: el primero en la parte superior, está formado por los productores que producen maíz y el segundo, en la parte inferior, formado por los productores 3, 4, 21, 32, 19, que corresponde a productores que no producen maíz. Algunas de las razones por las que estos últimos productores no se dedican a la producción de maíz es porque no viven en la microcuenca o porque no poseen tierra suficiente; por lo regular, quienes no tienen tierra trabajan como peones dentro y fuera de la microcuenca. Los resultados del dendrograma apoyan a los del análisis de componentes principales, ya que el PCA indica que la variable más importante que distingue a los productores es el rendimiento de maíz. En el caso del dendrograma, se distingue además a los productores que no se dedican a este subsistema productivo.

6. Discusión sobre los sistemas de producción

A continuación se ofrece la discusión sobre los resultados. Para facilitar el entendimiento de los resultados se decidió discutir cada uno de los subsistemas estudiados por separado. Los indicadores que se relacionan a otros aspectos de la microcuenca se discuten en una sección aparte.

Análisis multicriterio y análisis multivariable

Antes de discutir cada sistema en específico, es importante hacer una observación sobre los métodos de integración utilizados. El análisis multicriterio, sugerido por el marco MESMIS (Maserá *et al.* 2000b), es una herramienta útil para integrar los resultados en gráficas que nos permitan visualizar rápidamente las relaciones entre los indicadores. Empero, esta herramienta no nos permite distinguir las diferencias estadísticamente significativas entre las comunidades, pero sí la relación que guardan los valores de los indicadores con los límites de referencia utilizados. Por este lado, el análisis multicriterio es una herramienta que nos permite conocer las tendencias o la dirección de un indicador en relación a los objetivos de sustentabilidad. Los resultados del análisis multicriterio no son valores absolutos de “sustentabilidad” de los sistemas estudiados, sino que indican qué factores promueven la sustentabilidad y cuales representan una barrera para lograrla.

El análisis multivariable resultó ser un grupo de análisis estadísticos de gran utilidad para identificar aquellos productores que muestran situaciones fuera del rango de lo “normal”, además de que nos permitió conocer qué variables parecen tener mayor influencia en la diferenciación entre productores. Este análisis indica que en la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente las condiciones productivas son relativamente homogéneas, aunque se observe que en algunos casos –y dependiendo de las variables estudiadas- habrá productores que muestren condiciones diferentes, que indiquen una situación favorable o quizás una debilidad para lograr los objetivos de la sustentabilidad.

Las variables que fueron distinguidas por ambos análisis fueron:

En el análisis multicriterio	En el análisis multivariable
Situación favorable: Diversidad pecuaria Empresa alternativa Baja presencia de <i>M. differentialis</i> Diversidad de especies vegetales en solares	Distinguió a un grupo de productores por: Los altos rendimientos de maíz El máximo rendimiento y beneficio de la resinación El máximo beneficio de la ganadería La mayor superficie en hectáreas por UA
Situación desfavorable: Amplia superficie deforestada Bajos rendimientos de maíz Bajo beneficio de la producción de maíz Limitada superficie en hectáreas por UA Bajo beneficio de la resinación	

Una de las grandes limitaciones de este estudio es la falta de casos suficientes que nos permitan presumir que los resultados son robustos. El número de casos a estudiar se decidió estimando que estudiar el 20% de las familias sería una muestra representativa de la

realidad. La muestra es suficientemente amplia para representar a la mayoría de las situaciones que se presentan en la microcuenca, pero no suficientemente representativa de la situación “normal”, para poder hacer inferencias robustas sobre la situación de los sistemas productivos en esta zona. Sugiero que los resultados sean leídos bajo el conocimiento de su reducida potencia, pero con la aceptación de que a pesar de su baja significancia estadística estos pueden sugerir una perspectiva de la realidad interesante y quizás generalizable de otras zonas rurales de México.

La producción agrícola

El rendimiento de maíz por hectárea es, según el análisis de componentes principales, la variable que mejor distingue a los productores. A pesar de que no existen diferencias significativas de los rendimientos entre los tres grupos de productores –las Rancherías, Nieves y Umécuaro-, existen dos productores que obtienen rendimientos muy por arriba de la media. Esto puede deberse, como se mencionó, a que estos productores poseen sus propios implementos mecánicos o de tracción animal, que designan una mayor mano de obra a la siembra y la cosecha, y a que tienen superficies de tierra por arriba de la media (10 y 40 hectáreas contra un promedio de 2.5). La superficie de tierra ha sido propuesta en estudios sobre la producción agrícola industrializada como uno de los factores que generan rendimientos diferenciales. Estos estudios demostraron que el óptimo de producción de frutales en E.E.U.U. se dan entre las 33 y 44 hectáreas (Merrill, 1976, citado en Toledo *et al.* 2002). En el caso de las diferencias encontradas en los rendimientos de maíz en la microcuenca, es posible que entre mayor sea la superficie en la que se produce, mayor sea el rendimiento. Este es un aspecto que debe estudiarse con mayor detalle, sobre todo considerando que en México la mayoría de los predios agrícolas son menores a las 5 hectáreas (Toledo, 2003).

Una de las razones por las cuales se eligió a la relación entre el beneficio y el costo de la producción de maíz, ganado y resina fue para conocer en qué grado la inversión de los productores está siendo recuperada en cada sistema. El cálculo de la relación beneficio-costos se enfocó únicamente a los gastos económicos, puesto que éstos pudieron calcularse con información obtenida a través de los cuestionarios. Los resultados indican que el beneficio económico que se obtiene de este subsistema es nulo, de hecho, se presenta un déficit en cuanto a la inversión recuperada. A pesar de que el cálculo beneficio/costos es práctico, presenta múltiples deficiencias. Por un lado, no incorpora los costos y beneficios ambientales de estas actividades. Tampoco incluye conceptos de incertidumbre o de descuento a futuro del valor actual (ni una valoración de los servicios ambientales (Costanza, 1997). La Ecología Económica arguye además que el cálculo del valor económico del ambiente (y por lo tanto de las actividades que lo afectan) es inadecuado, pues no incorpora los valores que no pueden “valorarse”, tales como el bienestar, la satisfacción o la conservación de conocimientos y tradiciones (Barkin, 2008).

En esta línea, se arguye que la importancia de este subsistema está en función de la producción de uno de los alimentos base de la población rural de esta zona: la tortilla. Además de la producción de forraje para el ganado y otras especies vegetales alimenticias como el chilacayote, la calabaza y en mucho menor grado, el frijol. Es el beneficio del rastrojo, sobre todo, el que le confiere importancia a este subsistema productivo y el que, en conjunto con los demás beneficios, explica su permanencia en las zonas rurales de México.

Específicamente en relación a la autosuficiencia alimentaria, observamos que las comunidades son autosuficientes en su consumo de maíz, según los resultados de la tipología basada en el método de Toledo *et al.* (2002) (Consultar sección 5.3). Siguiendo la referencia de de Walt (1983, en Toledo, 2002), una familia mexicana de siete miembros requiere para su alimentación, por lo menos 1.5 toneladas de maíz al año por unidad familiar. El maíz es una fuente importante de energía y proteínas (71% y 65% de la cantidad que consumen las familias rurales, según de Walt, 1983). Por lo tanto, si una familia produce al menos 1.5 toneladas de maíz al año será capaz de ser autosuficiente, en cuanto a consumo de maíz se refiere.

Las tres comunidades estudiadas cuentan con algún grado de autosuficiencia, aunque observamos que en Umécuaro la distribución de los rendimientos por encima de 1.5 ton/ha es más equitativa (Desviación estándar 693 kg contra 1,019 kg para Rancherías y 823 kg para Nieves). El índice de autosuficiencia alimentaria obtenido según la fórmula de Toledo *et al.* 2002 constata que Umécuaro es la comunidad más autosuficiente (índice de .71 contra .46 para rancherías y .57 para Nieves). Este resultado puede estar relacionado con el porcentaje de productores que poseen implementos mecánicos o de tracción animal para la labranza de la tierra, el cual es mayor en Umécuaro que en las otras comunidades.

Para conocer la contribución de la producción de maíz al sistema ganadero es necesario hacer un estudio a mayor profundidad que incluya variables tales como la producción de forraje (rastrojo) y el tiempo que se alimenta el ganado de los desechos presentes en las milpas en descanso.

El uso de fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos puede tener serias implicaciones en la salud de los ecosistemas y de los seres humanos²³.

A pesar de que el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, la cantidad de nitrógeno disponible que éstas pueden aprovechar está en función de otros factores, tales como la habilidad de la planta para absorber agua. Parte del nitrógeno contenido en fertilizantes nitrogenados se pierde en forma de nitratos, que llegan a los cuerpos de agua por medio de la escorrentía. La presencia excesiva de estos compuestos en el agua provoca la eutrofización²⁴. Otra parte del nitrógeno no lixiviado se elimina a través de la desnitrificación microbiana, actividad que aumenta los niveles atmosféricos de óxido nítrico (Smith y Smith, 2001).

²³ Entre los cuales se cuenta la erosión, la contaminación del suelo y el agua, la pérdida y reducción de la diversidad genética, los residuos químicos en la comida y la resistencia de las plagas a los pesticidas como consecuencia de un uso exagerado de los últimos (Soule *et al.* 1990). En niños el consumo de aguas con altos contenidos de nitratos puede causar la methemoglobinemia, la presencia de la molécula methemoglobina. Esta es una forma de hemoglobina que no se adhiere al oxígeno, razón por la que personas con alta presencia de esta molécula manifiestan problemas respiratorios y otros síntomas tales como la fatiga, migraña, náusea y pérdida de la conciencia (en.wikipedia.org/wiki/Methemoglobinemia, 2008)

²⁴ Un fenómeno que promueve el crecimiento de algas y otras plantas, aumentando la demanda biológica de oxígeno y limitando la supervivencia de otros organismos.

Los fertilizantes orgánicos tales como las heces de ganado bovino o porcino, pueden tener también impactos adversos. Uno de estos es que el comportamiento de estos fertilizantes en el suelo puede facilitar o limitar el movimiento de otros compuestos tales como los plaguicidas organoclorados hacia capas subsuperficiales del suelo y ultimadamente hacia los cuerpos de agua subterráneos. En los suelos con altas proporciones de arcilla la movilidad de los plaguicidas organoclorados –pero no necesariamente de otros tipos- se limita por su adsorción a las partículas de materia orgánica, la cual se adsorbe a su vez a las arcillas (Harrison, 1999).

El fósforo es un compuesto que se encuentra principalmente en rocas y depósitos naturales que se libera por el desgaste, la lixiviación, la erosión y la extracción minera para su uso agrícola. Cuando éste se aplica como fertilizante en forma de fosfato puede reaccionar con el calcio, el hierro y el aluminio del suelo, quedando inmovilizado como una sal insoluble. En suelos con altas proporciones de arcillas el fósforo se adhiere a éstas, permaneciendo inmovilizado durante mucho tiempo (Smith y Smith, 2001). Se ha observado que las asociaciones entre hongos y raíces de las plantas, llamadas micorrizas, resultan particularmente beneficiosas en suelos pobres en nutrientes, ya que movilizan nutrientes y facilitan la disponibilidad de ciertos nutrimento (Smith y Smith, 2002: 245-46; Roveda y Polo, 2007).

El estudio de los tipos de fertilizantes utilizados arroja dos observaciones importantes: Las rancherías son las comunidades con el uso más sustentable de fertilizantes: la determinación de la sustentabilidad o no sustentabilidad en el uso de fertilizantes se basa en la opinión de los productores y en referencias bibliográficas que proponen que el uso de fertilizantes orgánicos una opción más sustentable que el uso de fertilizantes inorgánicos (Gleissman, 2002; Hetch, 1991; Labrador, 2002; Pimentel y Wen, 1990, Smith y Smith, 2001; Soule *et al.* 1990;). Según los resultados de las pruebas de varianza, los rendimientos de maíz de las Rancherías no muestran diferencias con los de Umécuaro en donde se utiliza sólo fertilizante químico. La convicción de la gente de que el fertilizante orgánico es mejor es una fortaleza para que allí pueda continuar su uso y se implementen programas de producción y uso de fertilizantes orgánicos. Todas las comunidades dependen fuertemente de los fertilizantes, condición que hace necesario contar con ingresos para poder adquirir este insumo.

El incremento en el uso de fertilizante sintético en Umécuaro parece estar asociado a su proximidad a zonas urbanas, carreteras y otras fuentes de empleo más redituables que, en conjunto, reducen el tiempo que se dedica a la producción primaria. El fertilizante químico es más fácil de aplicar, razón por la cual se le prefiere más que al abono orgánico, aunque el 18-46-00 “dure menos” que el orgánico y “adelgace” el suelo.

La decisión sobre el tipo de fertilizante a usar debe incorporar, además de las ventajas en reducción de tiempo y dinero, los impactos ambientales y las diferencias en los rendimientos, ya que en el caso de la microcuenca, las ventajas económicas y de tiempo pueden no estar compensando las desventajas ambientales.

De las plagas que afectan la producción de maíz que fueron reportadas por los pobladores, llamó la atención la presencia de *M. Differentialis*, por ser esta de las más destructivas,

según los productores. Esta es una plaga que los productores no habían observado en tal magnitud en años anteriores, y que actualmente representa un riesgo que los productores no habían considerado en sus prácticas de manejo. A pesar de su aparente impacto, la prueba de ANOVA para comparar la varianza de los rendimientos de maíz con y sin la presencia reportada de *M. differentialis* indica que no existen diferencias significativas, por lo que podemos considerar que esta plaga aun no ha llegado a impactar de manera significativa los rendimientos de maíz en la zona.

Actualmente los productores tienen conocimiento de acciones que está llevando a cabo el municipio de Morelia para combatir estas plagas en zonas cercanas: el uso de plaguicidas es la acción principal. Se puede esperar que los productores comiencen a hacer uso de plaguicidas o que exijan que las instancias de gobierno implementen esa misma estrategia en la microcuenca. Según Regev (1984, citado en Andow y Rosset, 1990, pp. 415), el uso individual o masivo de plaguicidas debe considerarse una acción que puede comprometer la protección ambiental y la vida útil de los plaguicidas. Esta es una idea valiosa, pues propone que la calidad ambiental y la susceptibilidad de las plagas a los plaguicidas son recursos de propiedad común, los cuales no se valúan económicamente a nivel de la granja. Las prácticas de cada individuo tienen un impacto mínimo en el recurso común, pero el efecto agregado resulta en la sobreexplotación y destrucción del recurso. Por esta razón, cualquier intento del individuo en disminuir el uso de plaguicidas tendrá un impacto minúsculo, porque el uso continuo de plaguicidas por los demás productores seguirá deteriorando el recurso. Regev (1984) argumenta que el paradigma económico de “laissez-faire” (dejar hacer) no debe aplicarse al manejo de plagas, ya que la motivación de mejorar el beneficio económico no logrará un control eficiente.

El tratamiento que se sugiere en los textos agroecológicos tiene que ver con factores ecológicos y poblacionales tales como la diversidad de especies de artrópodos presentes, la diversidad de plantas (incluyendo arvenses), y la dispersión en el espacio y en el tiempo de todos estos factores. Los autores de estos textos sugieren, por ejemplo, que la diversidad de especies vegetales en un campo agrícola y en los alrededores ayuda a reducir el impacto de una plaga sobre la especie vegetal principal; es decir que entre mayor sea la “opción alimenticia” para los artrópodos fitófagos, menor será la concentración del impacto sobre la especie de principal interés para el productor. De la misma forma, se considera que al haber una presencia diversa de especies de artrópodos, la competencia entre éstos se incrementa, fenómeno que puede afectar a las poblaciones de artrópodos consideradas plagas al permitir que estén presentes depredadores que consuman a la especie plaga (Letourneau, 1997). Estas y otras técnicas de manejo integrado de plagas han demostrado ser efectivas y se sugieren como una alternativa importante al uso de plaguicidas.

En última instancia, una mente abierta podría permitir a las comunidades rurales aprovechar estos artrópodos como un complemento alimenticio, como lo hacen múltiples comunidades rurales de Oaxaca.

La producción de ganado

La presencia de ganado en los ecosistemas y el incremento del tamaño del hato bovino implican impactos en todo tipo de ecosistemas²⁵ (Trimble y Mendel, 1995; FAO, 2006A), razón por la cual es importante contar con un indicador que señale la relación de la capacidad de carga con el tamaño promedio de hato que se mantiene en una zona. El coeficiente de agostadero es una medida adecuada para conocer el impacto de la ganadería en los sistemas forestales en la microcuenca. En las tres poblaciones se está sobrepasando el valor umbral del coeficiente de agostadero para esta zona, según SAGARPA (2002). Un valor por debajo de las 11.84 hectáreas por unidad animal contribuye a la degradación del bosque, de los suelos y, por consecuencia, de la disponibilidad y calidad del agua en la microcuenca y en las cuencas aguas abajo.

La situación que observamos actualmente en la cuenca coadyuva a la degradación ambiental, pues se aprecia una disposición de los pobladores a incrementar sus hatos de ganado bovino en la medida que lo permita su situación económica. Esto lo constata el hecho que existen productores quienes cuentan con suficientes recursos -sobre todo con tierra suficiente- para mantener hatos de ganado bovino de hasta 20 cabezas. Sin embargo, esta situación no es generalizada, ya que en la mayoría de los casos observamos hatos bovinos por debajo de las 10 cabezas. La presencia de hatos bovinos de 17 y 20 cabezas en la comunidad de Umécuaro puede ser un indicador de una tendencia hacia la especialización, empero, la información disponible para este estudio no nos permite llegar a esa conclusión.

Es importante notar la relación entre los sistemas de bosque degradados y la ganadería, pues observamos que los índices más altos de degradación del bosque se encuentran en las comunidades donde los productores están obteniendo un mayor beneficio económico de la ganadería.

A pesar de que en la comunidad de Nieves la mayoría de los productores está de acuerdo en seguir un plan de manejo forestal en el cual se prohíbe el pastoreo libre en los bosques, supimos que existen productores que no están convencidos de esta alternativa. Son éstos quienes continúan pastoreando indiscriminadamente en bosques que la comunidad decidió conservar. A pesar de este desacuerdo, la decisión de una comunidad por proteger sus bosques es un paso importante en la toma de decisiones sobre cuáles recursos son prioritarios. Es posible que en Nieves en particular se llegue a un acuerdo entre los ganaderos y quienes desean buscar alternativas de producción en el manejo forestal. Además, la reducción del hato bovino podría ser beneficiosa para los ganaderos, pues les permitiría brindar mejores cuidados a sus animales para lograr mejores precios al momento de la venta, al tiempo que respetan los intereses de otros sectores de la población interesados en hacer un uso más sustentable del bosque.

En cuanto a la producción pecuaria de traspatio, se observa en la mayoría de las UPR una baja diversidad de las especies animales que se producen (Promedio de 0.55). A pesar de

²⁵ Entre estos impactos está la erosión y compactación de los suelos, la reducción de la diversidad vegetal y consecuentemente, animal, la contaminación sobre todo cuando se trata de producción industrial, además de afectar la calidad de vida de los mismos animales (Trimble y Mendel, 1995; FAO 2006).

que la mayoría de los productores cuentan con un espacio de solar en donde realizar la producción pecuaria de pequeñas especies animales, no se percibe un interés por aprovechar esta posibilidad. La reducción de la diversidad pecuaria es una situación que preocupa ya a muchos estudiosos del tema. La FAO estima que de las 7,616 variedades animales de granja que figuran en el banco de datos mundiales sobre este recurso, 190 han desaparecido los últimos 15 años y otras 1,500 están consideradas en riesgo de extinción. La importancia en mantener y promover la diversidad genética de las variedades animales de granja o de solares radica no en su valor estrictamente económico, sino en otros beneficios, como la producción de alimentos y fibra y la satisfacción que da el mantener la diversidad. La producción pecuaria a pequeña escala permite a los productores obtener mayores beneficios, sobre todo el beneficio de poder hacer más completa su dieta y reducir los riesgos de malnutrición. La competencia con la producción pecuaria a gran escala es impensable para muchos productores, mayor razón por la que el mantener la diversidad pecuaria de los solares es la mejor opción para reducir la dependencia de la población en la compra de productos proteínicos que no siempre son de la mejor calidad. Además, ante el inminente cambio climático, es conveniente mantener la diversidad pecuaria de las poblaciones rurales, ya que esta posibilita la flexibilidad necesaria para enfrentar cambios y condiciones climáticas imprevistas (FAO, 2006b).

La extracción de resina y la calidad del bosque

Como mencionamos anteriormente, la resinación es un sistema productivo importante en los bosques de pino-encino de México, siendo Michoacán uno de los principales productores de resina a nivel nacional y mundial (FAO, 1995a; SEMARNAT, 2004). Según la FAO (1995a) un pino resinado correctamente puede mantenerse vivo y en buenas condiciones, permitiendo que la resina se extraiga de manera sustentable.²⁶ En la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente la resinación es un sistema de gran importancia, ya que a través de ésta, muchas familias obtienen ingresos suficientes para cubrir sus gastos diarios.

La extracción de resina es una de las actividades más rentables en términos monetarios, dado que la inversión de tiempo y el costo de las herramientas o insumos para la producción son reducidos. Por un lado, los productores reciben las herramientas de la empresa El Pino, la cual les compra la resina recolectada, situación que facilita también la venta de la resina. Los índices de perturbación que observamos en los bosques de la microcuenca son bajos, sin embargo, observamos la presencia de *Dendroctonus frontalis*, la cual se asocia, según los productores, con la actividad resinera. No fue posible hasta el momento encontrar referencias bibliográficas que hablaran específicamente del impacto de la actividad resinera en la salud de los pinos, pero podemos pensar que esta actividad está incrementando la vulnerabilidad a las plagas y a los incendios (Challenger, 1998). Esta es además una actividad que no beneficia a todos los productores, ya que sólo una parte de la población tiene acceso al bosque. Por tal razón, es importante poder contar con estudios más específicos enfocados en la relación de la resinación con la presencia de plagas, la vulnerabilidad a los incendios y con la degradación de los bosques en general.

²⁶ La Asociación de Resineros de Michoacán en un cartel manifiestan que “Un bosque bien resinado es un bosque bien cuidado” –Observación en la COFOM.

Las diferencias de los rendimientos y del beneficio que se obtiene de la resinación entre comunidades no son significativas. Este conocimiento facilitará la creación de un reglamento o de un plan de ordenamiento que aplique a todas las comunidades dentro de la microcuenca.

El estudio del cambio de la cubierta vegetal y el uso del suelo nos permiten conocer cuales sistemas productivos están teniendo el mayor impacto en la microcuenca. La cobertura y el uso del suelo son una evidencia contundente de las transformaciones que en los espacios naturales ha provocado la acción humana²⁷. La cobertura del suelo responde a dinámicas tanto sociales como ambientales; dependiendo de la causa de los cambios puede ser resiliente, pero si los cambios del uso del suelo son permanentes, como es el caso de la urbanización de predios anteriormente agrícolas, los cambios serán difícilmente revertidos (Aguilar, 1994).

¿Qué impulsa el cambio de uso de suelo? Existen varias propuestas, como la de Boserup (1965, en Thapa 2006), que propone que el cambio de uso de suelo es impulsado por el crecimiento poblacional, el que a su vez genera una escasez de tierras para la producción agropecuaria y propicia un cambio de uso de barbechos a sistemas de cultivo anuales y de la agricultura rotativa a la agricultura sedentaria. Turner *et al.* (2001) refutan este argumento y sugieren que las fuerzas impulsoras del cambio de uso de suelo son resultado de las respuestas de la gente a oportunidades económicas mediadas por factores institucionales.

En la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente observamos que en un periodo de doce años las cubiertas de bosque fueron impactadas por la deforestación (para establecer campos agrícolas) o la degradación (a causa de las múltiples actividades productivas y de extracción forestal) en un 5% de su superficie. Además, un uno por ciento de la superficie de bosque fue deforestada para establecer huertas de aguacate. Esta información apoya el argumento propuesto por Turner *et al.* (2001) pues las fuerzas que promueven el cambio de uso de suelo -la deforestación y el establecimiento de huertas de aguacate para nuestro caso- responden a oportunidades económicas tales como la apertura del mercado internacional del aguacate o la fuerte competencia con China por el mercado de resina. La matorralización en la cuenca de Cuitzeo, que incluye a la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente- puede ser también una evidencia de la pérdida de importancia del sistema agrícola y de la preferencia de la población por la producción ganadera –evidenciado por el incremento en el hato bovino en algunas UPRs de Umécuaro, la degradación de los bosques, o las huertas de aguacate.

La degradación o perturbación de los bosques es una condición que limita su productividad y que puede evidenciar la pérdida de la resiliencia de estos sistemas. Según Smith y Smith (2001:330), un disturbio es “un evento en el tiempo, más o menos discreto, que altera las comunidades o poblaciones; cambia la disponibilidad de recursos o substratos y crea oportunidades para nuevos individuos o colonias”. Al efecto biótico de un disturbio se le

²⁷ Según Reyes *et al.* (2004:27), la cubierta del suelo se define como “la cubierta biofísica observada sobre la superficie terrestre; mientras que el uso se caracteriza por el arreglo, actividad y producción que hace la gente en un cierto tipo de cubierta para producir, cambiar o mantener esa cobertura del suelo”.

considera ecológicamente una perturbación. Un disturbio de origen antrópico puede ocurrir con transformaciones relativamente rápidas o constantes del recurso apropiado (Toledo *et al.* 2004 citado en Hernández-Oria, 2006). Cuando el disturbio es regular o crónico representa un proceso acumulativo; éste tipo de proceso se reconoce como la principal y más ampliamente difundida forma de destrucción ambiental en los países en desarrollo (Gunderson, 2000, citado en Hernández-Oria 2006). Este puede ser el caso de los sistemas forestales de la microcuenca, los cuales, no obstante su bajo grado de perturbación según el índice generado por Torres (2009), pueden presentar una condición de disturbio constante y acumulativo que en el largo plazo constituya una causa de riesgo para la sustentabilidad de estos sistemas.

Además de la deforestación, existen otros factores que están contribuyendo a la degradación del bosque en la cuenca. Las zonas que muestran un mayor grado de perturbación se encuentran aledañas a las comunidades con el mayor número de habitantes (Nieves y Umécuaro). Estas zonas no solo presentan alta perturbación, sino que también son aquellas en donde se obtienen menores rendimientos de resina y en donde encontramos la mayor cantidad de unidades animal por hectárea. En general, los valores de hectáreas por unidad animal en estas zonas están por encima de la capacidad de regeneración de la vegetación. Podemos inferir entonces que el uso del bosque está estrechamente ligado con su estado de conservación o degradación. Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis indican que el grado de perturbación en las tres zonas estudiadas no muestra diferencias significativas, lo que implica un grado de perturbación similar en todas las zonas de la microcuenca.

Podemos estimar, con base en los resultados, que la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente presenta un grado de resiliencia alto, ya que la perturbación de sus ecosistemas es baja en comparación con lo que se ha podido observar en otras subcuencas de Cuitzeo (López *et al.* 2007). En la fotografía tal se muestra la presencia de cárcavas en una subcuenca adyacente a la de Umécuaro-Loma Caliente. En la microcuenca de Umécuaro no se encontró evidencia de tal grado de perturbación –erosión severa consecuencia del la deforestación y el uso intensivo de la tierra. En otras subcuencas de Cuitzeo, la resiliencia de los sistemas naturales se ha reducido a tal grado que para recuperar la productividad y las propiedades ecológicas de un ecosistema será necesario realizar acciones concretas de restauración (Figura 31 y 32). En el caso de la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente, las acciones deberán estar enfocadas sobre todo a la prevención.

Figura 31. Fotografía de cárcava en una subcuenca aledaña a la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente



Figura 32. Fotografía de cárcava en donde se realizan acciones de restauración para evitar que siga incrementando.



La diversidad es una propiedad de los sistemas naturales que facilita su adaptación a cambios en las condiciones climáticas a lo largo del tiempo. Su estudio nos permite conocer en qué forma contribuye la diversidad a la resiliencia de los ecosistemas. Nuestros resultados en relación a la diversidad de los bosques arrojó interesantes resultados: podemos observar que en sitios con alta perturbación se presentan también los índices de diversidad más altos. La relación entre un factor de degradación tan importante como la presencia del ganado y la diversidad vegetal del bosque ha sido ya estudiada (Trimble y Mendell, 1995). Esta observación aplica también a los bosques de la microcuenca. Los bosques de Nieves, los cuales ocupan la mayor superficie de bosque en la microcuenca

(565.31 ha), son también la zona que presenta los índices de perturbación (4.5 de un máximo de 9) y diversidad de Shannon-Wiener (1.7 contra 0.3 mínimo) más altos. La relación entre la perturbación y la diversidad ha sido observada en diversos estudios, tanto en la cuenca de Cuitzeo como en otras zonas (Trimble y Mendell, 1995; Martorell y Peters, 2004; Zepeda *et al.*, 2008); empero, para poder generar conclusiones contundentes sobre esta relación es importante identificar la fase sucesional en la cual se encuentran los sitios muestreados, para así poder hacer una comparación justa. Una de las observaciones sobre esta posible relación entre diversidad y perturbación en bosques templados es que al estudiar la diversidad de estos sistemas podemos conocer su grado de perturbación y viceversa. Por otro lado, es importante notar que la diversidad en los bosques templados maduros no indica necesariamente una condición favorable para el sistema. Por el contrario, se ha observado que una cualidad de los bosques templados es su reducida diversidad, pues éstos son dominados por lo general por pocas especies. La resiliencia en estos sistemas está relacionada con la presencia de germoplasma suficiente para promover la regeneración en caso de un disturbio, con la ausencia de especies exóticas que puedan aprovechar con más eficiencia los recursos, o con condiciones ambientales constantes que permitan a los organismos reproducirse en condiciones para las cuales han desarrollado cierta aptitud.

Los solares

Los solares son el espacio privilegiado de transmisión de conocimientos sobre el manejo de los recursos naturales en familias rurales (Parra, 2006). Además, es el espacio en donde se producen importantes complementos para la alimentación, la salud y en muchos casos, para la generación de ingresos. En la microcuenca la mayoría de las familias mantiene solares, pues son espacios diversificados en donde se producen hortalizas, frutales, plantas medicinales y especies animales para el autoconsumo. El grado de diversificación de la producción en estos espacios es un indicador de las iniciativas locales por mantener un sistema alternativo a los que tradicionalmente suplen la base de la alimentación. En los solares se puede observar también la medida en que una familia mantiene y transmite conocimientos importantes sobre plantas silvestres de uso medicinal y alimenticio.

La diversidad de especies vegetales alimenticias producidas en los solares es baja y representa, según el análisis multivariable, una debilidad de los sistemas estudiados. Sin embargo en comparación con otras comunidades de la cuenca de Cuitzeo la riqueza de especies en los solares de la microcuenca es más alta, de un máximo de 18 variedades en la microcuenca Umécuaro contra 9 en los solares de la comunidad de Pito Real, al este de la cuenca de Cuitzeo (Godinez, 2005). Uno de los principales problemas de la producción en los solares es el carente cuidado de las especies vegetales y animales que allí se producen. La vacunación y la prevención de plagas es una acción poco valorada por los productores. Sin embargo, es una acción que puede representar un fuerte ahorro, sobre todo en los casos en los que se ha estado cuidando de un árbol o un animal por un largo tiempo. Otra situación que se presenta es la falta de la práctica de la producción de conservas. El procesamiento de los productos generados en los solares puede alargar el tiempo que los pobladores se benefician de estos además de que ayuda a incrementar la eficiencia en su aprovechamiento.

En su estudio sobre el uso de alimenticio de plantas locales en solares, milpas y el bosque, Carbajal (2008) concluye que las mujeres y los jóvenes cuentan con un conocimiento

limitado sobre los usos de las plantas, y se infiere que la edad y el sexo tienen un efecto sobre este conocimiento, ya que las mujeres están poco involucradas en la recolección de plantas y los jóvenes están sujetos a influencias culturales y socioeconómicas que los impulsan a consumir productos provenientes de fuera de su comunidad. En la microcuenca de Umécuaro-Loma Caliente notamos además que la proximidad con las ciudades está coadyuvando a que estos conocimientos se erosionen, hipótesis propuesta también por Carbajal en su estudio.

La dependencia de insumos externos

La dependencia de insumos externos es una consecuencia de la industrialización de los sistemas productivos observada y discutida por académicos como Pimentel y Wen (1990). La información sobre el grado de dependencia de los productores en insumos externos nos permite saber qué tan importantes son los sistemas de producción tradicionales (agricultura, extracción forestal y ganadería), si estos proveen el suficiente sustento a los productores y sus familias, o si deben los productores buscar alternativas productivas para complementar los ingresos que generan con los sistemas tradicionales.

La recepción de remesas enviadas por mexicanos en el extranjero a sus familias es clara evidencia de la dependencia de las comunidades rurales en recursos generados fuera de sus regiones. Son además consecuencia tangible de un mecanismo más complejo, relacionado con la política económica y social que se ha impuesto a países como México por organizaciones internacionales tales como el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI). Entre las consecuencias de la política económica neo-liberal está la dificultad que enfrentan los pequeños productores para vender sus productos, aun en mercados locales y regionales. Esta situación ha sido promovida por empresas transnacionales que importan los excedentes de la producción agrícola o ganadera de otros países –un ejemplo ampliamente citado es la importación de maíz amarillo de Estados Unidos a México-, vendiéndolos a precios por debajo de los costos de producción en los países receptores²⁸. Por otro lado, la imposibilidad de las poblaciones rurales para sobrevivir a través de sus actividades tradicionales está generando una fuerza de trabajo “excedente”²⁹ que debe buscar fuentes de empleo en zonas fuera de sus comunidades de origen, dinámica que promueve la “despoblación” de las zonas rurales (Márquez, 2006). Las tierras productivas de estas zonas, como consecuencia de esta dinámica y de las

²⁸ Esto es posible debido a que en los países exportadores, los gobiernos subsidian la producción de estos productos, promoviendo la generación de excedentes que puedan ser «botados» (el término anglosajón es «dumping») en los mercados de países productores de frutas y hortalizas. De esta forma, los productores de los países receptores tienden a cambiar la producción de productos básicos a la producción de productos de exportación. El incremento en la oferta de estos productos contribuye a la baja de sus precios, situación de gran conveniencia para los países que deben importar esos productos. Así, países como Estados Unidos y otros países europeos exportan productos que ellos producen a un bajo costo e importan productos baratos de los países pobres, quienes tienen que asumir los costos de la producción de frutas y hortalizas. El caso del aguacate es el mejor ejemplo, ya que este producto se vende en ocasiones a precios de exportación por debajo de los nacionales, mientras que las consecuencias del cambio de uso de suelo y la «exportación de agua» contenida en los aguacates se sufren localmente y regionalmente.

²⁹ La inhabilidad para vender los productos rurales, aun en mercados locales, impulsa a un gran número de pobladores a emigrar para buscar otras fuentes de generación de ingresos. El caso de los productores de maíz, discutido en este trabajo, es un ejemplo concreto, pues observamos que los productores de la cuenca no generan ingresos de su producción agrícola.

modificaciones al artículo 27 constitucional, están pasando de las manos de las comunidades ejidales a manos de propietarios de grandes extensiones de tierra.

La emigración es una de las consecuencias sociales de la reestructuración económica global. Actualmente, organismos internacionales como el Banco Mundial y la misma ONU sustentan el argumento de la emigración como una solución al problema económico de las poblaciones rurales del mundo (ONU, 2008). Según el reporte anual más reciente del Banco Mundial, la emigración y el envío de remesas ayudan a las poblaciones rurales a disminuir la pobreza, dado que en la mayoría de los casos, las actividades rurales no generan ingresos suficientes para que éstas puedan mantener una vida digna (Veltmeyer, 2008).

A pesar de que en 2005 México representó el país con mayor recepción de remesas en el mundo, el impacto que éstas tienen en las poblaciones rurales es limitado, ya que su principal aporte es al incremento del ingreso familiar. Por ello, su impacto en el desarrollo comunitario, local y regional es reducido, debido a que ni los emigrantes ni los mismos habitantes de las zonas receptoras confían en la capacidad de las instancias de gobierno para utilizar adecuada y honestamente estos limitados recursos. Las cifras expuestas por CEPAL (2000) respecto a la orientación de las remesas indicaban que en el 2000, 95% de estas se aplicaban al consumo, educación y vivienda y un 5% a inversiones agropecuarias.

Las remesas son recursos vulnerables sujetos a la constante reestructuración de los emigrados mexicanos en Estados Unidos y otros países del mundo. Es conocido que al tiempo que los emigrados se adaptan a su nuevo ambiente y sociedad, el envío de remesas disminuye (*Ibidem*). Por esta razón, es importante cuestionar el discurso oficial que defiende a las remesas como una opción para que las poblaciones rurales puedan salir de la pobreza.

La recepción de remesas en las comunidades estudiadas es significativa. Sin embargo, interesa que el 79% de los productores encuestados reportaron depender “poco” de las remesas para sostener sus sistemas productivos. Este dato indica que los productores pueden obtener los recursos necesarios para la producción de fuentes dentro de la microcuena. En muchos casos, el apoyo del gobierno cumple un rol importante, sobre todo en el inicio de los ciclos productivos, que es cuando los productores necesitan tener ingresos suficientes para comprar fertilizantes o para rentar implementos mecánicos. El subsistema ganadero también resulta de gran importancia en esos momentos de necesidad, pues muchos productores acostumbran vender una cabeza de ganado para poder iniciar el ciclo de producción agrícola.

La resiliencia ante fenómenos que afecten negativamente a los sistemas productivos principales depende de la existencia de alternativas productivas. Cuando los principales sistemas se ven afectados por factores tales como el alza en los precios de los insumos agropecuarios, o la disminución del precio del kilogramo de maíz, la existencia de alternativas productivas puede contribuir positivamente a la resiliencia y a la adaptación de los productores y sus familias a las nuevas condiciones (Barkin 1998; Berkes y Folke, 1998; Alcorn y Toledo, 1998 citado en García-Frapoli, 2006:173; Masera *et al.*, 2000b). Es en estos casos en donde, nuevamente, los solares desempeñan un rol de suma importancia

por su aporte a la autosuficiencia y al mantenimiento de la diversidad y la resiliencia de las poblaciones rurales.

De las tres comunidades, las Rancherías son poblaciones que no cuentan con actividades productivas alternativas a los sistemas tradicionales. Una razón por la cual las Rancherías carecen de alternativas puede estar relacionada con su lejanía y el grado de accesibilidad. De las tres comunidades, Umécuaro es la comunidad que está más cercana a la carretera pavimentada, además de tener un mayor contacto con turistas provenientes de la ciudad de Morelia, quienes visitan esa zona durante los fines de semana. Para llegar a las Rancherías desde la ciudad de Morelia existen dos vías; las dos alternativas implican tomar una brecha, alargando el tiempo de viaje a estas localidades. Además, el tamaño de su población contribuye a que haya pocos “consumidores” en cuanto a la alternativa de generar un trabajo propio. En Nieves y Umécuaro, por el contrario, los productores que se dedican a la herrería o al comercio (tienda), por ejemplo, pueden mantener una actividad constante – aunque quizás no intensiva- durante todo el año, sirviendo a los pobladores locales.

La falta de alternativas productivas en las Rancherías no implica una situación del todo negativa, pues puede indicar una mayor resiliencia en otros aspectos, tales como la presencia de bosques más conservados. Sin embargo, es importante hacer énfasis en la importancia de los solares como espacios de producción alternos, que generan un complemento importante para la alimentación de estas poblaciones.

La resiliencia de los sistemas productivos estudiados

Llegar a una conclusión sobre la resiliencia de los sistemas productivos en la microcuenca es un paso difícil en el proceso de estudio que implica una gran responsabilidad. La resiliencia es la cualidad de un sistema que le permite regresar a un estado de equilibrio cuando ha sufrido un fuerte disturbio. Los sistemas de producción rural de la microcuenca están sujetos a presiones económicas, políticas y ambientales que los están desplazando de su equilibrio. No todos los sistemas tienen la capacidad de regresar a un estado de equilibrio –que no precisamente es el estado anterior al disturbio, sino un nuevo estado en donde todos los componentes del sistema se integran de tal manera que logran una relación armoniosa entre sí. Los análisis realizados indican que los bosques, sistemas de los cuales depende la resinación, se encuentran en un nivel medio de perturbación y por lo tanto, mantienen aun su capacidad de llegar a un nivel de equilibrio considerando una situación favorable, como la implementación de los programas de conservación, la disminución del pastoreo o la reducción de la resinación. Estas situaciones hipotéticas representan, sin embargo, una condición no favorable en cuanto al aspecto económico de las comunidades, ya que los pobladores dependen de estos sistemas para generar ingresos.

Por otro lado, la producción de maíz depende de sistemas naturales que han sido fuertemente impactados, aunque no al grado de perder su resiliencia. La erosión en la microcuenca es reducida, aunque en algunas partes la evidencia de inicios de cárcavas apunta hacia una situación no sustentable generada por la actividad agrícola. Si se pidiera a los productores que dejaran esta actividad estaríamos afectando la situación económica, y por tanto, afectando uno de los componentes principales de la sustentabilidad.

Los sistemas productivos en estas comunidades no podrán considerarse sustentables a menos que pueda lograrse un equilibrio entre los objetivos económicos –responsables de la degradación de la base del recurso natural- y los objetivos ambientales – que limitan las actividades productivas. Es por esta razón que la diversidad de opciones productivas es tan importante, ya que al tener un sistema diverso, la intensidad y el impacto de la producción no se reduce a un sistema, sino que se distribuye entre diversos sistemas sociales y naturales.

La hipótesis planteada es difícil de probar, empero a partir de la información y el análisis generado, es posible sugerir que los sistemas productivos en la microcuenca y en el México rural están sufriendo fuertes cambios en su configuración social, en la forma en que se realizan las actividades, originando a su vez impactos ambientales adversos en los ecosistemas. Estos cambios son consecuencia de políticas económicas que desde hace más de tres décadas se han enfocado a la promoción de la producción de productos de exportación, relegando la producción en pequeña escala realizada en comunidades rurales, dejando fuera del sistema económico dominante a un porcentaje importante de la población del país.

En la sección de recomendaciones retomamos las formas en que se pretende lograr este equilibrio.

Sobre la metodología empleada

Tipología de las unidades de producción rural

La metodología propuesta por Toledo *et al.* (2002) es de gran utilidad para conocer el grado de intensificación productiva de las unidades de producción rural estudiadas. Una de las debilidades de esta metodología es que presume que las comunidades rurales de México presentan características que las relacionan con una ascendencia indígena. Las comunidades de la microcuenca Umécuaro-Loma Caliente no son comunidades indígenas, situación que dificulta su comparación con otras comunidades cuando se les estudia desde la metodología Toledana. Sobre todo el parámetro que relaciona a la cosmovisión indígena con un grado más sustentable de uso de los recursos naturales es un punto que debe someterse a discusión en el México contemporáneo. En una gran mayoría de los casos, las comunidades indígenas han sido sujetas a las mismas presiones socioeconómicas y políticas que el resto de las poblaciones rurales de México. A través de los años, el conocimiento que estas comunidades tenían sobre el aprovechamiento de sus recursos se ha erosionado. En otros casos, por el contrario, el contacto de las poblaciones rurales con instituciones gubernamentales y ONGs ha promovido un cambio en la mentalidad y la búsqueda de alternativas más sustentables de uso de sus recursos. Creo que la visión del “nativo noble” que mantuvieron los antropólogos, sociólogos, historiadores y demás estudiosos de las ciencias sociales, ha sido profundamente modificada y debe ser revalorada, ya que las comunidades rurales, tanto indígenas como mestizas, han logrado adaptarse a los cambios a través del tiempo, en ocasiones con gran éxito. Este éxito no siempre se ha debido a los conocimientos heredados por sus antepasados, sino a una actitud abierta al cambio.

El marco de evaluación MESMIS

El marco de evaluación de sustentabilidad elegido para este estudio resultó ser una herramienta práctica para conocer la situación actual de las comunidades de la microcuenca Umécuar-Loma Caliente en relación a la sustentabilidad. El marco tiene la debilidad de no ser comparable con marcos de evaluación a otras escalas. La delimitación del sistema estudiado, con sus particularidades, reduce el grado de comparación con otros estudios en donde se ha aplicado este mismo marco, pero en donde se han seleccionado diferentes indicadores. Debo notar, sin embargo, que los resultados obtenidos por este marco son una fuente importante para dar seguimiento a los indicadores que se identifican como relevantes para un sistema determinado.

Otro tema que es indispensable tocar es el de la falta de recursos para realizar evaluaciones de sustentabilidad que puedan integrar el trabajo de un equipo multidisciplinario de profesionales. En mi experiencia, el intentar captar la complejidad de la sustentabilidad en un estudio limitado por el tiempo y por los recursos humanos y económicos resulto invaluable. Sin embargo es necesario que reconozca que el trabajo se dificultó y se alargó sobre todo por la falta de conocimientos sobre los diversos métodos y temas estudiados. A pesar de que conté con la ayuda directa y cercana de biólogos y geógrafos, el limitado conocimiento que tengo sobre las áreas que incluí en este estudio limita su alcance, convirtiéndolo en un análisis somero de la situación. Una conclusión esencial a la que llegue es que la sustentabilidad es un tema complejo. La sustentabilidad, más que ser un objetivo sujeto a medición, debe ser un principio ético que nos lleve a plantearnos formas de vivir más amigables con el medio ambiente y con otros seres humanos. A pesar de que no fue posible en este estudio llegar a una conclusión cuantitativa y robusta de la situación de la microcuenca, las conclusiones son un punto de vista importante sobre la realidad de la microcuenca y deben ser tomados en cuenta para plantear futuros estudios en esta zona.

7. Conclusiones

El estudio de la sustentabilidad utilizando marcos tales como el MESMIS (Masera *et al.* 2000b) es de gran importancia para la planeación y el ordenamiento del aprovechamiento de recursos naturales. La ventaja de estos marcos es que nos permiten, a través de un proceso de diagnóstico intensivo, seleccionar indicadores relevantes para el estudio de la sustentabilidad del manejo de los recursos naturales a nivel local y regional.

Las diversas pruebas de varianza de los indicadores y el análisis multivariable entre las tres comunidades indican que no existen diferencias significativas en la forma en que se manejan los recursos.

Los valores característicos resultado del análisis de componentes principales apuntan a la importancia de los rendimientos de maíz, el beneficio/costo de la resinación y de la producción de ganado bovino, los rendimientos de resina y la superficie de agostadero por unidad animal como las variables que provocan la mayor distinción entre los productores.

El análisis multicriterio sugiere que las variables que representan una fortaleza para la sustentabilidad de los sistemas productivos en la microcuenca son: la diversidad pecuaria, la existencia de actividades productivas alternativas, la baja incidencia de *M. differentialis*, y la diversidad de especies vegetales en los solares. Las variables que representan una debilidad son: la amplia superficie deforestada, los bajos rendimientos de maíz, la baja relación beneficio/costo de la resinación, y la reducida superficie de agostadero por unidad animal.

En la microcuenca el sistema de producción agrícola continúa siendo importante, a pesar de que no genera ingresos significativos. Los productos que se obtienen de éste son de suma importancia para las familias, pues además de permitirles mantener un grado de autosuficiencia importante, sus subproductos les sirven como insumos para la ganadería.

El uso de fertilizantes químicos no ofrece beneficios adicionales al abono orgánico. La fijación de fósforo por las arcillas de los andosoles no permite que las plantas puedan aprovechar este elemento eficientemente.

Es importante hacer un estudio más detallado del comportamiento de la plaga de *Melanoplus differentialis*. Es posible que en la microcuenca se comience a hacer un mayor uso de plaguicidas para controlar esta plaga. El uso de plaguicidas tiene que realizarse de manera adecuada para que no se afecte su efectividad ni se incurra en daños al ambiente.

El sistema de producción de ganado bovino es importante pues es una fuente de ingresos para situaciones de emergencia económica.

La intensificación de la ganadería bovina representa un riesgo para los sistemas naturales de la cuenca, dado que actualmente la capacidad de carga de los ecosistemas se está rebasando.

La resinación es el único sistema que genera ingresos “libres”, pues requiere una mínima inversión de recursos, pese a que los impactos ambientales causados por este sistema se están haciendo cada vez más evidentes, con una mayor incidencia de plagas e incendios.

Además de la resinación, la tala clandestina, la degradación por el pastoreo y la extracción de madera, el establecimiento de huertas de aguacate, entre otros factores, están contribuyendo a que el bosque pierda aceleradamente sus funciones ecológicas. El establecimiento de huertas además incorpora otros factores de riesgo, como el uso excesivo del agua del subsuelo y la contaminación de suelos y agua por agroquímicos.

El índice de diversidad en los bosques de pino- encino se relaciona con un alto grado de perturbación. La diversidad puede ser un indicador importante de la perturbación en estos ecosistemas.

La proximidad puede ser una fortaleza o una debilidad, pues en el caso de las opciones productivas, las comunidades más próximas a las zonas urbanas parecen estar mejor situadas, mientras que en el impacto a los bosques, la comunidad más lejana está mejor posicionada.

Las remesas, contrario a la idea que se sostiene, son insumos importantes pero no esenciales para la vida de las poblaciones rurales.

La existencia de alternativas productivas, tales como la producción de frutales y ganado en solares, puede tomar un papel más importante que la recepción de remesas, pues estas actividades presentan la posibilidad de generar ingresos de forma más constante y confiable.

Como conclusión sustentamos que los sistemas de producción rural en las comunidades de la microcuenca se encuentran en una transición hacia un uso menos sustentable de los recursos naturales. Este proceso se relaciona directamente con la fuerte presión económica y social que reciben los productores, resultantes de las políticas económicas y sociales a nivel nacional y global, que hacen cada vez más difícil el que los pequeños productores rurales puedan sobrevivir e insertarse en los mercados locales, regionales, nacionales o globales.. No obstante, se presentan en la microcuenca diversas fortalezas sociales y ambientales que pueden favorecer el manejo sustentable de los recursos naturales, como el uso de fertilizantes orgánicos, la generación de planes de manejo forestal o el uso diversificado de los recursos para diferentes actividades productivas.

8. Recomendaciones

El marco MESMIS es un marco apropiado para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales a nivel regional. Es importante que en su realización se involucre a un equipo multidisciplinario para generar un análisis integral y lo más completo posible.

La homogeneidad de las condiciones productivas de las comunidades en la microcuenca representa un punto a favor del ordenamiento territorial, ya que facilita la generación de propuestas que apliquen a todos los sistemas productivos. Sin embargo, es preciso notar que para fines del ordenamiento forestal, las Rancherías ocupan un lugar particular, ya que por un lado presentan las condiciones de bosque mejor conservadas de las tres comunidades, y por otro carecen de actividades alternativas. Por esta razón, la resinación en estas comunidades debe continuarse, haciendo énfasis en la importancia de otorgar el cuidado necesario a los bosques para que estos no presenten plagas o incendios.

A su vez, deben realizarse estudios más detallados sobre el impacto de la resinación en los pinos para así ordenar esta actividad y prevenir oportunamente la incidencia de plagas. En los predios resinados en donde se haya presentado *Dendroctonus frontalis* será necesario aplicar tratamiento y si es necesario, talar los pinos infectados con suficiente anticipación para prevenir la dispersión de la tala. En este sentido, es importante que a nivel legislativo puedan apoyarse reformas que permitan a los productores decidir cuando talar un árbol infectado; actualmente deben esperar la autorización de la COFOM mientras que esta institución toma una decisión la plaga ha tenido ya tiempo de dispersarse.

De igual forma se sugiere que los productores regresen al manejo comunitario de los bosques, para que puedan tomar acciones conjuntas sobre la totalidad de las unidades ambientales. En ultimo caso se debe explorar la posibilidad de generar un reglamento en donde se especifiquen las consecuencias claras de llevar o no a cabo las acciones sugeridas. Entre las acciones que deben tomar los productores para proteger el bosque está el evitar el sobrepastoreo, cortar pinos plagados con suficiente tiempo y reportarlos a las instituciones responsables, disminuir al número de pinos resinados en la medida que les permita obtener un beneficio importante, evitar el uso de camionetas o transporte pesado para transportar árboles talados o resina y realizar acciones de prevención en las zonas en donde se manifieste erosión severa, entre muchas otras acciones.

El conocimiento sobre el aprovechamiento de recursos no-maderables del bosque se ha perdido, originando que pocos recursos no-maderables además de la resina sean aprovechados. Es necesario organizar talleres en las comunidades para informar a la población, sobre todo a las mujeres y los jóvenes, sobre el uso de recursos tales como los hongos, como complementos importantes para la alimentación.

En las zonas de bosque crecen de manera casi silvestre y abundantemente especies como la zarzamora y el tejocote. Sus productos pueden ser procesados en conservas para su consumo en las comunidades o para venderlos, quizás en la comunidad de Umécuaro, en donde existe una mayor afluencia de turistas.

Es necesario estudiar el contenido de N y P en los suelos para poder decidir cual es la cantidad adecuada de fertilizante a aplicar.

Se recomienda el uso de micorrizas en la producción agrícola para hacer más eficiente el aprovechamiento del fósforo por las plantas. Debe tenerse cuidado de hacer uso de micorrizas nativas de la zona para evitar alterar el ecosistema natural. Las micorrizas pueden utilizarse al mismo tiempo que los fertilizantes, sean estos químicos u orgánicos.

Se deben promover en esta zona los programas de lombricultura y de agricultura orgánica impulsados por el gobierno de Michoacán (SEDAGRO, información personal, 2007). Las instancias gubernamentales y ONGs deben incitar a los pobladores de la microcuenca a que tomen ventaja de los múltiples métodos de compostaje de heces de ganado bovino, porcino y humano (baños secos) ya probados en otras regiones (Stoskopf, 1981).

Para el control de plagas, es apropiado aprovechar los conocimientos sobre manejo integrado de plagas, como un recurso para prevenir el desarrollo de especies resistentes a los plaguicidas comunes. En el caso de *Melanoplus differentialis*, se recomienda el uso de insecticidas naturales, como el que se produce con base en la higuierilla *Resinus comunis* (Información personal). También se utiliza el control biológico con el hongo entomopatógeno: *Beauveria bassiana* o el *Metarhizium anisopliae* var. *Acridium*.

Los productores ganaderos deben llegar a un acuerdo con el resto de los sectores productivos, para mantener hatos por debajo de los números actuales. La producción colectiva puede ser una manera de incrementar la productividad de los hatos mejorando las condiciones de vida y cuidado (FAO, 2006b; Link, 1993).

Los solares deben aprovecharse de manera más eficiente, pues son espacios productivos que actualmente no representan un sistema importante para las familias de la microcuenca. Debe impulsarse la profilaxis en todas las especies animales y la producción de alimentos a base de especies que se producen en la milpa (maíz) o que puedan encontrarse de forma silvestre en los ecosistemas de la región. La diversidad de las especies animales criadas en los solares debe incrementarse, buscando ampliar las opciones que permitan flexibilidad ante cambios económicos y ambientales. En los solares se sugiere además promover la producción de abonos orgánicos a base de las heces de los animales que allí se crían. La implementación de baños secos y la producción cuidadosa de composta pueden ser otra fuente de abono para la producción agrícola, sobre todo de cereales que son consumidos por el ganado.

El manejo integrado de los recursos en la microcuenca deberá basarse en un ordenamiento en donde se designen zonas para la agricultura y la ganadería ubicadas en las zonas bajas con pendientes reducidas, y zonas para la explotación o el manejo forestal en las partes altas con pendientes fuertes. De esta forma se asegurará el mantenimiento del suelo en las zonas de mayor riesgo, sin limitar las actividades productivas de mayor importancia. En las comunidades en las que la ganadería y la agricultura sean más riesgosas será esencial promover el intercambio con comunidades ubicadas en zonas agrícolas y ganaderas. Los productos que se generen a través de la recolección y extracción forestal de recursos no maderables podrá ser vendida en los centros ecoturísticos actualmente en desarrollo en la

comunidades de Umécuaro. Deberá haber una aceptación por todos los pobladores de la cuenca de la necesidad de generar un ordenamiento de las actividades productivas que beneficie a todas las comunidades, al tiempo que mantiene la base de los recursos naturales. El atractivo natural es en esta zona una de sus mayores fortalezas, sobre todo debido a la proximidad con la ciudad.

Se debe impulsar la idea de que las comunidades rurales de México sobrelleven los cambios sociales, políticos, ambientales y económicos actuales, mediante procesos de producción eficientes y respetuosos del ambiente, enfocados a la autosuficiencia, ya que actualmente el pretender insertarse en un mercado controlado por las grandes empresas transnacionales resulta ser un esfuerzo sin sentido.

Referencias bibliográficas

- Adger, Neil W. 2000.** “Social and ecological resilience: are they related?”. *Progress in Human Geography*. 24,3 (2000) pp.347-364.
- Adger, N.W., Kelly, P.M., Winkels, A., Luong Quang Huy, Locke, C. 2002.** “Migration, remittances, Livelihood Trajectories and Social Resilience. *Ambio*. Vol. 31 No. 4. June 2002.
- Andow, David A. y Rosset, Peter M. 1990.** “Integrated pest management”. En **Carroll, D.R., Vandermeer, J.H., Rosset, P. 1990.** *Agroecology*. McGraw-Hill. New York, U.S.A. 641 p.
- Arredondo Elizalde, Angelina. 2008.** “Cuando cultivar maíz ya no es negocio”. Cambio de Michoacán, Economía. Sábado 2 de febrero de 2008. Morelia, Michoacán.
- Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan, Michoacán (APROAM). 2007.** “Gráfica de precios de fruta en huerta promedio por mes.” *Boletín El Aguacatero* No. 53. Noviembre- diciembre 2007.
- Astier, Marta y Carlos González Esquivel.** En prensa. “Formulación de indicadores sócio-ambientales para la evaluación de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos.” En prensa.
- Ávila García, Patricia. 2002.** “Escasez y contaminación del agua en la cuenca del Lago de Cuitzeo: el caso de Morelia y su entorno rural.” En *Los Estudios del agua en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago*. Boehm Scheondube, B.; Durán Juárez, J.M.; Sánchez Rodríguez, M.; Torres Rodríguez A. Coordinadores. El Colegio de Michoacán, A.C., Universidad de Guadalajara.
- Barkin, D., Batt, R., deWalt, B.R. 1991.** *Alimentos versus forrajes. La sustitución entre granos a escala mundial*. Siglo Veintiuno Editores. México.
- Barkin, David. 2008.** “Presentación”. *Argumentos. Estudios Críticos de la Sociedad. Dossier: Economía Ecológica*. Nueva época. Año 21. Enero-abril. 2008. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Barkin, David (1998).** *Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable*. México: Editorial Jus y Centro de Ecología y Desarrollo. ISBN: 9687671041.
- Berkes F., Holding, J., y Folke, C. 2000.** “Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management.” *Traditional Ecological Knowledge* 10(5), 2000. pp. 1251-1262.
- Bocco, Gerardo., Mendoza, Manuel., y Masera, Omar R. 2000.** “La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación.” *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM*. Núm. 44, 2001, pp.18-38.
- Boserup, 1965.** *The conditions of agricultural growth*. Aldine, Chicago.
- Bray, Francesca. 1994.** “Agriculture for Developing Nations”. *Scientific American*. July 1994.
- Browder, J.O. 1992.** Social and economic constraints on the development of market-oriented extractive reserves in the Amazon rain forests. En: D.C. Nestad y S. Schwartzmann (eds.) *Non timber products from Tropical Forests, Advances in Economic Botany* 9. Botanical Gardens, New York. Pp. 33-42.
- Cabarle, Bruce., Chapela, Francisco., Madrid, Sergio. 1997.** “El manejo forestal comunitario y la certificación”. En *El manejo forestal comunitario en México y sus*

- perspectivas de sustentabilidad*. Leticia Merino, coord. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuernavaca, Morelos.
- Campos Aranda, D.F.** 1992. *Procesos del ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Carabelli, Esteban., Bogsby, Hugo., Ross, Cullen y Peri, Pablo.** 2007. "Measuring sustainable forest management in Tierra del Fuego, Argentina". *Journal of Sustainable Forestry*. Vol. 24, No. 1, 2007. pp. 85-108.
- Carbajal Esquivel, Haydeé.** 2008. *Importancia de las plantas en la cultura alimentaria de la comunidad Xi'oi Las Guapas, Rayón, San Luis Potosí*. Tesis de maestría. Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Carlón Allende, Teodoro.** 2006. *Regionalización hidrológica en la Cuenca Cuitzeo*. Tesis. Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Casas Fernández, Alejandro.** 2007. Información personal. Profesor del Curso de Manejo de Recursos Naturales. Posgrado en Ciencias Biológicas. CIEco/UNAM. Morelia.
- Cavendish, W.** 2001. "Rural livelihoods and non-timber forest products. En: W de Jong y B. Campbell (eds). *The role of non-timber forest products in socioeconomic development*. CABI Publishing. Wallingford.
- Cedeño Gilardi, Heidi.** 2006. *Análisis Histórico de las Políticas Forestales en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Ambientales. CIEco-UNAM.
- CEPAL 2000.** *Informe de la reunión de expertos sobre remesas en México: Propuestas para su optimización*. México D.F. 13 de Noviembre 2000.
- CEPAL.** 2004. *Innovación participativa: experiencias con pequeños productores agrícolas en seis países de América Latina*. Serie Desarrollo Productivo. No. 159. Santiago de Chile.
- Challenger, A.** 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Chávez Huerta, María Yolanda Margarita.** 1984. *Principales interacciones entre los suelos forestales y las coníferas del Cerro de la Cruz, Mich.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UNAM.
- Christensen, Norman L., Ann M. Bartuska; James H. Brown; Stephen Carpenter; Carla D'Antonio; Robert Francis; Jerry F. Franklin; James A. MacMahon; Reed F. Noss; David J. Parsons; Charles H. Peterson; Monica G. Turner; Robert G. Woodmansee.** 1996. "The Report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management". *Ecological Applications* Vol. 6, No. 3. (Aug. 1996), pp 665-691.
- Christensen, N.L.** 1997. Implementing Ecosystem Management: Where do we go from here? In. M.S. Boyce y A. Haney (ed.) *Ecosystem Management. Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources*. Yale University Press, New Haven, pp. 325-341.*
- Clayton, M.H. and N.J. Radcliffe.** 1996. *Sustainability. A Systems Approach*. Westview Press Inc. Boulder, Colorado. USA.
- Cochet, Hubert., Léonard, Eric., de Surgy, Jean Damien.** 1988. *Paisajes agrarios de Michoacán*. El Colegio de Michoacán. México.

- Cochet, H. 2001.** “Agricultura de tumba y quema, ganadería extensiva y degradación ambiental en la Sierra Madre del Sur (Sierra de Coalcomán, Michoacán).” En *Historia ambiental de la ganadería en México*. Lucina Sánchez, compiladora. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Francia. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. México. Ç
- Comisión Forestal de Michoacán (COFOM). 2007.** *Relación de constancias de aviso de aprovechamientos forestales no maderables (Resina 2007)*. COFOM. Michoacán.
- Cohen, M.N. 1977.** *The food crisis in prehistory: Overpopulation and the origins of agriculture*. Yale University Press. New Haven.
- CONAGUA. 2006.** *Informe de visita de inspección de presa de almacenamiento Umécuaro. Programa Nacional de Seguridad de Presas. Comisión Nacional del Agua. Morelia, Michoacán.*
- Costanza, R., d’arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R.O., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. 1997.** “The value of the world’s ecosystem services and natural capital.” *Nature* Vol. 387. 15 May 1997.
- Crisi, J.V. y López Armengol, M.F. 1983.** *Introducción a la teoría práctica de la taxonomía numérica*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C.
- Cuninham, Anthony B. 2001.** *Etnobotánica aplicada. Pueblos, uso de plantas silvestres y conservación*. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). 310 pp.
- da Costa, Leila., Cal Seixas, Sônia., De Moraes, João., Guimarães, Roberto., Floriani, Dimas., Tavolaro, Sergio. 2006.** “Environmental Issues, Disciplinarity, Social Theory and Intellectual Production in Latin América”. *Ambiente e Sociedade-* Vol. IX No. 2 Jul./dic.
- Márquez Cobarrubias, Humberto., Delgado Wise, Raul., Pérez Veyna, Oscar. 2006.** “Precarización de la fuerza de trabajo mexicana bajo el proceso de reestructuración productiva estadounidense”. *Theomai: estudios sobre sociedad, naturaleza y desarrollo*.
- Dourojeanni, A. 2001.** *Water management at the river basin level: challenges in Latin America*. Serie Recursos naturales e infraestructura. CEPAL/ ECLAC. Santiago de Chile, Chile.
- Dourojeanni, A. 2002.** *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. CEPAL/ECLAC. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, Chile.
- Dove, M.R. 1996.** “Centre-periphery, and biodiversity: a paradox of governance and a developmental challenge”. En S.B. Brush y D. Stanbinsky. (eds). *Valuing Local Knowledge: Indigenous People and Intellectual Property Rights*. Island Press. Washington, D.C.
- Dumanski, Julian, Terry, E., Byerlee, D., Pieri, C. 1998.** *Performance Indicators for Sustainable Agriculture*. The World Bank. Washington D.C.
- Edwards, C.A. et al. 1993.** “The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46(1993) 99-121.
- El Universal. 2008.** “Se ‘caen’ remesas por crisis financiera”. 30 de septiembre de 2008. Disponible en Internet en: <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/92070.html>. Fecha de consulta: 17 de enero de 2009.

- European Commission. Agriculture Directorate-General. 2001.** *A Framework for Indicators for the Economic and Social Dimensions of Sustainable Agricultural and Rural Development.*
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1993.** FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. Discussion paper. Smyth, A.J., Dumanski, J. Roma, Italia.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1995a.** *Gum naval stores: turpentine and rosin from pine resin.* Non-wood forest products series. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 62 pp.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1995b.** *Non-wood forest products for rural income and sustainable forestry.*
- Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Non-wood forest products series. Rome. 127 pp.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1999.** *Base referencial mundial del recurso suelo.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de Referencia e Información de Suelos (ISRIC), Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo (SICS-AISS-IBG).
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2001.** *Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Boletín de tierras y aguas de la FAO.* Roma.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2002.** *Estado de la Información Forestal en México.* Monografías de países. Vol. 11. Santiago de Chile.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2006a.** *Livestock's longshadow. Environmental issues and options.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2006b.** "Spotlight: Farm animal biodiversity". Agriculture and Consumer Protection Department. Rome, Italy. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/ag/magazine/0609sp1.htm>. Última consulta: 8 de junio de 2009.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007.** *Environment and Agriculture.* Committee on Agriculture, Twentieth Session. Rome. April.
- Galindo Mendoza, María Guadalupe. 2005.** "Geopolítica de sustitución o falta de competitividad económica: La debacle del sector cañero-azucarero mexicano en el marco de las políticas neoliberales y el TLCAN." En *Revista del Colegio de San Luis. Vetas* año VII, núm. 19, enero-abril, 2005.
- Gallopín, G. 2001.** "Science and Technology, Sustainability and Sustainable Development." ECLAC. Economic Commission for Latin America and the Caribbean.
- Gallopín, G. 2003.** *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico.* CEPAL. Santiago de Chile.
- Gallopín, 2006.** *Los indicadores de desarrollo sostenible: aspectos conceptuales y metodológicos. Ponencia realizada para el Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la Formulación y Seguimiento de Políticas.* FODEPAL. Santiago de Chile.
- García-Frapoli, E. 2006.** *Conservation from below: socioecological systems in natural protected areas in the Yucatan Peninsula, Mexico.* Dissertation. Autonomous University of Barcelona.
- García García, José Odón. 2000.** *La Unión de productores agropecuarios del valle Morelia-Queréndaro: ¿Una alternativa de organización regional para la agricultura*

- comercial?* Tesis. Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Centros Regionales Universitarios.
- Giampietro, M. & Pastore G. 2001.** Operationalizing the concept of sustainability in agriculture: Characterizing agro-ecosystems on a multi-criteria, multiple scale performance space. En S. Gliessman, (ed.) *Agroecosystem Sustainability*, pp. 177-202. CRC Press, Boca Ratón, Fl. (Enviado en PDF)
- Gleissman, 2002.** *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible.* Turrialba. CATIEE. Costa Rica.
- Global Footprint Network. 2005.** Citado en pintér.
- Godinez Contreras, Maria del Carmen. 2005.** Aprovechamiento de árboles frutales en el ejido de Pino Real. Reporte para la clase Manejo de Recursos Vegetales impartida por el Dr. Diego Pérez Salicrup en el Centro de Investigación en Ecosistemas (CIEco) de la UNAM, Morelia.
- Godoy, R.A. and Bawa, K.S., 1993.** “The economic value and sustainable harvest of plants and animals from the tropical forest: assumptions, hypotheses and methods.” *Economic Botany* 47(3), 215-219.
- González Medrano, Francisco. 2003.** *Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México.* Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT: México.
- González Piedra, Julio Iván. 2004.** “El manejo de Cuenca en Cuba: Actualidades y retos”. En *El manejo integral de cuencas.* Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México D.F. pp. 21-40.
- Guevara, Mario. 2009.** *Conductividad hidráulica de campo en suelos volcánicos bajo dos coberturas en la cuenca hidrográfica Umécuaro-Loma Caliente.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Guimarães, Roberto. 2001.** *Fundamentos territoriales y biorregionales de la planificación.* CEPAL. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile.
- Harrison, R.M. Ed. 1999.** *Understanding Our Environment: An Introduction to Environmental Chemistry and Pollution.* Third Edition. Royal Society of Chemistry. Cambridge, U.K.
- Hawkes, J.G. 1983.** *The diversity of crop plants.* Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Heathcote, Isobel W. 1997.** *Integrated Watershed Management. Principles and Practice.* University of Guelph.
- Hermann, S. y Osinski, E. 1999.** “Planning sustainable land use in rural areas at different spatial levels using GIS and modeling tools”. *Landscape and Urban Planning* 46 (1999) 93-101.
- Hernández-Oria, José Gpe., Chávez, Ruth., Sánchez, Emiliano. 2006.** “Efecto del disturbio crónico en *Echinocereus Schmollii* (Weing.) N. P. Taylor, una cactácea en peligro de extinción en el semidesierto Queretano, México. En *Zonas Áridas* 2006, No. 10. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima-Perú.
- Hernández Xolocotzi, Efraím. 1988.** “La agricultura tradicional en México”. *Comercio Exterior*, vol. 38, núm.8. Agosto de 1988. pp. 673-678.
- Hetch, Susana B. 1991.** “La evolución del pensamiento agroecológico”. *Volver* No. 1. Marzo. Universidad de California Los Angeles.

- Holling, C.S. 2001.** Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4:390-405.
- Holts-Giménez, E. y Peabody, L. 2008.** “Solving the food crisis: the causes and the solutions”. Food First Institute. California. Disponible en Internet en: Food First Institute Press Room: <http://www.foodfirst.org/en/node/2141>. Fecha de consulta: 12 de Enero de 2009.
- Huacúz Elías, Dolores del Carmen. 2001.** *Estado de conservación del género *Ambystoma* en Michoacán, México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Ikerd, J.E. 1993.** “The need for a systems approach to sustainable agriculture.” *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46 (1993) 147-160.
- Institute for Agriculture and Trade Policy. 2004.** “United States Dumping on Agricultural Markets”. Disponible en internet en: <http://www.tradeobservatory.org/library.cfm?RefID=26080>. Fecha de consulta: Noviembre de 2008.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2005.** Censo de población 2005.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2006.** *Guía para la interpretación de cartografía. Edafología*. Aguascalientes, Ags.
- ISTAT (National Institute of Statistics of Italy), 2001.** *Agri-environmental indicators to describe agricultural sustainability*. Conference of European Statisticians. Working paper No. 21.
- Klooster, D. y Masera, O. 2000.** “Community Forest Management in Mexico: Carbon Mitigation and biodiversity conservation through rural development.” *Global Environmental Change*. 10 (2000) 259-272.
- Labrador Moreno, Juana. 2002.** “Aproximación a las bases técnicas de la agricultura ecológica.” En *Manual de agricultura y ganadería ecológica*. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura (Bajadoz).
- Lahiff, Edgard., Borrás Jr, Saturnino M., Kay, Cristobal (2007).** “Market-led agrarian reform: policies, performance and prospects”. *Third World Quarterly*, 28:8, 1417-1436. Disponible en internet en <http://dx.doi.org/10.1080/01436590701637318>
- Laird, Sarah A. Coord. 2002.** *Biodiversidad y conocimiento tradicional. Participación equitativa en práctica*. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). 518 pp.
- Laird, Sarah A. 2001.** “El convenio sobre la diversidad biológica: el marco ético y jurídico, la investigación y la biodiversidad”. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*. Vol. 52- 2001/3.
- Lara-Cabrera, Sabina., Lindig-Cisneros, Roberto., Corral Bribiesca, Josué., Magaña Rodríguez, Benjamín., Nieto García, Soledad., Pérez Díaz, Marlene. 2004.** “Riqueza de especies de leguminosas en bosques templados como indicadora del nivel de perturbación”. *Ciencia Nicolaita*. No. 37. Abril 2004.
- Letourneau, D.K. 1997.** “Plant-Arthropod Interactions in Agroecosystems”. En Jackson, L.E. (Ed.). *Ecology in agriculture*. Academic Press. San Diego, California, U.S.A. 472 p.
- Link, Thierry. 1993.** “Ganadería y recursos de propiedad colectiva”. *Relaciones* No. 54. Primavera 1993. Vol. XIV.
- López, Erna., Bocco G., Mendoza, M. y Duhau E. 2001.** “Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe. A case in Morelia city, Mexico.” *Landscape and Urban Planning* 55 (2001) 271-285.

- López, Erna. Mendoza, M. Bocco, G. 2004.** “Cambio de cobertura vegetal y uso de terreno en la ciudad de Morelia y sus alrededores.” En *Contribuciones a la Geología e Impacto Ambiental de Morelia, Vol. 1 (2004)*.
- López Granados, Erna; Mendoza Cantú, Manuel; Bocco Verdinelli, Gerardo; Bravo-Espinoza, Miguel 2007.** “Patrones de degradación ambiental en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Una perspectiva espacial.” Libro técnico Núm. 7. Diciembre 2007. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Uruapan, Michoacán.
- Macilwain, C. 1998.** “Bioprospecting in an African Context”. *Science*, vol. 282. October. Pp. 41-2.
- Madrigal Sánchez, Xavier. 1995.** “Ensayo de clasificación de la vegetación con base en el método Tipos de Hábitat”. *Ciencia Nicolaita* No. 8. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Marzo de 1995. pp. 49-72.
- Madrigal Sánchez, Xavier. 1997.** “Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México”. *Ciencia Nicolaita* No. 15. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Agosto de 1997. pp. 65-75.
- Márquez Cobarruvias, Humberto. 2006.** “Controversias en el desarrollo económico local basado en las remesas de los migrantes”. *Análisis Económico*. Segundo cuatrimestre, año/vol XXI. No. 047. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. D.F.
- Martínez-Alier, 1997.** “Some issues in agrarian and ecological economics, in memory of Georgescu-Roegen”. *Ecological Economics* 22 (1997) pp. 225-238.
- Martínez, Maximino. 1994. Tercera edición.** *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México D.F.
- Martorell, Carlos y Peters, Edward M. 2005.** “The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*”. *Biological conservation* 124(2005) 199-207.
- Masera, Omar y López Ridaura, Santiago. Eds. 2000a.** *Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Cinco Experiencias de Evaluación en el México Rural*. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA A.C.). Pátzcuaro, Michoacán.
- Masera, Omar; Astier, Marta y López-Ridaura, Santiago. 2000b.** *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. Pátzcuaro, Michoacán.
- Meadows, Donella. 1998.** *Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A Report to the Balaton Group*. September. 1998.
- Merino, Leticia y Alatorre, Gerardo. 1997.** “Las condiciones de los aprovechamientos forestales en los casos de distintas comunidades de México.” En *El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad*. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. Cuernavaca, Morelos.
- Minc, Leah D. y Vandermeer, John. 1990.** “The origin and spread of agriculture”. En Carroll, C.R., Vandermeer, J.H., Rosset, P. *Agroecology*. McGraw-Hill. New York. U.S.A. 641 p.
- Miranda, G.F. y E. Hernández-X. 1963.** *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Bol. Soc. Bot. Mex. 29-179.
- Nambiar, K.K.M. et al. 2001.** “Biophysical, chemical and socio-economic indicators for assessing agricultura sustainability in the Chinese coastal zone”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 87 (2001) 209-214.

- Organización de las Naciones Unidas. 2008.** “Ban: migración puede ayudar a salir de la crisis económica”. *Radio de las Naciones Unidas*. 29 de Octubre de 2008. Disponible en Internet en: <http://www.unmultimedia.org/radio/spanish/detail/106793.html>. Fecha de consulta: 17 de enero de 2008.
- ONU-CDS. 2002.** Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. 26 August - 4 September 2002. Johannesburgo, Sudáfrica: Organización de las Naciones Unidas.
- ONU-CDS. 2002.** *Report on the aggregation of indicators on sustainable development. Background paper for the Ninth Session of the Commission on Sustainable Development.* Commission on Sustainable Development of the United Nations (CSD). United Nations, New York.
- Organization for Economic Co-operation and Development. 2000.** *Towards Sustainable Development. Indicators to Measure Progress.* OECD. France.
- Ortiz Ávila, Tamara. En prensa.** “Caracterización de sistemas de manejo de recursos naturales.”
- Osborne, J.W., Costello, A.B. 2004.** “Sample size and subject to item ratio in principal component analysis. *Practical Assessment, Research and Evaluation*. 9(11). Disponible en internet en: <http://pareonline.net/getvn.asp?v=9&n=11>. Última consulta : 8 de junio de 2009.
- Parra Rondinel, Fabiola Alexandra. 2006.** *Diversidad de especies vegetales de los huertos familiares del Ejido de Pino Real.* Trabajo del curso: Ecología del manejo de recursos forestales. Maestría en Ciencias Biológicas. CIECO-UNAM. Profesor. Diego Pérez Salicrup (Contacto diego@oikos.unam.mx).
- Pérez-Grovas, V. 2000.** “Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo de café orgánico en la Unión de Ejidos Majomut, Altos de Chiapas.” En Masera, O., y S. López-Ridaura, 2000 (eds). *Sustentabilidad y sistemas Campesinos. Cinco Experiencias de Evaluación en el México Rural.* Mundiprensa GIRA-UNAM. México, D.F.
- Pérez-Negrón, E. 2002.** *Aspectos etnobotánicos y ecológicos de los recursos vegetales en la comunidad de Santiago Quiotepec, Oaxaca.* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Pimentel, David y Dazhong, Wen. 1990.** “Technological Changes in Energy Use in U.S. Agricultural Production”. En Carroll, C.R.; Vandermeer, J.H. y Rosset, P. *Agroecology.* McGraw-Hill. New Cork. U.S.A. pp. 147-164.
- Pintér, Lázló., Hardi, Peter., Bartelmus, Peter. 2005.** *Sustainable Development Indicators. Proposals for the Way Forward.* Prepared for the United Nations Division for Sustainable Development (UN-DSD). New York.
- PNUMA. 2002.** Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (Geo3). Capítulo 1 Disponible en: <http://www.grida.no/geo/geo3/spanish/pdf.htm> [Fecha de consulta: 24 de agosto de 2006].
- Prat, C., Márquez, A. y Esteves, M. 2007.** *Estudio batimétrico de la presa de Cointzio y de Umécuaro.* Resumen. Simposio, Acciones y Resultados para el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán.
- Quadratin. Agencia Mexicana de Información y Análisis. 2008.** “Perderá Michoacán 20 mdd en remesas por crisis en EU”. 22 de Octubre de 2008. Disponible en Internet en: <http://www.quadratin.com.mx/www1/noticia.php?id=41307>. Última consulta: 17 de enero de 2009.

- Ramírez, R. Isabel. 2001.** “Cambios en las cubiertas del suelo en la sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000”. *Investigaciones Geográficas. Boletín del instituto de Geografía*, UNAM. Núm. 45, 2001, pp. 39-55.
- Ramírez, G. L. 2007.** “Efectos del manejo hidráulico en un sistema de pulsos “Presa de Umécuaro, municipio de Morelia, Michoacán”. Memorias en extenso. VI Congreso internacional y XII nacional de ciencias ambientales. Chihuahua, México.
- Regev, U. 1984.** “An economic Analysis of Man’s Adiction to Pesticides”. En G.R. Conway (ed). *Pest and Pathogen Control: Strategic, Tactical and Policy Models*. Wiley, Chichester, England. pp. 441-453.
- Rendón, López, Marta Beatriz, Vázquez Aguirre, A. A., Chacón Torres, A., Ayala. 2007.** “Efectos del manejo hidráulico en un sistema de pulsos “Presa de Umécuaro, municipio de Morelia, Michoacán”. *Memorias del VI congreso internacional y XII nacional de ciencias ambientales*.
- Reyes Hernández, H., Aguilar Robledo, M., Aguirre Rivera J.R., Trejo Vazquez, I. 2004.** “Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000”. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 59, 2006, pp.26-42*.
- Roveda, Gabriel., Polo, Cristina. 2007.** “Mecanismos de adaptación de maíz asociado a *Glomus spp.* en suelos con bajo fósforo disponible”. *Agronomía Colombiana* vol.25 no.2. Bogotá July/Dec 2007.
- Rzedowski, J. 1978.** *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Rzedowski Calderón, Graciela y Rzedowski, Jerzy. 2001.** *Flora fanerogámica del Valle de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Michoacán.
- SAGARPA 2002.** *Los coeficientes de agostadero del estado de Michoacán. Sitio Bj283 Bosque Aciculifolio en la meseta tarasca con Pinus sp. Mapeado en las cartas intersecretariales 13 Q-V, 13 Q-VI, 13 Q-VIII Y 14 Q-V*. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). Morelia. 96 p.
- SAGARPA 2004.** “Plan rector de producción y conservación de la microcuenca Umécuaro, Mpio. de Morelia, Michoacán” Fideicomiso de Riesgo Compartido. Morelia, Mich. Diciembre 2004.
- SAGARPA. 2006.** *Plan de Desarrollo Rural Sustentable del Municipio de Morelia, Michoacán -2006*. Cortés Calderón, Jorge. Coordinador.
- SAGARPA. 2007.** Rendimientos de maíz en los municipios de Acuitzio, Madero y Morelia, Michoacán. Delegación SAGARPA Morelia.
- Schejtman, Alexander. 1999.** Las dimensiones urbanas en el desarrollo rural. Revista de la CEPAL 67. Abril 1999. Santiago de Chile.
- Schoendube, B.B., Durán J, J.M., Sánchez R. M., Torres Rodríguez, A. (Coordinadores). 2002.** *Los estudios del agua en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago*. El Colegio de Michoacán. Universidad de Guadalajara.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2004.** *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2004*. SEMARNAT, Distrito Federal (México).
- Simonian, Lane. 1999.** “Medio ambiente y políticas públicas en México (1970-1993). *Gaceta Ecológica, Nueva Época*. No. 53, 1999. INE-SEMARNAP. México.
- Smith, Robert Leo y Smith, Thomas M. 2001.** *Ecología*. 4a edición. Pearson-Addison Wesley.

- Smyth, A.J. y Dumanski, J. 1993.** *FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management.* World Soil Resources Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Solís Rojas, Leonor. 2006.** *Etnoecología cuicateca en San Lorenzo Pápalo, Oaxaca.* Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. UNAM.
- Soule, Judy., Carré, Danielle., Jackson, Wes. 1990.** “Ecological impact of modern agriculture”. En Carroll, C.R., Vandermeer, J.H., Rosset, P., 1990. *Agroecology.* McGraw-Hill. Nueva York. 641 p.
- South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC), United Nations Environment Programme. 2005.** *Building Resilience in SIDS. The Environmental Vulnerability Index.*
- Stoskopf, N.C. 1981.** *Understanding crop production.* Reston Publishing Company. Reston, Virginia. USA. 433 p.
- Szasz, Ivonne. 1990.** “Dimensiones del mercado de trabajo, migraciones temporales y reproducción doméstica. Un caso en la zona rural del Estado de México.” *Revista Mexicana de Sociología.* Vol. 52, No.1. La Población de México en los años ochenta #. (Jan.-Mar., 1990), pp.151-167.
- Toledo, 1990.** “The ecological rationality of peasant production. In *Agroecology and small-Farm Development.* (M. Altieri and S. Hetch, eds.), pp. 51-58. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Toledo, 1999.** *Ecología, sustentabilidad y manejo de recursos naturales: la investigación científica a debate.* Simposio sobre Recursos Naturales. Sociedad Botánica de México. Morelia, Michoacán.
- Toledo, Victor M., Alarcón-Chaires, Pablo; Barón, Lourdes. 2002.** “Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: una aproximación al caso de México”. *Estudios Agrarios.* Vol. 12.
- Toledo, V.M. 2001.** Indigenous people, Biodiversity and . En: S. Levin et al. (Eds) *Encyclopedia of Biodiversity.* Academic Press 3: 411-463.*
- Toledo, Victor; Alarcón-Cháires, Pablo; Barón, Lourdes. 2002.** *La modernización rural de México: un análisis socioecológico.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Toledo et al. 2003.** The multiple-use of tropical forests by indigenous peoples in México: A case of adaptative management. *Conservation Ecology.* <http://www.consecol.org/vol7/iss3/art9> *
- Toledo, V.M. 2004.** *Ecología, sustentabilidad y manejo de recursos naturales: la investigación científica a debate.* En K. Oyama y A. Castillo (Eds.) *Manejo, Conservación y restauración de Recursos Naturales en México. Perspectivas desde la Investigación Científica.* Siglo XXI Editores, México.
- Torres, I. 2004.** *Etnobotánica y aspectos ecológicos de los recursos vegetales en una comunidad popolaca de la Reserva de la Biosfera Tehuacan-Cuicatlán.* Tesis de licenciatura, Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Torres, I. 2009.**
- Trimble, Stanley W. y Mendel, Alexandra C. 1995.** “The cow as a geomorphic agent- A critical review.” *Geomorphology* 13 (1995) 233-253.

- United Nations Development Programme. 2004.** *Human development report 2004. Cultural liberty in today's Diverse World.*
<http://www.hrd.undp.org/reports/global/2004/>.
- Valiente-Banuet, A. A.Casas; A. Alcántara; P. Dávila; N. Flores; M.C. Arizmendi; J.L. Villaseñor; J. Ortega. 2000.** “La vegetación del valle de Tehuacan-Cuicatlán.” *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* 67:24-72.
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert V., Franchois, L., Garcia Ciudad V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E. Peeters, E. 2007.** “SAFE- a hierarchical framework for assessing sustainability of agricultural systems”. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 120 (2007) 229-242.
- Velásquez, A., Mas, J.F., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P.C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E. y Palacio, J.L. 2002.** “Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México”. *Gaceta Ecológica.* Número 62. México.
- Veltmeyer, Henry. 2008.** “The World Bank on Agriculture for Development: A Failure of Imagination or the Power of Ideology?” CEDLA Seminar. Rural Latin America: Contemporary Issues and Debates. University of Amsterdam. June 13, 2008.
- von Wirén-Lehr, S. 2001.** “Sustainability in agriculture- an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice.” *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 84 (2001) 115-129.
- World Wildlife Fund, 2005.** *Living Planet Report.* Disponible en internet en: http://www.panda.org/downloads/general/LPR_2004.pdf
- Wikipedia. The free encyclopedia. 2008.** “Methemoglobinemia”. Disponible en internet en: www.en.wikipedia.org/wiki/Methemoglobinemia.
- Yale Center for Environmental Law and Policy. 2005.** Environmental Sustainability Index. Benchmarking National Environmental Stewardship. Yale University. New Haven.
- Zepeda Castro, Hugo., Chávez Huerta, Yolanda., Madrigal Sánchez, Xavier., Villanueva Villanueva, Lorena. 2008.** “Vegetación ribereña como indicadora de degradación de la red hidrográfica: un estudio de caso en la cuenca de Cuitzeo, México.” *Memorias del Primer Congreso Nacional sobre Mitigación del Daño Ambiental del Sector Agropecuario de México.* Celaya, Guanajuato.

Anexo I. Cuestionarios y formas.

1. Cuestionario general sobre los sistemas de producción rural en la cuenca de Umécuaro

Nombre del productor _____ Edad _____ Comunidad _____
 Fecha _____ Ejidatario Si ___ No ___

Sistemas de producción

1. ¿Que actividades productivas realiza?
 a. Agricultura _____ b. Ganadería _____ c. Bosque _____ d. trabajo fuera _____ e. Huertos _____
 f. otras _____
2. ¿Qué superficie de terreno tiene en el ejido? _____
3. ¿Qué porcentaje de su terreno tiene para cada una de las actividades?
 a. Agricultura _____ b. Ganadería _____ c. Bosque _____ d. Huertos _____ e. Renta a otros _____ f. Otras _____
4. ¿Qué tiempo dedica a cada una de estas actividades? (Días, horas, meses)
 a. Agricultura _____ b. Ganadería _____ c. Bosque _____ d. trabajo fuera (lugar y tipo de trabajo) _____
 e. Huertos _____ otras _____

Agricultura

5. ¿Cuántas medidas (cuarterones, anegas, toneladas) de maíz produce por ha? _____
6. ¿Qué porcentaje de la producción agrícola es de autoconsumo _____ o comercial _____?
7. ¿Lo que producen les alcanza para todo el año? Si ___ No ___ A veces _____
8. ¿Si vende, a cuánto vende cada medida de maíz y en donde la vende? _____
9. ¿Qué gastos debe cubrir para producir una hectárea de maíz?

Arado	Cruza	Chaponeo	Plaguicida
Escarda	Semillas	Fertilizante (Tipo)	Transporte
Mano de obra necesaria para siembra	Peones /día y costo por día para siembra	Mano de obra necesaria para cosecha	Peones /día y costo por día para cosecha

10. ¿Recibe apoyos de programas de gobierno para la agricultura? Si ___ No ___ ¿Cuánto recibe y en qué forma (asesorías, dinero, material)? _____
11. ¿Qué problemas enfrenta la producción agrícola?

12. ¿Tienen problemas de plagas? Si ___ Cuales _____ No _____
13. ¿Les hace falta agua para la producción agrícola –Sí ___ No ___ Para consumo humano: Si ___ No ___
- 13.b. Desde la creación del ejido la cantidad de agua ha disminuido _____ aumentado _____ o permanece igual _____
14. ¿Desde la creación del ejido la superficie agrícola ha disminuido _____ aumentado _____ o se ha mantenido igual _____? La cantidad de agua ha disminuido _____

Ganadería

15. ¿Tiene usted ganado? No _____ Vacuno (# cabezas) vacas _____
 bueyes _____ Terneras _____ Ovino _____ Caprino _____ Porcino _____ Equino _____
16. ¿Qué necesita para mantener el ganado y cuanto le cuesta? a. uso del agostadero -
 _____ b. Desechos de la milpa (si lo compra cuanto le cuesta) _____ c. alimento comprado
 (tipo) _____ \$/bulto _____ # bultos/ año _____ d. vacunas (costo) y cantidad _____ e. transporte
 _____ f. otros _____
17. ¿Cuáles son los problemas principales de la producción ganadera?

18. ¿Qué animales de traspatio mantienen y cuántos animales de cada tipo tienen?
 Gallinas _____ Cerdos _____ Guajolotes _____ Otros _____
19. ¿Qué productos obtienen de los animales de traspatio y cada cuanto los consumen (veces por semana)?
 a. Huevo _____ b. Carne gallina _____ c. Carne pollo - _____ d. Carne cerdo _____
20. ¿Cuáles son los principales problemas de la cría de animales de traspatio? _____

21. ¿Recibe apoyos de programas de gobierno para el cuidado del ganado y animales de traspatio? Si -__
No -__ Si__ Programa y monto_____

Recursos forestales

22. ¿Hace usted uso del bosque? Si __ No __
23. ¿Qué tipo de productos forestales obtiene? Resina _____ Madera _____
Leña para gasto familiar_____ Leña para construcción de casas particulares____ Otros productos_____
Cantidad _____ a la semana__ mes__ año__
24. ¿Recibe algún tipo de apoyo del gobierno para cuidar el bosque? Si__ No__
¿De cual programa y cuanto recibe? _____
25. ¿Cómo considera el estado del bosque? Bueno __ Regular -__ Malo __

Huertos

26. ¿Qué tipo de plantas mantiene en su solar? Plantas medicinales (Tipos)_____
Árboles frutales (Tipo) _____
16. b. Cuando obtiene en promedio de cada árbol o planta _____
27. Los productos del huerto son para autoconsumo _____ venta _____
28. Que tipos de productos derivados de los huertos vende y en donde y a cuanto los vende

29. ¿Cuáles son los problemas principales para el aprovechamiento de los huertos?

Generales de la comunidad

30. ¿Ha tenido que emigrar alguna vez a otro lugar? Si __ No ____ ¿Por cuanto tiempo? __ años
31. ¿Cuántas personas son en su familia? ____ Cuantos trabajan fuera de la comunidad __ en EU ____
32. ¿Qué tanto depende del dinero que se genera fuera del ejido? Poco ____ Regular ____ Mucho ____
33. ¿En los últimos 20 años ha aumentado ____ disminuido -__ o permanecido igual ____ el número de
gente que emigra a EU?
34. ¿Recibe ayuda de programas de gobierno? ¿Cuáles y cuanto recibe por programa?

35. ¿Existen conflictos entre los pobladores sobre el uso de los recursos naturales o de otro tipo?

2. Cuestionario sobre solares

Fecha: _____

Nombre de la persona: _____

Comunidad: _____

Edad: _____ Sexo: _____

Ama de casa: _____

Si ___ No _____

1. Superficie promedio del huerto: _____

2. Nombres de hierbas que se encuentran y uso que se les da (si las vende indicar con *): _____

3. ¿De esas especies cuáles se encuentran en el monte?

4. Nombre y número de los árboles y arbustos y uso que se les da (si las vende indicar con*): _____

5. ¿De esos árboles, cuáles se encuentran en el monte?

6. Qué animales de traspatio tiene y cada cuanto los consume: _____

7. Qué animales vende, cada cuanto y a cuánto vende cada animal: _____

8. ¿Qué más produce en su huerto (miel, ates, mermeladas, almíbar, etc.)?

9. ¿Qué alimentos incluye en su dieta y cuánto consume por semana de cada uno?

10. ¿Qué alimentos no puede comprar o conseguir en la comunidad?

11. ¿Qué alimentos produce en la milpa y cuánto obtiene de cada uno? _____

12. ¿Qué otras necesidades debe cubrir para la vida diaria (ropa, artículos de limpieza) y cuánto gasta en promedio para adquirir esos artículos? _____

13. ¿Come algún animal silvestre? ¿Cuál y cada cuanto lo cazan? _____

14. ¿Cuánta leña utiliza diariamente para cocinar? (Tomar el peso y el volumen)

15. ¿En donde recibe servicios de salud? ¿Cuánto paga y cuánto gasta para llegar allí?

16. ¿En donde obtiene sus medicamentos? ¿Utiliza algún remedio casero para sanar enfermedades comunes? _____

Notas:

3. Cuestionario sobre extracción de resina

Fecha: _____

Nombre del productor:

Comunidad: _____

1. Superficie que resina: _____

2. Cual es el rendimiento por ha : _____

3. Cuantos meses al año extraen resina: _____

4. Cual es el precio de la resina en el mercado local: _____

5. Quien lo compra y en donde se revende: _____

6. Qué cuidados brindan al bosque que se resina _____

7. ¿Deja que descanse el bosque, durante cuánto tiempo y con qué propósito?

8. ¿Ha disminuido la cantidad de resina que obtienen en los últimos años?

9. ¿Han observado cambios en el bosque en los últimos años, desde cuando?

10. ¿Ha cambiado drásticamente el precio de la resina en los últimos años?

11. ¿Cree que la extracción de resina es una actividad que puede continuar en el futuro?

12. ¿Cuáles son los principales problemas relacionados con la extracción de resina?

13. Extraen otros recursos útiles del bosque (tierra, plantas medicinales, hongos, zarzamora, etc.) _____

Notas: _____

4. Caracterización de la vegetación en la cuenca de Umécuaro

Realizaron: _____

Muestreo No: _____
Fecha _____

Nombre del paraje _____

Coordenadas _____ Altitud

Exposición _____

Pedregosidad _____

Altura del dosel _____

Tipo de vegetación _____

Presencia de vegetación secundaria _____

Epifitas _____

Presencia de Ganado _____

Tala _____

Hojarasca _____

Plántulas _____

Erosión _____

Actividad animal _____

Notas _____

Especie	Árbol	Arbusto	Pap	Otros	Otros

Anexo II: Suelos.

Suelos presentes en la cuenca Umécuaro-Loma Caliente. Descripción de características principales. Información con base en la clasificación FAO (1999).

Andosoles

Según la clasificación de la FAO (1999: 15) son “Otros suelos que tienen 1. o bien un horizonte *vítrico* o un horizonte *ándico* que comienza dentro de los 25 cm desde la superficie del suelo; y 2. no tienen otros horizontes de diagnóstico (a menos que estén enterrados a más de 50 cm) que no sean un horizonte *hístico*, *fúlvico*, *melánico*, *mólico*, *úmbrico*, *ócrico*, *dúrico*, o *cámbico*.

Acrisoles

Suelos que tienen 1. un horizonte *árgico*, con una capacidad de intercambio catiónico (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) menor a $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla en alguna parte, comenzando dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo, o de los 200 cm desde la superficie del suelo si por encima del horizonte árgico la textura es arenoso franca o mas gruesa en todo el espesor; y 2. saturación con bases (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) es menor de 50 por ciento en la mayor parte entre 25 y 100 cm.

Gleysoles

Suelos que tienen propiedades gleyicas dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo y no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *antrácuico*, *hístico*, *mólico*, *ócrico*, *takírico*, *úmbrico*, *ándico*, *cálcico*, *cámbico*, *gípsico*, *plíntico*, *sálico*, *sulfúrico* o *vítrico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

Luvisoles

Suelos que tienen un horizonte árgico con una capacidad de intercambio catiónico (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) igual o mayor a $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla en todo su espesor.

Feozems

Suelos que tienen un horizonte mólico y una saturación con bases (de $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) de 50 por ciento o más y una matriz del suelo libre de carbonato de calcio de por lo menos hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo, o hasta una capa contrastante (contacto lítico o paralítico, horizonte petrocálcico) entre 25 y 100 cm; y no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *álbico*, *árgico*, *cámbico*, o *vértico* o un horizonte *petrocálcico* en el substrato.

Horizontes de diagnóstico

Horizonte álbico: (del Latín *albus*, blanco) es un horizonte subsuperficial de color claro del cual han sido removidos la arcilla y óxidos de hierro libres, en el cual los óxidos han sido segregados a tal grado que el color del horizonte está determinado por el color de las partículas de arena y limo más que por los revestimientos de estas partículas. Generalmente tiene estructura débil o nula. Los límites superior e inferior son abruptos o claros. Los horizontes álbicos generalmente tienen estructura más gruesa que los horizontes supra o subyacentes, aunque esta diferencia con respecto a un horizonte spódico subyacente puede

ser sólo ligera. Muchos horizontes álbicos están asociados con exceso de agua y contienen evidencias de propiedades gléyicas o stágnicas.

Horizonte ándico: (Del japonés *An* oscuro y *do* suelo) es un horizonte que resulta de la meteorización moderada de depósitos principalmente piroclásticos. También pueden asociarse con materiales volcánicos. Los horizontes ándicos pueden encontrarse tanto en la superficie como superficialmente, o como capas entre capas no ándicas. Los horizontes ándicos superficiales contienen por lo general un elevado contenido de materia orgánica (más del 5%), son de color muy oscuro (Value y croma Munsell húmedo de 3 o menos), macroestructura esponjosa y con frecuencia, consistencia grasosa. Tienen baja densidad aparente (livianos en peso) y textura francolimosa o más fina. Los horizontes ándicos superficiales pueden ser muy profundos, alcanzando un espesor de 50 cm o más (característica *páquica*). Dependiendo del proceso de meteorización que domine sobre el material del suelo, los horizontes ándicos pueden cambiar bajo presión o frotamiento, de un sólido plástico a un fluido y nuevamente a la condición sólida. En climas perhúmedos, los horizontes ándicos ricos en humus pueden contener más del 100% de agua en volumen comparado con su volumen seco en estufa.

Horizonte árgico: (del Latín *argilla*, arcilla blanca) es un horizonte superficial que tiene claramente mayor contenido de arcilla que el horizonte suprayacente. La diferenciación textural puede estar causada por una acumulación iluvial de arcilla, por formación pedogenética de arcilla predominante en el suelo o destrucción de arcilla en el horizonte superficial, por erosión superficial selectiva de arcilla, por actividad biológica, o por una combinación de dos o más de estos diferentes procesos. La sedimentación de materiales superficiales que son más gruesos que el horizonte superficial pueden intensificar una diferenciación textural pedogenética. Sin embargo, una mera discontinuidad litológica, tal como puede ocurrir en depósitos aluviales, no califica como un horizonte árgico.

Horizonte cálcico: (del Latín *cálcis*, calcáreo) es un horizonte en el cual se ha acumulado carbonato de calcio (CaCO_3). La acumulación puede estar en el material originario o en horizontes superficiales, pero también puede ocurrir en horizontes superficiales como resultado de la erosión. Si la acumulación de carbonato es tal que prevalecen concentraciones continuas el horizonte se denomina *hipercálcico*.

Cámbico: (del Latín *cambiare*, cambiar) es un horizonte superficial que muestra evidencias de alteración respecto a los horizontes subyacentes.

Horizonte antrácuico: Es parte del grupo de los horizontes antropedogénicos que son el resultado del cultivo prolongado y continuado. El horizonte *antrácuico* comprende una capa enlodada y un piso de arado. Es compactado y tiene tasa de infiltración muy baja. Muestra moteados herrumbe pardo amarillentos, pardos o pardos rojizos a lo largo de grietas y canales de raíces. La densidad aparente del piso de arado es de por lo menos 20 por ciento (relativo) mayor que la de la capa enlodada mientras que su porosidad es 10 a 30 por ciento inferior a la de la capa enlodada.

Dúrico: (del Latín *durum*, duro) es un horizonte superficial que presenta nódulos débilmente cementados hasta endurecidos, cementados por sílice (SiO_2), presumiblemente en forma de ópalo y formas microcristalinas de sílice (“durinoides”).

Horizonte fúlvico: del Latín *fulvus*, (amarillo oscuro) es un horizonte espeso, negro, en o cerca de la superficie, que generalmente está asociado con minerales de bajo grado de ordenamiento (generalmente alofano) o con complejos alúmino-orgánicos. Tiene una baja densidad aparente y contiene elevada cantidad de materia orgánica.

Horizonte gípsico: (del Latín *gypsum*, yeso) es un horizonte no cementado que contiene acumulaciones secundarias de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en diversas formas.

Horizonte hístico: La característica principal es el ser un horizonte superficial que ocurre a poca profundidad y que consiste de material orgánico de suelo, pobremente aireado. Contiene entre 12 y 18 por ciento de carbono orgánico o de 20 a 30 por ciento de materia orgánica o más si la fracción mineral comprende 60 por ciento o más de arcilla. En horizontes ándicos el contenido de carbono orgánico debe ser más del 20 por ciento (35 por ciento de materia orgánica) y saturación con agua por lo menos durante un mes en la mayoría de los años y un espesor de 10 cm o más.

Horizonte melánico: (del Griego *melanos*, negro) es un horizonte grueso, negro, en o cerca de la superficie, que está normalmente asociado con minerales de bajo grado de ordenamiento (generalmente alofano) o con complejos alúmino-orgánicos. Tiene una baja densidad aparente y contiene elevada cantidad de materia orgánica de un tipo que se piensa que resulta de grandes cantidades de residuos de raíces aportados por una vegetación gramínea.

Horizonte mólico: (Del Latín *molis*, blando) es un horizonte superficial bien estructurado, oscuro, con alta saturación con bases y moderado a alto contenido de materia orgánica.

Horizonte ócrico: (Del Griego *Ochros*, pálido) es un horizonte superficial que no tiene estratificación fina y que bien es de color claro, o delgado, o tiene bajo contenido de carbono orgánico, o es masivo y (muy) duro en seco.

Horizonte plíntico: (del Griego *plinthos*, ladrillo), es un horizonte subsuperficial que constituye una mezcla rica en hierro, pobre en humus, de arcilla caolinítica con cuarzo y otros constituyentes y que cambia irreversiblemente a un pan duro (*hardpan*) o a agregados irregulares por exposición a mojado y secado repetidos con acceso libre de oxígeno.

Horizonte petrocálcico: (del Griego, *petros*, roca, y Latín *calcis*, calcáreo) es un horizonte cálcico endurecido, que está cementado por carbonato de calcio y, en algunos sitios, por carbonato de calcio y algo de carbonato de magnesio. Es de naturaleza masiva o laminar y extremadamente duro.

Horizonte sálico: (del Latín sal) es un horizonte superficial o subsuperficial somero que contiene un enriquecimiento secundario de sales fácilmente solubles, es decir, sales más solubles que el yeso.

Horizonte sulfúrico: (Del Latín sulfúrum, azufre) es un horizonte subsuperficial extremadamente ácido en el cual se forma ácido sulfúrico a través de la oxidación de sulfuros.

Horizonte takírico: (del Uzbek takyr, tierra yerma) es un horizonte superficial de textura gruesa que comprende una costra superficial y una parte inferior con estructura laminar. Ocurre bajo condiciones áridas en suelos periódicamente inundados.

Horizonte úmbrico: (del Latín umbra, sombra) es un horizonte superficial grueso, oscuro, desaturado de bases y rico en materia orgánica.

Horizonte vértico: (del Latín vertere, dar vuelta), es un horizonte subsuperficial arcilloso que como resultado de la expansión y contracción contiene superficies pulidas y acanaladas, o agregados estructurales en forma de cuña o paralelepípedos.

Horizonte vítrico: Los horizontes vítricos se distinguen de los ándicos por su menor grado de meteorización, es decir tienen un mayor contenido de vidrio volcánico, cantidad moderada de aluminios y hierro extractables, una mayor densidad aparente, y menor retención de fosfatos.

Anexo III Tipología de unidades de producción rural.

Generación de una tipología siguiendo la propuesta de Toledo *et al.* 2002.

Obtención de las variables y discusión de los resultados. Los resultados específicos a cada comunidad se ofrecen en la sección 5.3. En este anexo sólo se discuten brevemente los resultados promedios para toda la microcuenca.

ENERGÍA

Energía doméstica

Toledo *et al.* (2002) encontraron una asociación entre el número de cuartos con el que contaba un hogar y el uso de leña. Para el cálculo de esta variable se modificaron los datos de entrada, tomándose como referente la proporción de viviendas totales -independientemente de que éstas cuenten o no con dos a cinco cuartos- que utilizan leña.

El uso de biocombustible nos permite conocer en qué grado una unidad de producción rural se asimila a una unidad agroindustrial. Sin embargo, en lugares como la cuenca de Umécuaro, las poblaciones tienden a hacer un uso de los dos tipos de combustible, lo que marca su nivel intermedio de agroindustrialización.

Energía productiva

Para Toledo *et al.* (2002) lo campesino se define por el uso de energía humana y animal y lo agroindustrial por el uso de energía mecanizada. El uso de fertilizantes químicos contra orgánicos y de piensos balanceados indica un grado de industrialización. Tomando esto en cuenta, esta variable se calculó sumando el porcentaje de unidades productivas que utilizan energía mecánica .88, fertilizantes químicos .47 y alimentos balanceados .63 promediado entre tres. Así, obtuvimos un valor de 0.71 de un máximo de 1. Esto nos indica que las comunidades están en una transición hacia un uso mayor de energía fósil e insumos industrializados.

Energía transformadora

El porcentaje de unidades de producción que cuentan con instrumentos o artefactos para la transformación (Actividades de limpieza, empaquetado, etc.) en la ganadería, la agricultura y la extracción forestal permite distinguir entre los dos modos de apropiación. Para conocer este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

Energía Transformadora= (1- UPR que utilizan equipos de transformación en la agricultura, la ganadería y la producción forestal)

Así, el índice de energía se obtiene con la siguiente fórmula:

Energía= Energía Doméstica + Energía Productiva + Energía Transformadora

3

Un índice de .1 indica la baja industrialización de la energía transformadora.

ESCALA

Tamaño del predio y disponibilidad de riego

Toledo *et al.* (2000) observan que en el sector agrícola la mano de obra familiar tiene como límite tres hectáreas bajo cultivo de maíz y que la agricultura campesina no utiliza tecnologías modernas de riego. Por lo tanto la agricultura campesina se realiza en zonas temporales de menos de cinco hectáreas por unidad de producción. La fórmula utilizada para obtener la escala agrícola es:

$$1- \text{proporción de UP} < 5 \text{ ha de secano}$$

Aplicando esta fórmula obtuvimos un índice de 0.44.

Tamaño del hato (bovino y porcino)

Para determinar el índice de industrialización de la ganadería se aplicó la fórmula:

$$1- \text{Proporción de UPR con hasta diez cabezas}$$

Considerándose a las UPR con más de diez cabezas como unidades con tendencia a la industrialización. Los resultados para la cuenca fueron de 0.06, es decir que las UPR son meramente campesinas.

Nivel de intensificación ganadera (porcina y avícola)

En cuanto a la producción porcina y avícola, el criterio que se utilizó para conocer el grado de industrialización de las unidades de producción fue el porcentaje de unidades de producción que cuentan con naves, con alimentos producidos *ex profeso* de una manera agroindustrial, vacunas y desparasitadores, etc. Mientras que en las unidades de producción campesinas los animales permanecen en corrales en donde consumen desperdicios domésticos, sin recibir algún tipo de profilaxis. Para conocer la escala de intensificación ganadera Toledo *et al.*, (2000) establecieron cuatro subíndices además del de la superficie agrícola. Éstos son:

Porcicultura campesina (PC) = 1- Proporción de UP con cinco vientres o menos

Ganado bovino campesino (BC) = 1 - Proporción de UP con diez cabezas o menos

Avicultura agroindustrial (AA) = Proporción de UP con naves para aves

Porcicultura agroindustrial (PA) = Proporción de UP con naves para cerdos

donde,

$$PC+BC / 2 = ESChato$$

$$AA + PA / 2 = ESCgan$$

Quedando expresado el índice para la escala de la siguiente forma:

$$ESC = \frac{ESCagr + ESChat + ESCgan}{3}$$

Donde ESChato= Tamaño del hato, ESCgan= el nivel de intensificación ganadera y ESCagr es el tamaño del predio agrícola.

El índice resultante fue de 0.

AUTOSUFICIENCIA

Autosuficiencia alimentaria

El indicador del grado de autosuficiencia alimentaria por excelencia en México es el maíz, ya que este aporta el 71% de la energía y el 61% de la proteína consumida, según datos de DeWalt (1983:99, citado en Toledo *et al.*, 2000). Suponiendo que una familia promedio está formada por siete miembros, de los cuales dos son adultos y cinco menores, se obtiene un valor anual mínimo requerido de maíz de cerca de 1,500 kg por UP. Según Toledo *et al.* (Ibidem), un municipio o comunidad es autosuficiente en maíz si se obtiene un rendimiento de maíz promedio de 1.5 toneladas por familia o UP. Así, la autosuficiencia alimentaria se obtiene con la fórmula:

AUTalimentaria= 1 - Proporción de UP que obtienen > 1.5 toneladas anualmente

Si la mayoría de las UP no obtienen este mínimo requerido para ser autosuficientes, quiere decir que los miembros de las UP se están dedicando a otras actividades diferentes a la producción de maíz, o que la tierra se está destinando a la producción de otros cultivos. Podemos inferir en este caso, que las familias están subalimentándose o que requieren insumos alimenticios que provienen de fuera de la UP y que por lo tanto son más costosos.

El índice resultante fue de 0.58, el cual indica que las familias están perdiendo su capacidad de ser autosuficientes.

Autosuficiencia productiva (AUTproductiva)

La autosuficiencia productiva se calculó con la siguiente fórmula

$$AUTpro = \frac{FO + BB + BP + BA}{4}$$

En donde

FO= 1- Proporción de UP que utilizan fertilizante orgánico

BB = Proporción de UP que utilizan piensos balanceados

BP = Proporción que utilizan pienso balanceado para porcinos

BA= Proporción utilizan pienso balanceado para aves

El modo de apropiación industrial depende en gran medida de productos externos para la producción, mientras que el modo campesino obtiene los productos necesarios para la producción de la misma unidad de producción. El índice de autosuficiencia productiva nos permite conocer el grado en el que la unidad de producción depende de insumos externos para la producción. Este resultado de 0.23 indica que las UPR de la microcuenca aun cuentan con cierta autosuficiencia productiva.

Autoconsumo agropecuario y forestal (AUToconsumo)

Los productos generados en unidades de producción campesina son por lo general para el autoconsumo. El índice de autoconsumo agropecuario y forestal nos permite saber en qué nivel lo que se produce en la UPR llega al mercado (local, regional, nacional, etc.). Para conocer este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$ACapf = \frac{ACagr + ACpec + ACFor}{3}$$

Donde,

ACagr= 1 - Proporción UP que autoconsumen su producción agrícola

ACpec= 1- Proporción de UP que autoconsumen su producción pecuaria

Actor= 1 - Proporción de UP que autoconsumen su producción pecuaria

El resultante índice de 0.66 indica que la orientación de la producción agrícola, pecuaria y forestal se enfoca fuertemente al mercado externo.

Autosuficiencia genética (AUTgenética)

El modo de apropiación campesino se diferencia del industrial por utilizar especies vegetales y animales nativas, mejor adaptadas a las condiciones locales, mientras que el modo industrial busca maximizar la producción, obligando al productor a utilizar insumos biológicos externos tales como las semillas mejoradas o insumos animales tales como el ganado fino que sustituye al criollo. La siguiente fórmula nos permite conocer el grado en el que las UP son autosuficientes genéticamente:

$$AG = \frac{AGagr + ACbov + ACpec}{3}$$

Donde,

AGagr= Proporción de UP con semilla mejorada

ACbov= Proporción de UP con ganado bovino fino

ASpec= Proporción de UP con ganado porcino fino

El resultado de este cálculo fue de 0.0, lo cual indica una alta autosuficiencia de recursos genéticos.

Autosuficiencia financiera (AUTfinanciera)

La dependencia de insumos financieros (créditos y seguros) para la producción diferencia al modo agroindustrial del modo campesino. Toledo *et al.* (2000) sugieren la siguiente ponderación para conocer esta variable:

UP que no utilizan crédito ni seguro = 0.0
UP que utilizan sólo crédito o sólo seguro = 0.5
UP que utilizan crédito y seguro = 1.0

En la microcuenca las UPR son autosuficientes financieramente, pues el índice resultante es de 0.

El índice agregado de autosuficiencia (AUT) se expresa como:

AUT= AUTalimentaria +AUT productiva +Autoconsumo +AUTgenética +AUTfinanciera

El resultado de las UPR de la microcuenca es de 0.30, razón que indica una alta autosuficiencia.

FUERZA DE TRABAJO

La producción campesina se basa en el trabajo familiar no remunerado, mientras que la agroindustrial recurre al mercado del trabajo para obtener este recurso. La existencia de mano de obra bajo régimen salarial nos indica la compra-venta de mano de la fuerza de trabajo (FT), indicando la tendencia hacia la agroindustrialidad. En México, 76% de las unidades de producción rural se basan en el trabajo familiar, el cual se complementa con un 2% de trabajo comunitario no remunerado (tequio, mano vuelta, etc.). La contratación temporal se da principalmente en la agricultura, debido a la estacionalidad de los cultivos y a la calendarización específicas de cada una de las tareas. En el modo agroindustrial requiere una contratación permanente, ya que los procesos productivos son independientes de las variaciones climáticas. La fórmula utilizada para conocer el grado de dependencia de la UPR de fuerza de trabajo externa es:

FT= Proporción de UP con mano de obra remunerada

El resultado para la microcuenca es de 0.59, indicando una moderada dependencia en mano de obra remunerada.

DIVERSIDAD

Diversidad ecogeográfica (DIVEco)

La diversidad de las unidades ambientales aprovechadas en el modo campesino lo distinguen del modo agroindustrial. La determinación de la diversidad ecogeográfica se basa en el conocimiento de la superficie que ocupa cada una de las diferentes unidades ambientales de la superficie total de la comunidad, municipio o territorio que se esté evaluando.

$DIVEco = 1 - (- (\sum P_i \log_n P_i))$

Donde P_i es el promedio del valor de importancia de cada tipo de uso de suelo. El cálculo para la microcuenca se basa en la siguiente información:

Tipo de unidad ambiental	Superficie UA (SupAB)	Superficie de la cuenca (SupCue)	SupAB/SupCue (Pi)	$\text{Log}_n \text{Pi}$	$\text{Pi Log}_n \text{Pi}$
Agricultura de temporal	3,431.97	5,917.4	.58	-0.54	-0.32
Bosque de pino-encino	1,961.9	5,917.4	.33	-1.11	-0.37
Humedal	524	5,917.4	.09	-2.41	-0.22
					$\sum \text{Pi Log}_n \text{Pi} = -0.90$

$$\text{DIVeco} = 1 - (-\sum \text{Pi Log}_n \text{Pi}) = 1 - 0.90 = 0.10$$

Este índice indica una alta diversidad ecogeográfica que apunta hacia un modo de apropiación campesino.

Diversidad productiva

La diversidad productiva nos indica el número de opciones productivas que sustentan a las unidades de producción rural. Podemos darnos una idea de esta diversidad conociendo el tipo de cultivos que se producen y los tipos de ganado (u otros productos pecuarios) que se producen. En nuestro caso, la diversidad productiva de una unidad de producción familiar no está directamente relacionada a los tipos de cultivo, ganado o especies vegetales manejadas en cada uno de los subsistemas productivos. La diversidad de la producción en cada UP se conoce estimando la importancia de cada uno de los subsistemas de producción dentro de la UP. Así, se calculó la diversidad productiva de la siguiente manera:

$$\text{DIVpro} = 1 - (-\sum \text{Pi } \text{Log}_n \text{Pi}))$$

En donde Pi = es la superficie que ocupa cada subsistema productivo entre la superficie total que ocupan todos los sistemas productivos. El valor de la importancia de la agricultura es igual al de la ganadería, ya que la superficie que ocupan es la misma en diferentes temporadas del año.

Diversidad productiva de las Rancherías

Subsistema productivo	Superficie que ocupa el subsistema (SupSubSis)	Superficie total de todos los subsistemas (SupTot)	SupSubSis/SupTot (Pi)	$\text{Log}_n \text{Pi}$	$\text{Pi Log}_n \text{Pi}$
Agricultura de temporal y ganadería	27 ha	50.07	0.54	-0.62	-0.37
Forestería	20 ha		0.4	-0.92	-0.17
Huertos	3.07		0.06	-2.81	-0.87
					0.54

$$\text{DIVproRancherías} = 1 - (-\text{Pi Log}_n \text{Pi}) = 1 - 0.54 = 0.46$$

Diversidad productiva de Nieves

Subsistema productivo	Superficie que ocupa el subsistema (SupSubSis)	Superficie total de todos los subsistemas (SupTot)	SupSubSis/SupTot (Valor de importancia)	$\log_n P_i$	$P_i \log_n P_i$
Agricultura de temporal y ganadería	38.25	63	.61	-0.49	-0.30
Forestería	19		.30	-1.20	-0.36
Huertos	5.75		.09	-2.41	-0.22
					-0.88

$$DIVproNieves = 1 - 0.88 = 0.12$$

Diversidad productiva de Umécuaro

Subsistema productivo	Superficie que ocupa el subsistema (SupSubSis)	Superficie total de todos los subsistemas (SupTot)	SupSubSis/SupTot (Valor de importancia)	$\log_n P_i$	$P_i \log_n P_i$
Agricultura de temporal y ganadería	49.5	77.79	.64	-0.45	-0.29
Forestería	21.5		.28	-1.27	-0.36
Huertos	6.79		.09	-2.41	-0.22
Otros			$P_i = .33$		-0.86

$$DIVproUmécuaro = 1 - 0.86 = 0.14$$

Diversidad productiva de la microcuenca: 0.24, indicador de un bajo grado de industrialización.

Diversidad biológica

Esta información es difícil de obtener, ya que para conocer la diversidad biológica de una zona es necesario realizar muestreos detallados que requieren mucho tiempo y esfuerzo. Para facilitar la obtención de este parámetro, Toledo *et al.* (2000) utilizaron *coeficientes de biodiversidad*, otorgando a la zona tropical húmeda el mayor coeficiente de biodiversidad (1). A la zona templada, en la cual se ubica nuestra zona de estudio, se le otorgó un coeficiente de .33. Con estos valores de referencia se aplica la fórmula:

1 – porcentaje de bosque por el coeficiente de biodiversidad de esa zona ecológica

$$DIVbiol = 1 - (.33 * .33) = 1 - 0.11 = .89$$

Así, la diversidad total se obtiene de la siguiente forma:

$$DIV = \underline{DIVeco} + \underline{DIVpro} + \underline{DIVbiol}$$

En donde DIVeco= Diversidad ecogeográfica, DIVpro= Diversidad productiva y DIVbiol= Diversidad biológica. Los resultados fueron:

DIV rancherías: 0.48

DIV Nieves: 0.37

DIV Umécuaro: 0.37

DIV Microcuenca: 0.41

Este índice se calculó para la superficie total de la microcuenca, pues actualmente no contamos con parámetros que nos permitan determinar los límites de las áreas manejadas. El resultado fue de 0.41, indicando un sistema medianamente alterado actividades que contribuyen a la agroindustrialización de la zona.

PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO

La productividad del trabajo indica la relación entre la energía necesaria para generar un producto en la unidad de producción y una cantidad de producto determinada. La energía empleada puede ser estrictamente de la fuerza humana, tracción animal, tracción mixta con animales de tiro y tractor y la tracción mecánica con tractor. Las innovaciones tecnológicas de los medio de producción están estrechamente ligados a la productividad del trabajo, y tienen el efecto de desplazar fuerza de trabajo y aumentar la productividad de las horas o jornadas trabajadas. La fórmula utilizada por Toledo *et al.* (2000) es:

$$PT = (R / \sum \text{de } [(\%TH \times JH), (\%TA \times J\acute{A}), (\% TM \times JM), (\% TT \times JT)]) * 10$$

En donde

R= Rendimiento en kg de maíz por hectárea cosechada

JH = Fuerza humana

JA = Fuerza animal

JM = Tracción mixta con animales de tiro y tractor

JT = tracción mecánica con tractor

y

TH las unidades de producción que utilizan sólo tracción humana, TA unidades que utilizan sólo tracción animal, TM unidades de tracción mixta y TT las que utilizan sólo tractor. El resultado se multiplica por diez para que el indicador se ubique entre cero y uno. En nuestro caso el tipo de tracción que se utiliza es mixta, por lo que la fórmula se modifica a la siguiente:

$$PT = (R / (\% TM \times JM)) * 10$$

El resultado para la microcuenca fue de 0, es decir que aun se emplea suficiente mano de obra para dar empleo a los pobladores (además de que el uso de tracción mecánica, y su impacto ambiental, es reducido).

BALANCE ENERGÉTICO

Productividad energética

La productividad energética es definida por Toledo *et al.* (2000) como el cociente que resulta entre la energía obtenida y la energía invertida (en kilocalorías) para producir una hectárea de maíz. La fórmula sugerida, derivada de una extensa revisión de literatura sobre el tema, para la producción de maíz en México, es:

$$PE = \frac{1 - \text{Rendimiento} \times 3,614 \text{ Kcal/ 30}}{(\text{TH} \times 400) + (\text{TA} \times 1,000) + (\text{TM} \times 2,800) + (\text{TMec} \times 5,000)}$$

Donde TH es el porcentaje de tracción humana, TA es el porcentaje de tracción animal, TM el porcentaje de tracción mixta y TMec el porcentaje de tracción mecanizada. Dado que en nuestra zona el 100% de las UPs utilizan tracción mixta, la fórmula se deriva en la siguiente:

$$PE = \frac{1 - \text{Rendimiento} \times 3,614 \text{ Kcal/ 30}}{(\text{TM} \times 2,800)}$$

El resultado para todas las comunidades es de 0.61, lo cual indica una mediana eficiencia energética.

CONOCIMIENTOS

La asesoría pagada es característica del modo industrial que busca la maximización de la producción basada en las innovaciones tecnológicas. En la microcuenca el porcentaje de UPR que reciben asesoría técnica es de 0%, valor que indica un bajo grado de agroindustrialización en cuanto a la adquisición y transmisión de conocimientos.

COSMOVISIÓN

Para tener una aproximación a la visión que subyace al manejo y aprovechamiento de los recursos naturales Toledo *et al.* (2000) coincidieron en que la presencia de poblaciones indígenas (hablantes de alguna lengua indígena) es un buen indicador explicativo de la forma en que las poblaciones manejarán sus sistemas de producción. El índice de cosmovisión se generó bajo la presunción de que los pueblos indígenas pretenden hacer un uso de los recursos más moderado. En la microcuenca no existen familias de ascendencia indígena, lo cual respalda la idea de que el modo de apropiación agroindustrial está ligado a comunidades mestizas.

Anexo IV. Listado florístico.

Especies vegetales encontradas en los muestreos realizados.

Familia botánica	Nombre científico	Unidad ambiental	Usos reportados en la literatura
Anacardiaceae	<i>Rhus aromatica</i> Aiton	BMPE BMPEVG	
Asteraceae	<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	VG	
	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	En todas menos en BMPS	
	<i>Baccharis microphylla</i> DC.		
	<i>Gnaphalium</i> sp.	VG	
	<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	BMPE	
	<i>Senecio salignus</i> DC.	VG	
Clethraceae	<i>Clethra</i> L.	BMPE	
Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i> Moc. & Sessé ex DC.	BMPS BMPE	
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	BMPE BMPEVG	
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	BMPE BMPEVG	
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp.	VG BMPEVG	
	<i>Calliandra</i> sp.	BMPEVG	
	<i>Mimosa</i> L.	BMPEVG	
Fagaceae	<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.	BMPE BMPEVG	
	<i>Quercus castanea</i> Née	BMPE BMPEVG BMPS	
	<i>Quercus crassipes</i> Humb. & Bonpl.	BMPE	
	<i>Quercus laeta</i> Liebm.	BMPE BMPEVG BMPS	
	<i>Quercus rugosa</i> Née.	BMPEVG	
	<i>Quercus</i> sp.	BMPE BMPEVG BMPS VG	
Lamiaceae	<i>Salvia lavanduloides</i> Kunth	BMPE BMPEVG VG	
	<i>Salvia</i> sp.	BMPE BMPEVG VG	
Loranthaceae	<i>Phoradendron</i> sp.	BMPEVG	
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	BMPS BMPEVG	
Onagraceae	<i>Fuchsia</i> L.	BMPE BMPEVG	
Orchidaceae		BMPEVG	

Pinaceae	<i>Pinus</i> sp.	BMPE BMPEVG BMPS	
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i> Brand	BMPEVG	
Polygalaceae	<i>Monnina</i> sp.	BMPE BMPEVG VG	
Rosaceae	<i>Crataegus pubescens</i> (Kunth) Steud.	BMPE BMPEVG VG	
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	BMPE BMPEVG VG	
	<i>Rubus</i> sp.	BMPE BMPEVG VG	
Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i> sp.	BMPE	
Solanaceae	<i>Cestrum thrysoideum</i> Kunth	BMPEVG	
Styracaceae	<i>Styrax argenteus</i> C. Presl	BMPE BMPEVG BMPS	
Theaceae	<i>Ternstroemia lineata</i> DC. Subs. <i>lineata</i> .	BMPE BMPEVG	
Vitaceae	<i>Vitis tiliifolia</i> Humb. & Bonpl.	BMPE BMPS	

Clave de las unidades ambientales: BMPEVG: Bosque mixto de pino-encino con vegetación secundaria; BMPS: Bosque mixto de pino con alta presencia de *Styrax argenteus*; BMPE: Bosque mixto de pino-encino; VG: Vegetación secundaria.

Anexo V. Listado florístico de especies reportadas para los solares, en orden alfabético por familia.

Familia	Nombre común	Especie/género
Acanthaceae	Muicle	<i>Justicia spicigera</i>
Agavaceae	Maguey azul	<i>Agave tequilana</i> F.A.C. Weber
Amaryllidaceae	Picanardo	<i>Polianthes tuberosa</i>
Apiaceae	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
Apocynaceae	Laurel	<i>Nerium oleander</i>
Araceae	Alcatraz	<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.
Asteraceae	Altamisa/Istafiate	<i>Artemisia ludoviciana</i> ssp. <i>mexicana</i>
	Maestra	<i>Artemisia absinthium</i>
	Margarita	<i>Chrysanthemum</i> sp.
	Árnica	<i>Heterotheca inuloides</i>
	Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>
	Terecita	<i>Zinnia multiflora</i> L.
Balsaminaceae	Belén	<i>Impatiens balsamina</i>
Bignoniaceae	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
Boraginaceae	Borraja	<i>Borago officinalis</i> L.
Cactaceae	Nopal	<i>Opuntia</i> sp.
Caprifoliaceae	Sauco	<i>Sambucus nigra</i> L.
Chenopodiaceae	Epazote	<i>Chenopodium ambrosioides</i>
Crassulaceae	Contal	<i>Sedum</i> spp.
	Cola de borrego	<i>Sedum</i> L.
	Chisme	<i>Sedum</i> sp.
Cucurbitaceae	Chayote	<i>Sechium edule</i>
Cupressaceae	Cedro	<i>Cupressus</i> sp.
Euphorbiaceae	Noche buena	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd
Fabaceae	Canamargo	<i>Vicia sativa</i> L.
Fagaceae	Encino	<i>Quercus</i> sp.
Geraniaceae	Geranio de olor	<i>Pelargonium</i> sp. L'Hér ex. Aiton
	Geranio	<i>Geranium</i> L.
Hydrangeaceae	Hortensia	<i>Hydrangea</i> L.
Hydrophyllaceae	Campanitas	<i>Emmenanthe penduliflora</i> Benth.
Juglandaceae	Nogal	<i>Juglans regia</i> L.

Lamiaceae	Toronjil	<i>Melissa L.</i>
	Cedrón	<i>Melissa officinalis L.</i>
	Poleo	<i>Mentha sp.</i>
	Hierba buena	<i>Mentha sp.</i>
	Mejorana	<i>Origanum sp.</i>
	Vaporub	<i>Plectranthus oloroso</i>
	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>
	Mirto	<i>Salvia sp.</i>
Lauraceae	Aguacate	<i>Persea americana Mill.</i>
Liliaceae	Sávila	<i>Aloe sp.</i>
	Azucena	<i>Lilium sp.</i>
Malvaceae	Malva	<i>Malva sp.</i>
Musaceae	Plátano	<i>Musa sp.</i>
Myrtaceae	Eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>
	Guayabo	<i>Psidium guajava L.</i>
Oleaceae	Fresno	<i>Fraxinus udhei</i>
Orchidaceae	Josefina	<i>Miltonia sp.</i>
Oxalidaceae	Trébol	<i>Oxalis L.</i>
Passifloraceae	Paciflorina	<i>Passiflora L.</i>
Pinaceae	Pino	<i>Pinus sp.</i>
	Piñón	<i>Pinus cembroides</i>
Poaceae	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Primulaceae	Primavera	<i>Primula L.</i>
Punicaceae	Granada	<i>Punica granatum L.</i>
Rosaceae	Rosal	<i>Rosa centifolia L.</i>
	Tejocote	<i>Crataegus pubescens</i>
	Membrillo	<i>Cydonia oblonga Mill.</i>
	Míspero	<i>Eriobotrya japonica (Thunb.) Lindl.</i>
	Manzano (Perón)	<i>Malus sp.</i>
	Pera	<i>Pyrus sp.</i>
	Capulín	<i>Prunus serotina var. Capuli</i>
	Ciruella	<i>Prunus sp.</i>
	Chabacano	<i>Prunus sp.</i>
	Durazno	<i>Prunus sp.</i>
	Rosa de castilla	<i>Rosa gallica</i>
	Zarzamora	<i>Rubus sp.</i>

Rutaceae	Zapote	<i>Casimiroa edulis</i>
	Limón	<i>Citrus aurantiifolia</i>
	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> L.
	Ruda	<i>Ruta chalepensis</i>
Solanaceae	Chile	<i>Capsicum annuum</i> L.
	Floripondio	<i>Datura</i> sp.
Theaceae	Flor de tila	<i>Ternstroemia pringlei</i>
Violaceae	Violeta	<i>Viola</i> sp.

Anexo VI. Valores de referencia.

IND	Valor óptimo	Fuente
1	Rendimientos agrícolas: Producción de maíz Óptimo: 3.5 ha	SAGARPA 2007
2	No. de Unidades Animales de ganado bovino por hectárea 0.08 UA/ha	SAGARPA 2007
3	Rendimientos de productos forestales no maderables: resina 1.31 Ton/ha	COFOM 2007, rendimientos máximos de la cuenca
4	Uso de fertilizantes orgánicos para la producción de maíz 100%	Criterio personal.
5	Porcentaje de cambio negativo (deforestación) 0%	Criterio personal
6	Índice de perturbación 0	Criterio personal con base en metas de conservación del bosque
7	Diversidad de los estratos arbóreo y arbustivo de la vegetación del bosque de pino-encino Mínimo en la cuenca .3	Zepeda <i>et al.</i> 2008
8	Incidencia de poblaciones de saltamonte <i>Melanoplus differentialis</i> en milpas. 11%	Criterio personal con base en la menor incidencia reportada de saltamonte
9	Relación beneficio costo de la producción de maíz Al menos 1 (Se recupera lo que se invierte)	Criterio personal con base en comentarios de los productores y Pérez-Grovas, V. (2000).
10	Relación beneficio costo de la producción de ganado Al menos 1	Criterio personal con base en comentarios de los productores y Pérez-Grovas, V. (2000).
11	Relación beneficio costo de la producción forestal no maderable: extracción de resina 8	Criterio personal con base en comentarios de los productores, máximo obtenido en la cuenca y Pérez-Grovas, V. (2000).
12	Porcentaje de productores que mantienen empresa alternativa 30%	Criterio personal en base a la posibilidad de mantenerse resiliente ante cambios en los mercados de otros productos e insumos y Pérez-Grovas, V. (2000).
13	Dependencia en remesas para sostener sistemas productivos 100% depende poco	Criterio personal y Pérez-Grovas, V. (2000). con base en remesas como un indicador de la dependencia en recursos externos
14	Diversidad de variedades furtales y animales en solares	Criterio personal. Parra(2006).