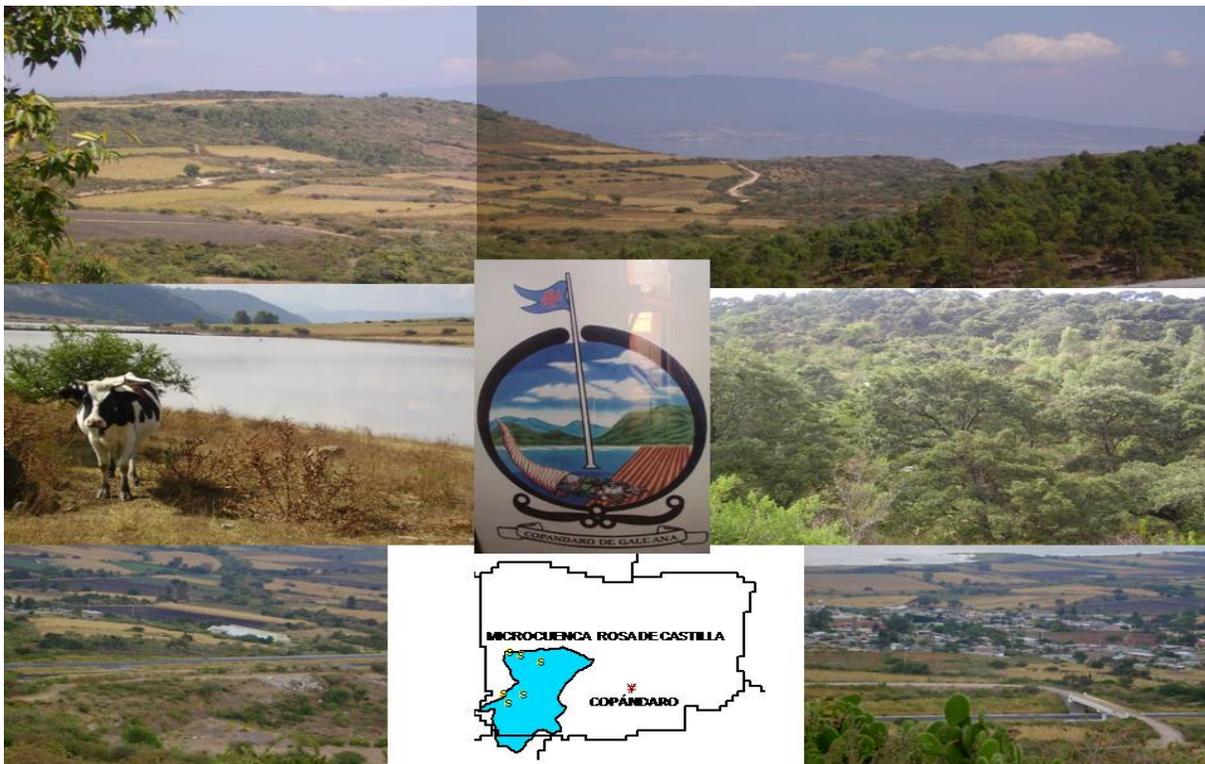




CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL PACIFICO CENTRO

CAMPO EXPERIMENTAL URUAPAN

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA "ROSA DE CASTILLA", UBICADA EN EL MUNICIPIO DE COPÁNDARO DE GALEANA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO



URUAPAN, MICHOACÁN, DICIEMBRE DE 2007

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA
MICROCUENCA "ROSA DE CASTILLA", UBICADA
EN EL MUNICIPIO DE COPÁNDARO EN EL
ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO**

AUTORES

J. TRINIDAD SAENZ REYES*
JOSÉ ANGUIANO CONTRERAS*
GERARDO BARRERA CAMACHO*
FRANCISCO J. VILLASEÑOR RAMÍREZ*
JORGE JIMÉNEZ OCHOA*
MARÍN GALLARDO VALDÉS*
CONSTANTINO ORDUÑA TREJO*
MIGUEL BRAVO ESPINOSA*
HUMBERTO L. VALLEJO DELGADO*
XAVIER MADRIGAL SÁNCHEZ**

*INVESTIGADORES DEL CAMPO EXPERIMENTAL URUAPAN.
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL PACIFICO
CENTRO. INIFAP.

**PROFESOR-INVESTIGADOR DE LA UMSNH

URUAPAN, MICHOACÁN, DICIEMBRE DE 2007

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	5
2.1. Resumen medio físico	5
2.2. Resumen marco social	5
2.3. Resumen Actividades económicas	6
2.4. Diagnóstico de los recursos naturales	8
2.4.1. Localización de la Microcuenca “Rosa de Castilla”	8
2.4.2. Delimitación de la microcuenca “Rosa de Castilla”	8
2.4.3. Ubicación geográfica	10
2.4.4. Ubicación política	11
2.4.5. Ubicación hidrológica	13
2.4.6. Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago-Pacífico	13
2.4.7. Cuenca Lerma-Chapala	17
2.4.8. Subcuenca del Lago de Cuitzeo	27
2.4.9. Microcuenca Rosa de Castilla	33

2.5. Clima	35
2.6. Altitud	47
2.7. Pendiente	49
2.8. Fisiografía	50
2.9. Geología	51
2.10. Suelos	52
2.11. Uso de suelo y vegetación	53
2.12. Evaluación de la vegetación	55
2.13. Muestreo de suelos	60
2.14. Coeficientes de agostadero	60
2.15. Evaluación de cárcavas	62
2.16. Fauna silvestre	64
3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA MICROCUENCA	67
3.1. Perímetro	69
3.2. Área	69
3.3. Longitud del cause principal	70

3.4. Intervalo de altitud	70
3.5. Pendiente	70
3.6. Tipo de drenaje	71
3.7. Índice de forma	71
3.8. Relación de elongación	72
3.9. Índice de alargamiento	72
3.10. Relación de circularidad	73
3.11. Densidad de drenaje	73
3.12. Relación de bifurcación	76
3.13. Índice compacidad	76
3.14. Altura media de la cuenca	77
3.15. Coeficiente de masividad	78
3.16. Coeficiente orográfico	78
3.17. Escurrimientos superficiales	78
3.17.1. Escurrimiento medio	82
3.17.2. Escurrimiento máximo	83
3.17.3. Tiempo de concentración	85
4.-EVALUACIÓN RURAL PARTICIPATIVA	89
4.1. Metodología participativa	89
4.2. Premisas de la evaluación rural participativa	90
4.3. Fases y etapas del proceso	96
4.4. Resultado de los talleres	98
4.5. La ERP como herramienta de trabajo en la microcuenca	108
4.6. Conclusiones	109
4.7. Recomendaciones	109
4.8. Anexo fotográfico	110

5.- PRONÓSTICO DEL PROCESO EROSIVO (RIESGO A LA EROSIÓN)	111
5.1. Importancia del estudio de la erosión de suelos	111
5.2. Modelo matemático de la erosión hídrica (EUPS)	113
5.3. Factores que intervienen en los procesos de erosión	115
5.3.1. Erosividad de la lluvia (Factor R)	116
5.3.2. Erodabilidad el suelo (Factor K)	116
5.3.3. Longitud y porcentaje de la pendiente (Factor LS)	117
5.3.4. Cobertura vegetal (factor C)	118
5.3.5. Practicas mecánicas (factor P)	119
5.4. Obtención de los factores de la EUPS	119
5.5. Cartografía de la erosión	127
5.6. Escenarios de la pérdida de suelos por erosión	128
5.7. Propuestas de manejo de suelos	132
6. EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS CAUSADAS POR EL HOMBRE (ASOD)	144
6.1. Descripción	144
6.2. Tipos de degradación	145
6.3. Factores causativos	149
6.4. Grado de degradación	151
6.5. Cartografía de la degradación	157
6.6. Unidades ASOD en la microcuenca.	159

7. PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE LA DEGRADACIÓN DE RECURSOS NATURALES	163
7.1. Análisis espacial	163
7.2. Prácticas recomendadas	170
7.3. Cartografía	174
8. INTEGRACIÓN DEL PLAN DE MANEJO	175
8.1. Generalidades	175
8.2. El plan de manejo de la microcuenca como modelo de trabajo	181
8.3. Definición del marco conceptual del plan de manejo	182
8.4. Alcances del plan de manejo	182
8.5. Decisiones y acciones inmediatas	183
8.6. Orientación del proyecto	184
8.7. Concertación de un plan rector	186
8.8. Inicio de obra	186
8.9. Programas y políticas con efecto en el mediano y largo plazo	208
9. BIBLIOGRAFÍA	213

1.- INTRODUCCIÓN

Una cuenca es una unidad hidrológica que frecuentemente puede usarse como una unidad físico-biológica y/o una unidad socioeconómica política en la planeación y manejo de los recursos naturales. Su manejo se refiere al proceso de guiar y organizar los usos del suelo y otros recursos de la cuenca para proporcionar a las personas los bienes y servicios deseados, sin dañar los recursos suelo y agua. Las interrelaciones entre usos del suelo y agua, y las relaciones entre tierras aguas arriba y abajo son también involucradas en esta definición.

Las prácticas de manejo de una cuenca hidrológica son aquellos cambios planeados en el uso del suelo, cobertura vegetal y otras acciones estructurales y no estructurales que son tomadas para lograr objetivos y metas específicas de manejo en la cuenca. Un enfoque de cuencas hidrológicas incorpora la conservación del suelo y la planeación del uso del suelo dentro de un concepto lógico y más amplio; las personas son afectadas positiva y negativamente por las interacciones del agua con otros recursos naturales y en cambio las personas influyen la naturaleza y severidad de esas interacciones por la forma e intensidad en que utilizan los recursos naturales.

Los efectos de esas interacciones siguen los límites naturales de la cuenca, no límites políticos, esto es, el agua fluye pendiente abajo sin considerar como los manejadores definen sus fronteras de responsabilidad. Como consecuencia las acciones realizadas en un área de manejo de la parte alta de la cuenca pueden afectar otra unidad de manejo que ocupe una posición aguas abajo de la misma.

Debido a que estas interacciones cruzan límites de manejo, lo que es un uso adecuado de los recursos naturales desde el punto de vista de una unidad de manejo, puede no ser adecuado para los recursos naturales desde un punto de vista social, debido a los efectos indeseables producidos aguas abajo. El enfoque de cuencas hidrológicas, por lo tanto, involucra en su análisis externalidades o efectos fuera del sitio, al considerar los límites de la cuenca.

Una forma de alcanzar el equilibrio entre conservación y desarrollo sostenido es mediante un “enfoque sobre cuencas hidrológicas”, en el cual se incorpora la conservación de agua y suelo, así como la planeación del uso del suelo en un marco de manejo más amplio y lógico. Los conceptos integrados de manejo de cuencas hidrológicas proporcionan una estructura básica para la conservación y desarrollo sostenido de los recursos, y las prácticas de manejo de cuencas constituyen las herramientas que hacen este marco operacional. Diversos mecanismos institucionales, tales como regulaciones, incentivos de mercado, así como oportunidades de inversión local proporcionan los medios para la implementación de tales prácticas.

Se considera que el desarrollo sostenido puede ser integrado con aspectos de conservación a través del enfoque de manejo de cuencas hidrológicas para la planeación del uso de suelo. El manejo lleva implícitas dos funciones: una de carácter natural, en donde destacan los servicios ambientales, los recursos naturales, la biodiversidad, el suelo, el agua, entre otros. Mientras que en la otra se encuentran las de carácter socioeconómico y político, en donde participan los agentes económicos dentro de un espacio y momento. El manejo integrado de cuencas proporciona el marco conceptual y espacial que permite elaborar e implementar políticas y prácticas basadas en el entendimiento de los procesos ecológicos y sociales.

El nuevo marco legal del desarrollo rural requiere de un mecanismo de planeación que favorezca la caracterización, el diagnóstico y la priorización de microcuencas para la Gestión Municipal del Desarrollo Rural Integral (GMDRI). Este instrumento debe basarse inicialmente en un marco hidrográfico formal y explícito de dichas unidades geográficas naturales, reconocido y compartido por todas las instancias operativas y posteriormente en tecnologías y sistemas de análisis, para toma de decisiones.

El Desarrollo Rural con Enfoque Territorial propone pues utilizar a las microcuencas, como los espacios para un enfoque de atención integral. El hecho de ser las unidades hidrográficas más pequeñas, permite un manejo local de los recursos naturales y condiciones socioeconómicas, teniendo al agua como eje rector.

Para ello, se cuenta en el estado de Michoacán con tres versiones de marco hidrográfico o delimitación de microcuencas de diferentes autores y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) realizó la priorización de las microcuencas del estado de Michoacán delimitadas por el Instituto Mexicano de Tecnología del agua (IMTA). Una de ellas es la microcuenca denominada "Rosa de Castilla" que se localiza en el municipio de Copándaro.

La microcuenca "Rosa de Castilla" se ubica en la cuenca del lago de Cuitzeo, dentro de la macro cuenca Lerma-Chapala la cual cuenta con una extensión de 48,215 km² y se distingue por su importancia socioeconómica y cultural, así como por la problemática que se ha derivado de las condiciones de desarrollo en que en ella se vive; en los últimos años ha sufrido un severo deterioro ecológico caracterizado por la escasez de recursos hídricos en relación con la demanda potencial, competencia por el recurso, conflictos entre los usuarios, agentes sociales y entidades, acuíferos sobre-explotados, alta contaminación del agua por desechos industriales, agrícolas y urbanos, y una fuerte deforestación y degradación de suelos por erosión.

Desde el punto de vista social y económico la microcuenca está dentro de un municipio, Copándaro de Galeana, que presenta una marginación media baja por lo que las acciones que se realicen en dicha microcuenca ayudarán al desarrollo humano sustentable de las localidades inmersas en dicha microcuenca. Otro elemento fundamental que es justificativo de la elección de la microcuenca es que está dentro de la subcuenca Lago de Cuitzeo, donde funciona el grupo especializado de sustentabilidad de la Cuenca del Lago de Cuitzeo (GES Cuitzeo), éste grupo es auxiliar de la Comisión de Cuenca del Lago de Cuitzeo.

Este hecho genera la oportunidad de tener mayor grado de coordinación y orientación de recursos a través de acciones de concurrencia. La gestión municipal se facilitará porque la mayor superficie de la microcuenca está ubicada en el municipio de Copándaro, lo que eficientaría la operación y generación de proyectos integrales. Y el último punto que es fundamental para la elección de "Rosa de Castilla" es que SEDESOL considera a

Copándaro como un municipio de atención prioritaria por lo que recursos federales de dicha institución se dirigirían hacia la microcuenca.

Las acciones que se realicen en la microcuenca "Rosa de Castilla" son determinadas a través de diagnósticos y planes de manejo que impulsen el desarrollo sustentable, basados primordialmente en la participación comunitaria como lo señalan los lineamientos de operación para el otorgamiento de apoyos para el proyecto desarrollo y ordenamiento ambiental por cuencas y ecosistemas Lerma–Chapala.

A través de este estudio de diagnóstico y plan de manejo, se plantea combinar el mejoramiento productivo y la conservación de los recursos naturales, a fin de contribuir a la recuperación de la Cuenca, a la vez que en el nivel local se busca elevar la calidad de vida de la población rural en las microcuencas.

El diagnóstico permitirá conocer con precisión de donde partimos en cuanto al estado actual de los recursos naturales y los procesos de desarrollo sustentable de la microcuenca en el contexto de la cuenca del lago de Cuitzeo y la macro – cuenca Lerma – Chapala.

Con el establecimiento del plan de manejo de la microcuenca se generarán las directrices, objetivos, líneas de acción y responsables para ejecutar las acciones de protección, conservación y restauración del capital natural, así como el fomento y apoyo de acciones y proyectos productivos con visión sustentable bajo un enfoque de concurrencia sectorial e intersectorial a fin de recuperar la capacidad productiva de la microcuenca y se ordenarán las actividades en tierras de uso común.

A través de los procesos de evaluación rural participativa se identificarán una serie de proyectos productivos, de los cuales se planteará su apoyo a otras instituciones que están colaborando en la microcuenca, buscando así el desarrollo humano sustentable en base a coordinación, integralidad y concurrencia.

2. EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

2.1. Resumen medio físico

La microcuenca "Rosa de Castilla" se ubica dentro de la provincia Neovolcánica Tarasca, la cual se extiende de este a oeste ocupando la parte central del estado de Michoacán; en ella se asientan siete localidades: Congotzio, Loma Alta, Santa Rita, Las Cruces, El Fresno, Palo Alto y Rosa de Castilla, en el municipio de Copándaro, Mich. El tipo de clima es C (W₁) (W) y corresponde al Templado subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm. La precipitación es de 786.2 mm anuales y la temperatura media es de 18.4 con una máxima de 28.4 y una mínima de 8.4 °C. La altitud media es de 2,100 a 2,200 msnm; su superficie se distribuye en planicies, laderas y barrancas; entre las elevaciones de mayor importancia se localizan los cerros: El Gallinero, Ceja del Padre, Cerro El Citún, La Nona, Cerro de la Higuera y Palo de las Gallinas. La pendiente es de menos del 2 hasta más del 50 %, predominando del 4 a 25 %. Los tipos de suelo presentes en la microcuenca son el vertisol pélico y Feozem. El uso de suelo es agricultura de riego, agricultura de temporal, bosque de encino, matorral subtropical y pastizal.

2.2. Resumen marco social

De los talleres de evaluación participativa con los productores de las diferentes localidades que integran la microcuenca "Rosa de Castilla", los resultados indican que la cantidad de hijos por familia es de 2 a 21, donde las parejas de mayor de edad tienen de 6 a 10 hijos y las parejas jóvenes de 2 a 3 hijos. El 40 % de las familias tienen menos de 5 hijos, el 30 % de 5 a 7 y el 20 % más de 7 hijos.

La migración es alta ya que el trabajo en las localidades es de autosuficiencia y no hay otras alternativas de trabajo. El salario es de \$150.00 por día y comentan que se quedarían si ganaran \$ 250.00 por día en forma constante.

Los migrantes envían recursos económicos generalmente para alimentación y un bajo porcentaje para infraestructura y actividades productivas.

Pocos cuentan con seguro popular o seguro social y las enfermedades más frecuentes son: diabetes juvenil y en adultos mayores a 40 años, hipertensión, colesterol, cáncer de próstata, mama, matriz y piel, enfermedades de los ojos como glaucoma, cataratas, carnosidades, enfermedades del riñón, cirrosis, enfermedades de pulmones y enfermedades dentales.

Se cuenta con los niveles escolares de: Preescolar, primaria y secundaria, los alumnos por localidad y nivel se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Nivel escolar en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

Localidad	Nivel	No. Alumnos
El Fresno	Preescolar	7
El Fresno	Primaria	15
Santa Rita	Preescolar	41
Santa Rita	Primaria	127
Santa Rita	Telesecundaria	73
Congotzio	Preescolar	6
Congotzio	Primaria	28

2.3. Resumen actividades económicas

La microcuenca es una zona de captación de agua en presas o represas y recarga de acuíferos, base de la producción agropecuaria bajo riego y agua para consumo humano, lo cual refleja la importancia de la conservación y manejo forestal como prioritarios, sin embargo, la actividad principal de los productores de la microcuenca es la ganadería, seguida de la agricultura de riego y temporal, los que una vez manejados de forma sustentable, el beneficio ecológico-ambiental de la microcuenca, se reflejará en la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Los productores de la microcuenca, siembran hortalizas como coliflor, cebolla, tomate, chile, calabacita, garbanzo, repollo, lechuga, pepino y cilantro, también cultivan maíz, frijol y sorgo, además de forrajes como alfalfa y avena. La asesoría en control de plagas es esporádica y faltan estudios de fertilidad de suelos. La fertilización es con sulfato de amonio por ser más barato en comparación con otros fertilizantes y no aplican abonos orgánicos aunque algunos esparcen el estiércol directamente en sus parcelas.

Cuentan con ganado bovino, ovino, gallinas, cerdos, caballos y burros, los cuales alimentan con maíz y rastrojos o desperdicios de casa según corresponda. El ganado es de doble propósito, aunque algunos productores se dedican a la engorda de ganado con razas mejoradas; las actividades ganaderas representan un bien de capital o fuente de ahorro.

El ganado bovino lo venden de noviembre a diciembre, marzo-abril y de mayo a junio, antes de las lluvias. Lo engordan durante 1 año con rastrojo de maíz y grano, sorgo, gallinaza y alimento balanceado. Durante enero a junio compran gallinaza y rastrojo molido para alimentarlo estabulado, periodo crítico para su alimentación por falta de insumos. De julio a diciembre se mantiene bajo pastoreo en el monte.

Uno de los recursos más importantes es el forestal, principalmente aprovechado para consumo de leña y las especies más usadas son: jara pólvora, palo dulce, huizache, encinos, tejocote, acebuche y perimo, entre otras.

El otro recurso importante es el agua, tanto en la microcuenca como en el municipio de Copándaro, el 84.68 % del agua dulce disponible proviene de fuentes subterráneas y el resto de fuentes superficiales. El número de fuentes subterráneas que se ubican en la microcuenca son 19 pozos.

2.4. Diagnóstico de los recursos naturales

2.4.1. Localización de la microcuenca “Rosa de Castilla”

La microcuenca “Rosa de Castilla” se encuentra en la cuenca del Lago de Cuitzeo dentro de la región hidrológica No. 12 Lerma-Santiago-Pacífico y en la macro cuenca Lerma-Chapala y en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Se localiza en los municipios de Copándaro, Morelia, Tarímbaro y Chucándiro, en el estado de Michoacán (Figura 1).



Figura 1. Croquis de localización de la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

2.4.2. Delimitación de la microcuenca “Rosa de Castilla”

Se empleó la delimitación realizada por Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), escala 1:50,000 (Figura 2). Con el software denominado ARCVIEW GIS versión 3.3 y la extensión Spatial Analyst 2.0; se tomaron como base los mapas de las delimitaciones de las microcuencas en el estado de Michoacán (IMTA, 2003). También se delimitó en la carta topográfica E14-A13 escala

1: 50000, generada por el INEGI, el límite se trazó sobre el parteaguas que define la microcuenca "Rosa de Castilla" (Figura 3).

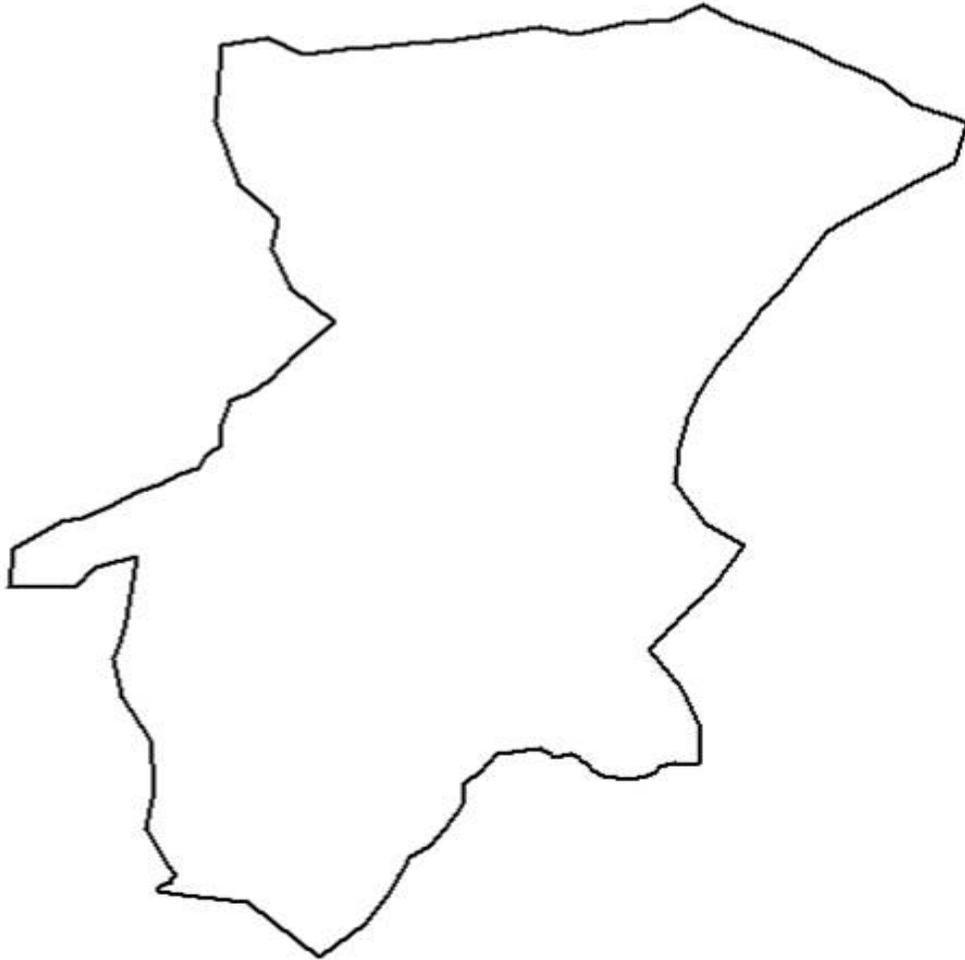


Figura 2. Delimitación de la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

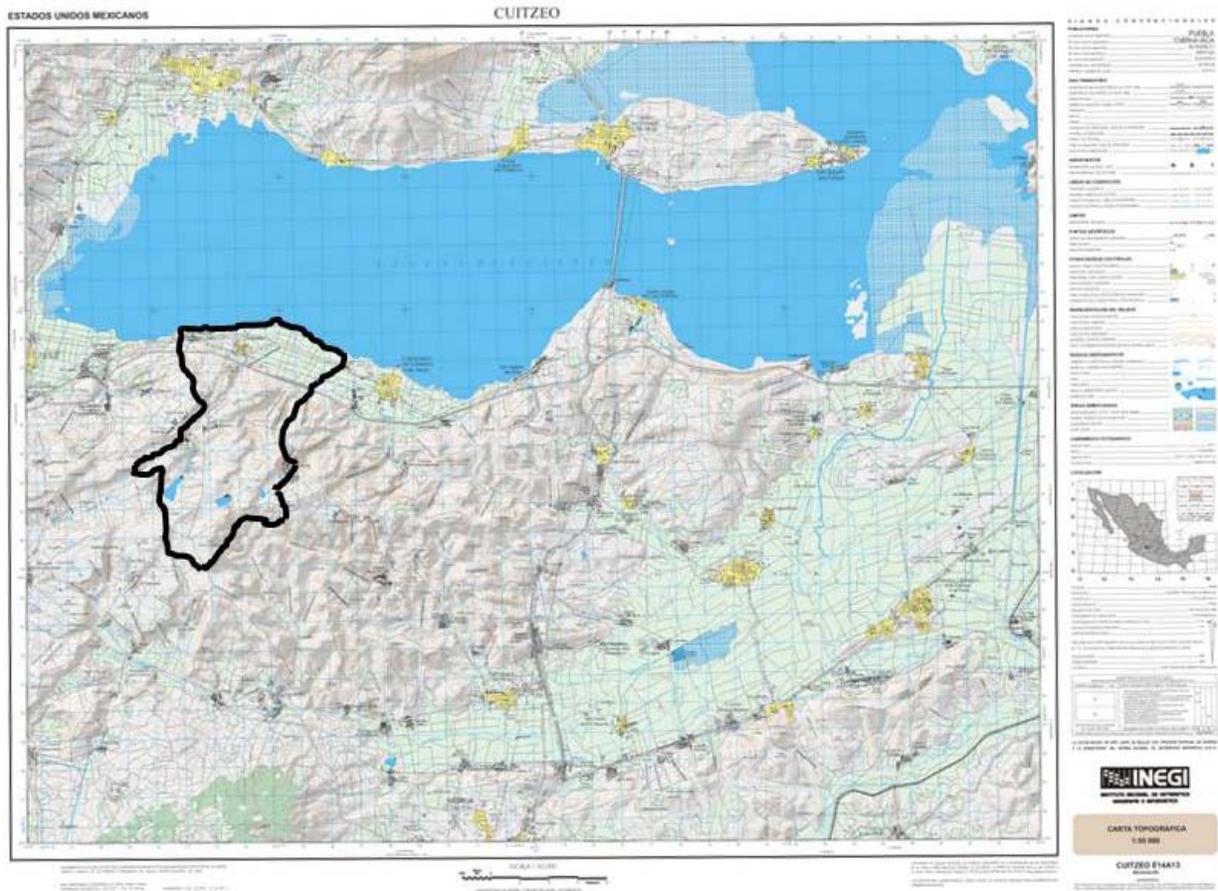


Figura 3. Delimitación y ubicación de la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.4.3. Ubicación geográfica

La microcuenca Rosa de Castilla se localiza entre los paralelos 19° 51' 12" y 19° 54' 25" de Latitud Norte y los meridianos 101° 13' 55" y 101° 17' 49" de Longitud Oeste con una altitud mínima de 1,856 y una máxima de 2,358 m (Figura 4).

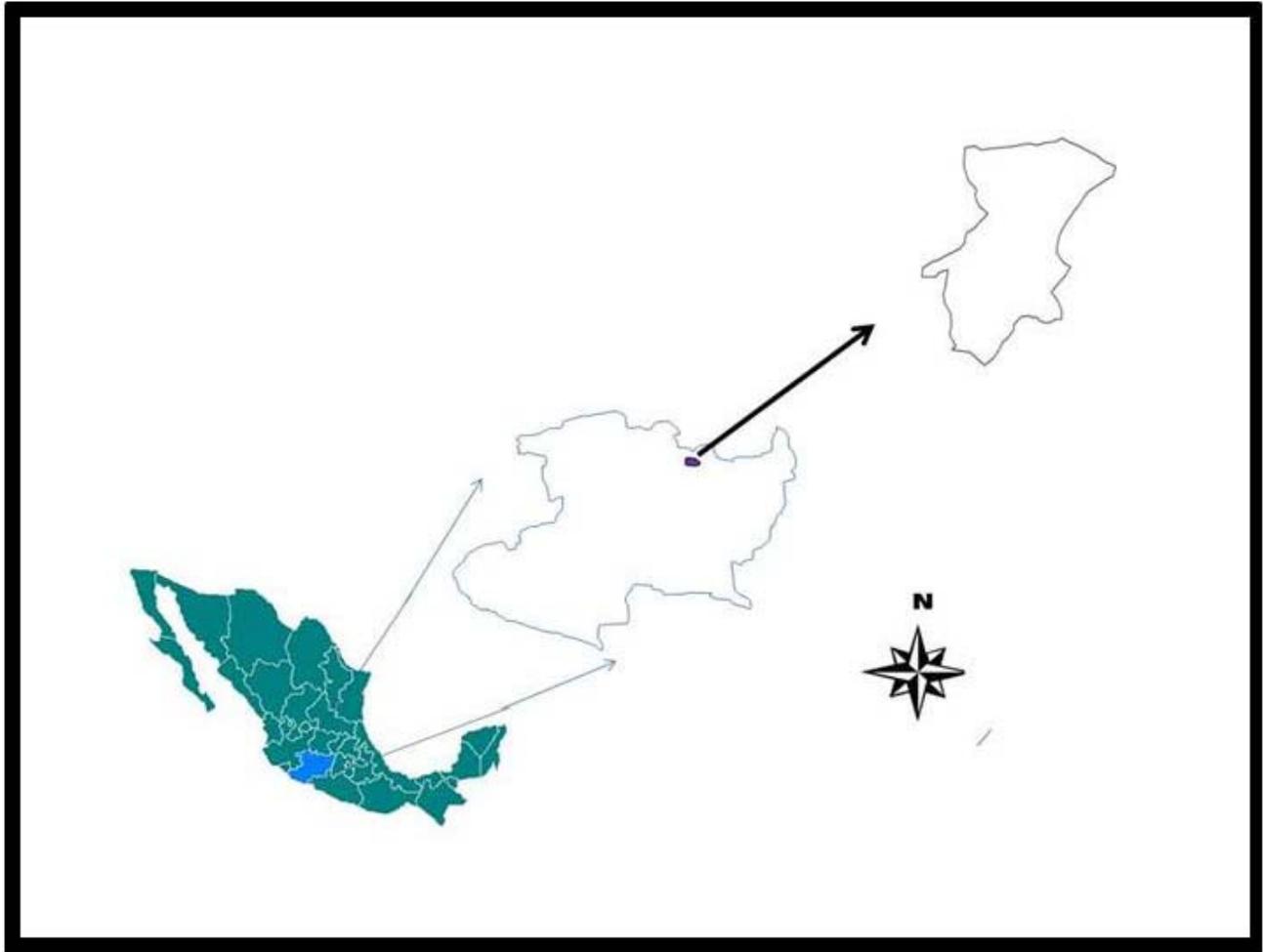


Figura 4. Croquis de ubicación de la microcuenca Rosa de Castilla, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.4.4. Ubicación política

La microcuenca “Rosa de Castilla” se localiza en la porción suroeste de la cabecera municipal de Copándaro de Galeana y al norte de la cabecera municipal de Morelia, del estado de Michoacán de Ocampo (Figura 5). El acceso principal a la zona norte de la microcuenca es por la carretera Copándaro-Chucándiro y para las zonas Centro, Sur, Este y Oeste es por camino de terracería que inicia al sur de la localidad de Santa Rita. Se ubica en los municipios de Copándaro, Morelia, Chucándiro y Tarímbaro en el estado de Michoacán de Ocampo.

Tiene una extensión territorial de 2,683. 471 ha (26.83 km²), de las cuales 2,296.542 ha (85.74 %) corresponden al municipio de Copándaro, 311.104 ha (11.61 %) al de Morelia, 43.37 ha (1.62 %) al de Chucándiro y 27.455 ha (1.03 %) al de Tarímbaro

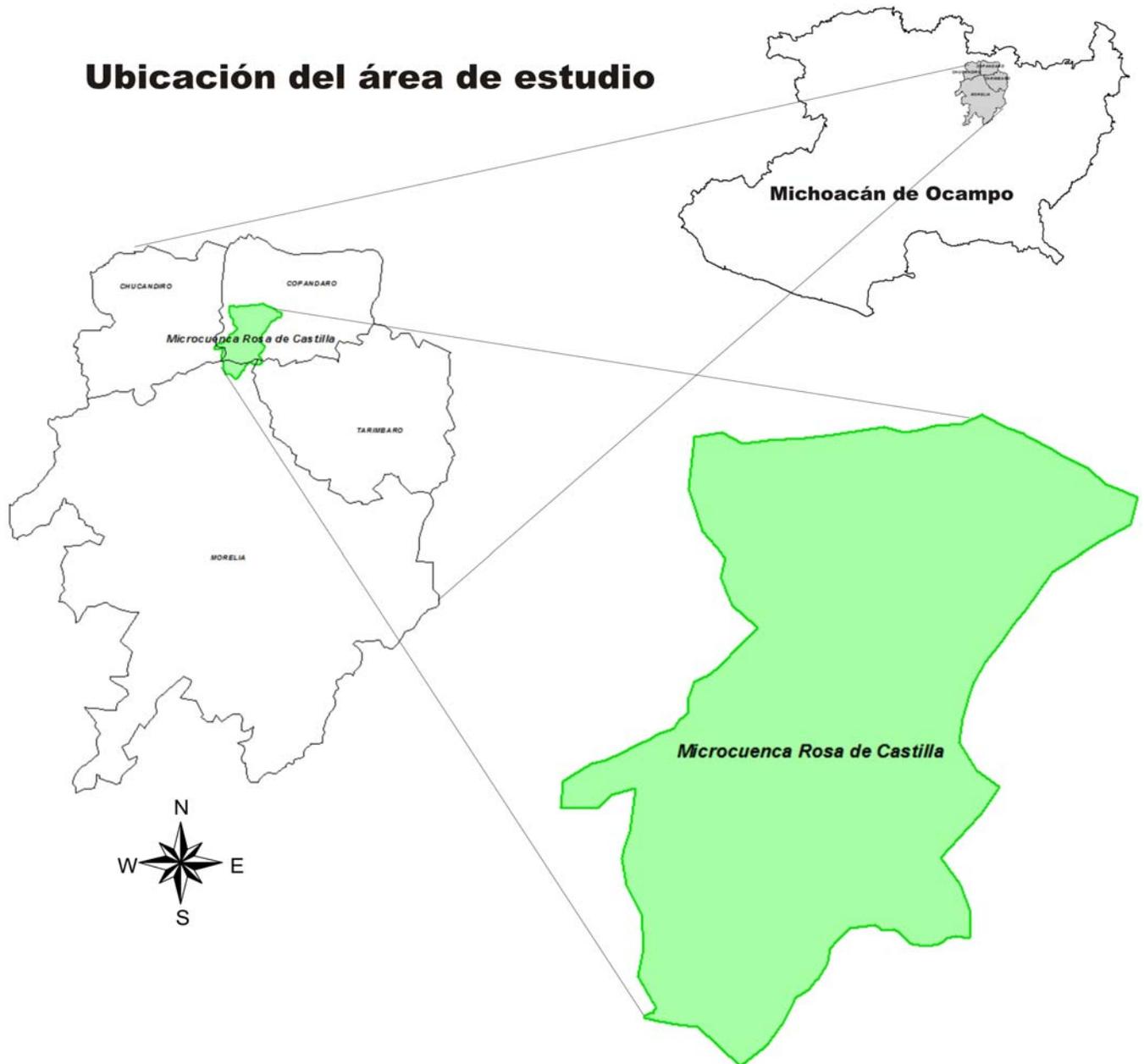


Figura 5. Ubicación política de la microcuenca "Rosa de Castilla", municipio de Copándaro, Mich.

2.4.5. Ubicación hidrológica

La microcuenca “Rosa de Castilla” se ubica en:

2.4.6. Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago-Pacífico

La Región Hidrológica Lerma Santiago Pacífico, forma parte de la Región Administrativa Lerma-Santiago-Pacífico y aunque coincide en nombre ocupa una extensión menor, cuantificada en 132 703.17 Km². Comprende parte de los estados de México, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas, Durango y Nayarit. La región se ha dividido con base en dos ríos principales, el Lerma y el Santiago (Figura 6).

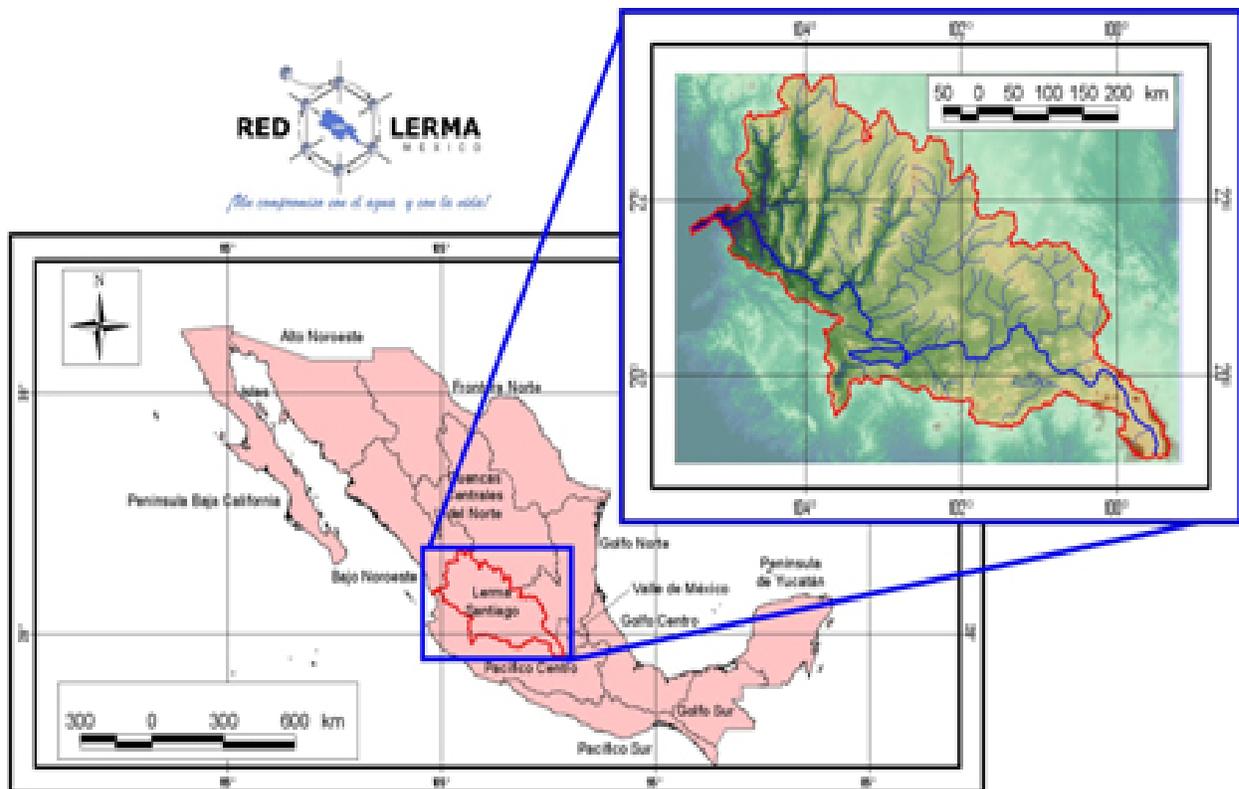


Figura 6. Croquis de ubicación de la Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago.

Fuente: http://redlerma.uaemex.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=33&Itemid=%2020

El sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago es uno de los más importantes de México, comprende el 7 % del territorio nacional y en él se encuentra el lago de Chapala que es el más grande del territorio nacional. Dentro de este sistema se encuentra una de las regiones más desarrolladas del país desde el punto de vista económico, y se tienen grandes problemas de sobreexplotación del recurso hídrico con un creciente deterioro ambiental asociado a la contaminación de cuerpos de agua.

La cuenca Lerma- Chapala-Santiago comprende el sistema hidrológico conformado por el río Lerma, Lago de Chapala y río Santiago. Desde sus orígenes en la Laguna de Almoloya hasta el Lago de Chapala, el cauce principal es el río Lerma, de allí hasta la desembocadura al Océano Pacífico, el colector principal es el río Santiago; esta cuenca abarca parcialmente el territorio de nueve entidades federativas: Estado de México, Michoacán, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas, Durango y Nayarit, incluyendo las cuencas cerradas de Pátzcuaro, Cuitzeo y Sayula - San Marcos (Figura 7). Así con una extensión superficial de 132,724 km², representa cerca del 7 % del territorio nacional. Es considerada como una región estratégica para el país, de ahí la importancia y la necesidad de abordar su problemática hídrica con un enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en la que se contemplen sus implicaciones sociales, ambientales y económicas.

Caracterizan a la región hidrológica los siguientes aspectos:

- Longitud del cauce: río Lerma 705 km. y río Santiago 475 km.
- Subregiones: Lerma (44.5% de la superficie regional) y Santiago (55.5%).
- Subregiones de Planeación: Alto Lerma, Medio Lerma y Bajo Lerma, Alto y Bajo Santiago.
- Climas: semicálido, seco o estepario y templado húmedo.
- Temperatura: 18.3°C promedio anual.
- Precipitación: 718 mm promedio anual.
- Escurrimiento virgen anual: 15,031 Hectómetros cúbicos.

- Población total: 17.76 millones de habitantes, 76% localizada en zonas urbanas y 24% en áreas rurales.
- Población económicamente activa ocupada: 5.72 millones de habitantes (32% de la población regional).



Figura 7. Delimitación y estados que comprende la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago.

Los principales problemas hídricos de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago son:

- Sobreexplotación de sus recursos hídricos; sobre todo los mantos acuíferos subterráneos.
- Contaminación progresiva de sus cuerpos de agua; fundamentalmente las aguas superficiales.
- Creciente demanda de agua que enfrenta la escasez y falta de acceso al recurso hídrico.

- Uso ineficiente del agua que se conjuga con la persistencia, en algunos casos, del paradigma de que para cubrir las crecientes necesidades de agua, el único camino es el suministro de un mayor volumen del líquido.
- Se sigue privilegiando la inversión en el sector productivo y el crecimiento económico a costa de las inversiones que demanda la preservación y recuperación ambiental de la cuenca.
- Incremento notable en condicionantes que son propicias para la ocurrencia de conflictos relacionados con el uso y gestión del agua por su competencia entre diferentes usos, usuarios, agentes políticos y entidades administradoras de los tres niveles de gobierno.
- Un sobreconcesionamiento de los recursos hídricos disponibles lo que establece limitaciones al desarrollo de la región derivadas de la falta de disponibilidad de recursos de propiedad nacional.
- Necesidad de aumentar significativamente la disponibilidad de recursos financieros para cubrir la demanda de agua potable y saneamiento.
- La forma sectorizada con la que se ha venido haciendo el manejo de los recursos hídricos de la cuenca no ha sido adecuado y apunta a una crisis que podría significar un alto costo social, económico y ambiental.
- Salvo excepciones, en la cuenca se tiene una escasa participación ciudadana en la definición e implementación de las políticas públicas del agua.
- Se carece de información sustantiva sobre el estado actual y los niveles de rendimiento de operación de gran parte de la infraestructura hidráulica de la cuenca. No se aplican programas preventivos de operación y/o mantenimiento.
- Falta de efectividad y eficiencia de inversiones en el sector del agua.
- Disponibilidad limitada, no estructurada y probablemente redundante u obsoleta de información específica acerca del sector agua en la región.
- Vinculación incidental, no estructural, entre los centros universitarios y las agencias del sector agua de la región.

Como resultado de esta problemática se tiene que la cuenca Lerma-Chapala-Santiago siendo una de las más estudiadas del país, no obstante se puede señalar que, en términos globales, persisten las tendencias aceleradas de la sobreexplotación y el deterioro ambiental de la cuenca (http://redlerma.uaemex.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=20)

La recuperación de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago –considerada la más contaminada del país- representa un reto, y debe derivar del trabajo conjunto entre academia-investigación, sociedad, haciendo indispensable acciones de gobierno enfocadas a lograr un desarrollo sustentable, esto se expresó durante la inauguración del Curso taller Internacional de Planificación para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Caso de estudio Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, organizado por el Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA).

La situación de la cuenca –cuyos recursos cubren nueve por ciento de la demanda de la Ciudad de México y 100 por ciento de la ciudad de Guadalajara, las dos ciudades más grandes del país- muestra el resultado de una interacción dinámica y compleja entre su sistema natural y el humano que creció desproporcionadamente sin una planeación adecuada y bajo políticas de aprovechamiento contrarias a una visión de sustentabilidad, por lo que se hace necesario aplicar el método de gestión integrada (UAEM, 2007).

2.4.7. Cuenca Lerma-Chapala

La Cuenca Lerma-Chapala se ubica entre los meridianos 99° 18' a 103° 45' longitud oeste y entre los 19° 25' a 21° 32" de latitud norte. Se localiza en el centro oeste del país; hacia el norte colinda con la Cuenca Santiago Pacífico, al este con la Región Hidrológica Pánuco, al sur con la Región Hidrológica Balsas, al suroeste con la Región Hidrológica Armería-Coahuayana y al este con la Región Hidrológica del Río Ameca.

La Cuenca Lerma-Chapala tiene una superficie total de 58,220.21 km²; lo que representa el 3% del territorio nacional, el 31% de la región administrativa y el 44% de la Región Hidrológica Lerma Santiago, una porción corresponde al estado de Michoacán con las Cuencas Río Lerma-Toluca, Río Lerma Salamanca, Río Lerma (Figura 8).

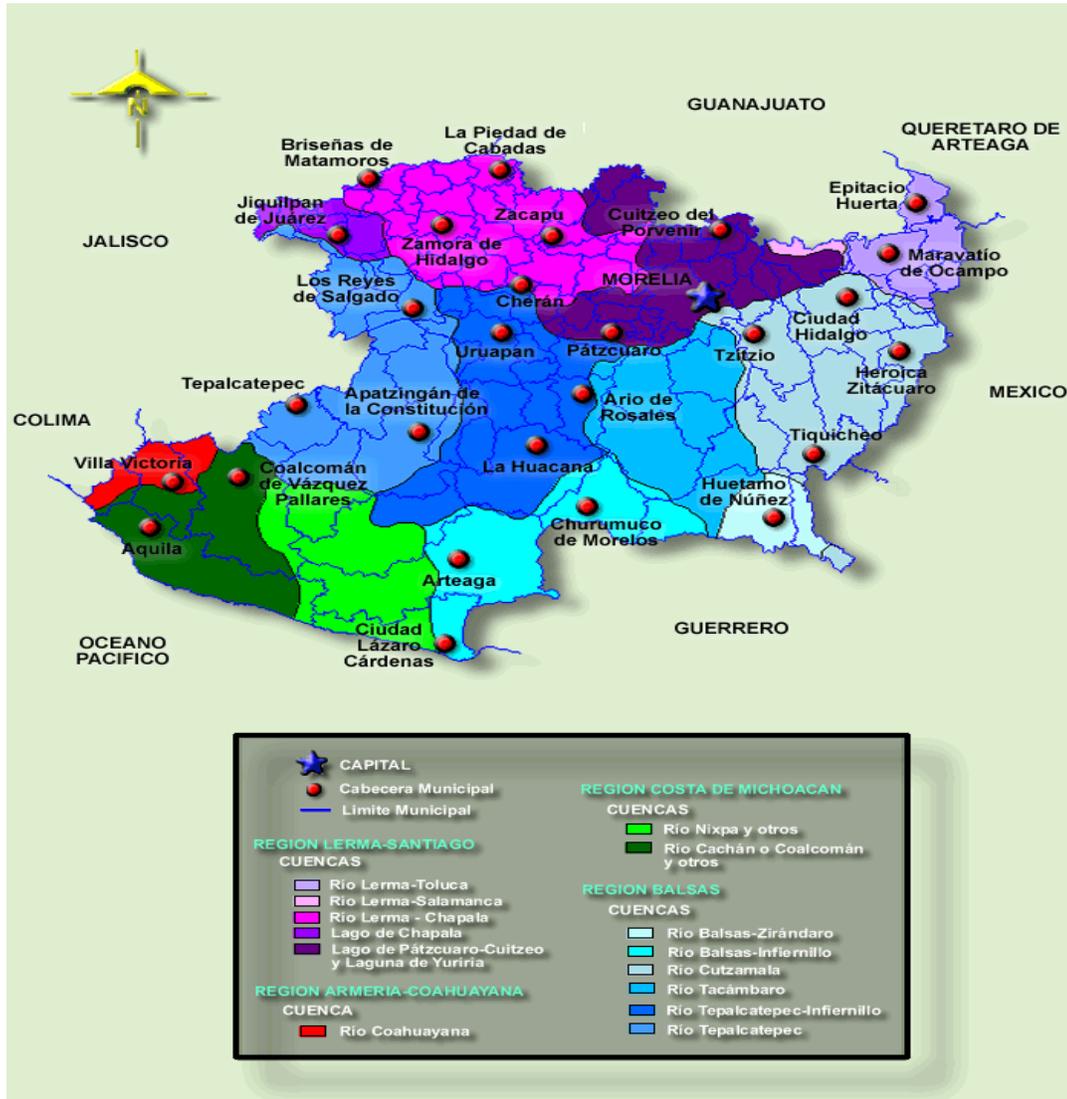


Figura 8. Croquis de ubicación de la Cuenca Lerma-Chapala en Michoacán.

La cuenca Lerma-Chapala, que representa cerca del 37.5% del sistema Lerma Chapala-Santiago, aún cuando es una de las más estudiadas de México, se caracteriza por una problemática compleja que se expresa principalmente en una creciente sobreexplotación, un deterioro progresivo de la calidad del agua en gran parte de sus cuerpos de agua y en una intensa competencia por el recurso hídrico, que incluso ha sido motivo de conflictos sociales (Comisión Nacional del Agua, 2006). Durante su trayecto, desde su nacimiento hasta el lago Chapala, el río Lerma recibe descargas de zonas industriales y de las ciudades por las que atraviesa. El río es el principal colector de ese sistema hidrográfico y su cuenca es una de las más contaminadas del país, según datos de organismos ambientales mexicanos. La cuenca del Lerma-Chapala está amenazada no solo por la contaminación, sino también por la extracción de grandes volúmenes de agua para diversos usos, incluyendo el agrícola. La crisis de contaminación y escasez de agua del Lago de Chapala se debe a problemas de manejo integral de la cuenca y ha llevado a diversas organizaciones a buscar soluciones al problema, señalan los denunciantes, que mencionan también la intención de construir una nueva presa en el río Santiago, sin antes restaurar su equilibrio ecológico.

En la cuenca Lerma-Chapala se asienta un poco más de la décima parte de la población del país, en un marcado proceso de urbanización, a tal grado que se estimó que para el año 2000 el 36% de su población se concentraba en 18 ciudades de más de 50 mil habitantes. En la cuenca se produce el 35% del Producto Interno Bruto en la industria de la transformación. En términos de agua disponible per cápita, se clasifica en las cuencas en una situación de escasez por tener una disponibilidad menor a 5,000 m³ por habitante y por año. La densidad de población de la Cuenca, 195 hab/km², es en la actualidad casi cuatro veces superior a la media nacional.

El río Lerma nace en la Laguna de Almoloya al sureste de la ciudad de Toluca y termina en el Lago de Chapala, cuerpo de agua compartido por los estados de Jalisco y Michoacán; su longitud sobrepasa los 700 km. El Lago de Chapala es el vaso natural interior de mayores dimensiones del país y el tercero en Latinoamérica, tiene una longitud y ancho máximos de 77 y 23 Km. respectivamente.

La cuenca Lerma-Chapala es una de las más importantes por su desarrollo socioeconómico, densidad de población y ubicación en una región central con recursos naturales altamente utilizados. En ella está comprendida parte de los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, con una superficie total de 53,667 km², considerando las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo. Los datos que caracterizan la cuenca se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de la cuenca Lerma-Chapala.

Superficie (incluyendo las cuencas cerradas de Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo).	58,725 Km ²
Superficie de escurrimiento hacia el cauce principal (río Lerma)	50,136 Km ²
Precipitación	736 mm/año
Escurrimiento	4,740 Mm ³
Recarga anual de acuíferos	3,840 Mm ³
Extracción anual de acuíferos	5,142 Mm ³
Superficie agrícola de riego	798 mil ha
Déficit medio anual en agua superficial	De 270 a 530 Mm ³
Población en la cuenca (2000)	11 millones
Población abastecida (2000) que incluye las zonas metropolitanas de las ciudades de México y Guadalajara, ubicadas fuera de la cuenca	16 millones
Número de municipios	159

Fuente: Semarnat-CNA, Plan Maestro para la Sustentabilidad de la cuenca Lerma-Chapala, versión preliminar, 2001

La cuenca Lerma Chapala se encuentra ya en un avanzado proceso de crisis ambiental. No es la primera vez en el último siglo en que el lago de Chapala, reflejo de todo lo que ocurre aguas arriba, se reduce a menos de una octava parte de su capacidad máxima, pero muy al contrario de lo que ocurrió en la década de 1950, ahora es muy difícil de anticipar su cabal restablecimiento dado que en los últimos cincuenta años, además de crecer considerablemente la población que habita la cuenca y que utiliza sus recursos hídricos, se amplió la frontera agrícola de riego más allá de la disponibilidad real de agua: los datos de sobre-concesionamiento del agua en la cuenca lo demuestran.

En el caso de los acuíferos el sobre-concesionamiento es notorio, hay más pozos y capacidad de bombeo que volumen de recarga; aunque en el caso de los grandes sistemas de riego esto puede ser discutible, ya que su concesión establece una proporción fija del volumen almacenado en las presas; la "sobreexplotación" se origina en el hecho de que no existe volumen asignado al ecosistema (río o lago), sólo le tocan los remanentes (Vargas, 2007).

De la misma manera, existe una sobreexplotación de los acuíferos regionales, en donde la mayor parte de los 37 acuíferos de la cuenca se registran como severamente sobreexplotados principalmente en los estados de Guanajuato, Querétaro y el estado de México. De los 24,000 pozos activos se registra una sobreexplotación global o abatimiento de los mismos del orden de 1,302 millones de m³ al año. Esta es una cifra que coloca en grave riesgo la estabilidad hidráulica de la cuenca del Lerma Chapala.

Esta sobreexplotación necesariamente ha afectado el balance hidrológico del lago de Chapala registrando durante los periodos de años secos una reducción alarmante en las cotas de almacenamiento de agua en el vaso lacustre y que generan un grave riesgo de pérdidas mayores de agua por los efectos de la evaporación directa.

De los 1,500 millones de m³ que ingresan al lago de Chapala se evaporan casi 1,440 millones de m³, es decir, el 96% del volumen de ingreso y 240 millones de m³ que es el equivalente al volumen del lago de Zirahuén en el estado de Michoacán se conduce a la ciudad de Guadalajara para satisfacer a una población de un millón y medio de habitantes. Finalmente, 90 millones de m³ se destinan para el riego de la agricultura local de la zona rural cercana al área metropolitana.

Lo anterior, significa que existe un déficit anual medio de 270 millones de m³ que asociado a los años en que llueve poco en el territorio nacional provocan descensos alarmantes en el lago de Chapala.

La intensidad de su aprovechamiento ha provocado en consecuencia un fuerte desequilibrio hidrológico en toda la cuenca del río Lerma y actualmente existe un alto riesgo de colapsar las bases que sustentan el desarrollo regional además de la estabilidad y sobrevivencia del propio lago de Chapala. De la misma manera, las actividades productivas regional han sido forzadas a la sobre explotación de los acuíferos e incluso existe el reuso de las aguas de la propia cuenca.

Siendo una de las cuencas más sobre explotadas del territorio nacional algunos procesos son bastante evidentes incluyendo una deforestación avanzada y permanente con la pérdida de 1000 km² de bosque en una década, es decir, 100 km² anuales se pierden de bosque por los efectos de un mal aprovechamiento forestal. En consecuencia, un 30% de los suelos sufre algún tipo de degradación a través de los diferentes tipos de erosión hídrica, eólica, compactación y rompimiento de la estructura natural del suelo.

En la agricultura regional existe una cultura de riego que es considerada como excesiva o de desperdicio. El valor promedio de la lámina de riego anual es del orden de los 80 centímetros de altura, aunque existen valores mínimos de 20 centímetros también se encuentran valores exagerados de un metro y medio de altura de lámina de riego. Esto representa que la agricultura consume un total de 8000 m³ por cada hectárea de riego mientras que en otras naciones del planeta presenta un promedio anual de 4000 m³ por hectárea. En diversos municipios de la cuenca del río Lerma aún se puede observar los surcos inundados a través del sistema obsoleto de agua rodada.

Por lo anterior la región del río Lerma se considera como una zona estratégica y determinante en la dinámica económica y social de la nación, ya que incluso supera los valores de la media nacional en densidad demográfica, producción industrial y agrícola per cápita. La mayor parte de las actividades económicas que se desarrollan en la región dependen del sustancialmente del agua que fluye a través del río Lerma (Chacón, 2006).

En varios de los estados que conforman la cuenca se presentan diferentes tipos de degradación (Cuadro 3). Se aprecian áreas con erosión hídrica en grados que varían de ligera a severa y suelos con alta degradación química y biológica, lo que contribuye al empobrecimiento y la baja capacidad productiva de las tierras. Por otra parte, esta erosión no controlada aumenta el aporte de sedimentos a la cuenca, causando graves problemas de sedimentación de los cuerpos de agua que la conforman. En el lago de Chapala, la sedimentación es cada día mayor y uno de los mayores aportadores de sedimentos es el río Lerma. De acuerdo a las imágenes de satélite analizadas (1993 y 1996), se puede constatar que los sedimentos han hecho que la desembocadura del río, que a principios de los 70 era en Maltaraña, ahora se haya recorrido más de 15 Km al poniente dejando al descubierto más de 60,000 ha. Las causas que determinan la degradación se muestra en el Cuadro 4.

Las actividades socio-económicas y la ausencia de un manejo integrado de la cuenca, causan una serie de problemas ecológicos como: la contaminación, el abastecimiento del agua y la degradación física, química y biológica de los suelos, que se traducen en un preocupante desequilibrio ecológico y socio-económico del sistema hidrológico del Lerma-Chapala.

Lo anterior hace necesario adoptar el concepto de desarrollo sustentable, el cual integra la protección y conservación del medio ambiente, y el desarrollo social y económico de la cuenca. Este cambio de enfoque, hacia el desarrollo sustentable, debe adoptar una política clara y eficiente que garantice el uso y conservación de los recursos naturales renovables. Esto permitirá que se dé el aprovechamiento adecuado de estos recursos, con el fin de evitar que se rebase su capacidad de recuperación y su posterior agotamiento, permitiendo al mismo tiempo mejorar la calidad de vida de la población.

Cuadro 3. Tipos de degradación de suelos en la Cuenca Lerma- Chapala.

Tipo de degradación del suelo	Superficie (ha)
Erosión Eólica Ligera	1,086,931
Erosión Eólica Moderada	192,610
Erosión Hídrica Ligera	176,131
Erosión Hídrica Moderada	1,960,744
Erosión Hídrica Fuerte	845,634
Erosión Hídrica Extrema	140,978
Compactación del suelo (degradación física) (Po)	504,309
Degradación Química Ligera (salinización)	35,950
Degradación Química Ligera	41,640
Degradación Química Moderada	160,730
Áreas cubiertas por asfalto y/o concreto (degradación física) (Pu)	40,800
Degradación Biológica Fuerte	25,593
Áreas no degradadas	
Estable bajo Condiciones Naturales	42,174
Estable por intervención del hombre	41,835
Cuerpos de agua (C. A.)	110,822

Fuente: SEMARNAP, Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos.

Cuadro 4. Causas de degradación en la cuenca Lerma-Chapala.

Causa	Superficie (ha)
Abandono de tierras	17,383.31
Cambio de uso de suelo	766,557.62
Cambio de uso de suelo / Sobre pastoreo	235,507.06
Deforestación	206,905.34
Deforestación / Cambio de uso de suelo	151,240.95
Lirio acuático	25,593.51
Manejo inadecuado de áreas cultivadas	174,608.26
Sobre explotación agrícola	1,246,162.19
Sobre explotación agrícola / Sobre pastoreo	812,447.97
Sobre explotación de vegetación para consumo	24,421.83
Sobre explotación de vegetación para consumo/Sobre pastoreo	305,723.17
Sobre pastoreo	893,521.48
Sobre pastoreo / Cambio de uso de suelo	267,605.40
Urbanización / Cambio de uso de suelo	43,577.41
Áreas no Degradadas	
Cuerpos de agua	110,822.05
Terrenos estabilizados por cultivos perennes	41,835.78
Terrenos sin degradación aparente	42,174.09

Fuente: SEMARNAP, Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos.

La consecuencia más común de la degradación es la pérdida de la capa superficial del suelo debido a la erosión por el agua o el viento. Cuando se corta el bosque u otra cobertura vegetal, se pierde también la protección frente al agua o al viento incrementándose la posibilidad de la erosión por estos agentes. La capa superficial del suelo se expone al sobrepastoreo y/o inadecuadas prácticas agrícolas, las cuales aceleran el proceso de erosión. La erosión del suelo tiene muchos efectos negativos, incluyendo un incremento en la sedimentación de los ríos y arroyos, daños a la población de peces y azolve de lagos y embalses. La desertificación puede conllevar la extinción de especies de plantas y animales, cuando su hábitat natural es destruido.

En la mayoría de los casos, los procesos de degradación están fuertemente influenciados por las actividades humanas. Entre las principales actividades humanas están: movimientos de la población, prácticas agrícolas y pecuarias y construcción de vías de comunicación (http://www.centrogeo.org.mx/internet2/chapala/dinamicaespacial/ler_cha_s/lerma_pp.htm).

Esta cuenca conocida como el granero del país, presenta tal grado de deterioro que todos los componentes del medio ambiente están afectados: hay una pérdida de vegetación natural, de biodiversidad, una afectación a la calidad del agua y de los suelos, esto está ocasionando un fuerte impacto en los sistemas productivos, y se advierte una crisis por el agua. El 65 por ciento de la agricultura de esta zona, está dedicada al cultivo del maíz y sorgo, cuyos rendimientos muchas veces están por debajo de la media regional. Además la erosión de suelos está provocando el azolve de todas las presas de la cuenca, disminuyendo su viabilidad y aumentando sus costos.

En la Cuenca Lerma-Chapala existen más de 552 presas y bordos, eso implica una fragmentación continua de todos los ríos, impidiendo la presencia de ecosistemas ribereños, de su flora y fauna, afectando también a los humedales, disminuyendo la calidad de agua en los ríos y en los lagos. La relativa riqueza generada por esta cuenca (donde el 20 % de los municipios presentan un estado alto y muy alto de marginación), se ha realizado en detrimento de sus recursos naturales. Esta situación hace que la cuenca mantenga severos niveles de degradación de suelos, pérdida de biodiversidad, de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, a tal punto que todo el desarrollo económico alcanzado se encuentra hoy comprometido (Cotler, 2007).

La crisis ambiental en la Cuenca Lerma-Chapala lleva por lo menos 25 años, "pero se está llegando a un límite muy crítico". Es un problema de voluntad política, ya que reuniones ha habido muchas, ahora la cuestión es realmente que los actores involucrados, sobre todo los gobiernos, deben poner remedio a la situación porque no puede continuar como está. Cabe destacar que sobre esta cuenca se ubican industrias, asentamientos irregulares, crecimiento de la mancha urbana, actividades agrícolas y

ganaderas y, sobre todo, sus ríos están siendo utilizados como drenajes. La planta de Pemex en Salamanca diariamente arroja al río Lerma cerca de 300 toneladas de desechos industriales. Las empacadoras instaladas en La Piedad también contribuyen con la degradación ambiental de la cuenca, arrojando al río Lerma desechos industriales y materia orgánica.

La relativa riqueza generada en esta cuenca (donde el 20% de sus municipios presentan un estado alto y muy alto de marginación) se ha levantado en detrimento de sus recursos naturales. Hoy la cuenca tiene severos niveles de degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Mazari, 2007).

2.4.8. Subcuenca del Lago de Cuitzeo

La subcuenca del Lago de Cuitzeo, se localiza en el Sistema Volcánico Transversal, entre los 19°30' y 20°05' de latitud norte y 100°35' y 101°30' de longitud oeste, entre los estados de Michoacán y Guanajuato (Figura 9) con una superficie total de 4,026 km² (Mendoza *et al.*, 2005) y capta la precipitación que alimenta al lago de Cuitzeo (Barajas *et al.*, 2007). La cuenca ha sido habitada desde tiempos remotos, pero es en las últimas décadas que se han originado problemas de tipo ambiental, como: deterioro de los recursos, cambio en el uso del suelo, erosión, contaminación, abatimiento del manto freático, disminución del vaso del lago de Cuitzeo y eutroficación de sus aguas (LXVII Legislatura-UMSNH, 1996, Mendoza *et al.*, 2001). Además, se presentan fuertes procesos migratorios y de urbanización, especialmente en la ciudad de Morelia (López, 2001). En ella se localiza la capital del estado, la cual en los últimos años ha presentado un crecimiento urbano descontrolado, lo que ha generado problemas de tipo ambiental y económico tales como la contaminación del agua y del suelo, y cambios de uso de suelo en áreas forestales o con presencia de peligros naturales como fallas o zonas inundables, así como una alta migración de la población (Aguirre *et al.*, 2007).

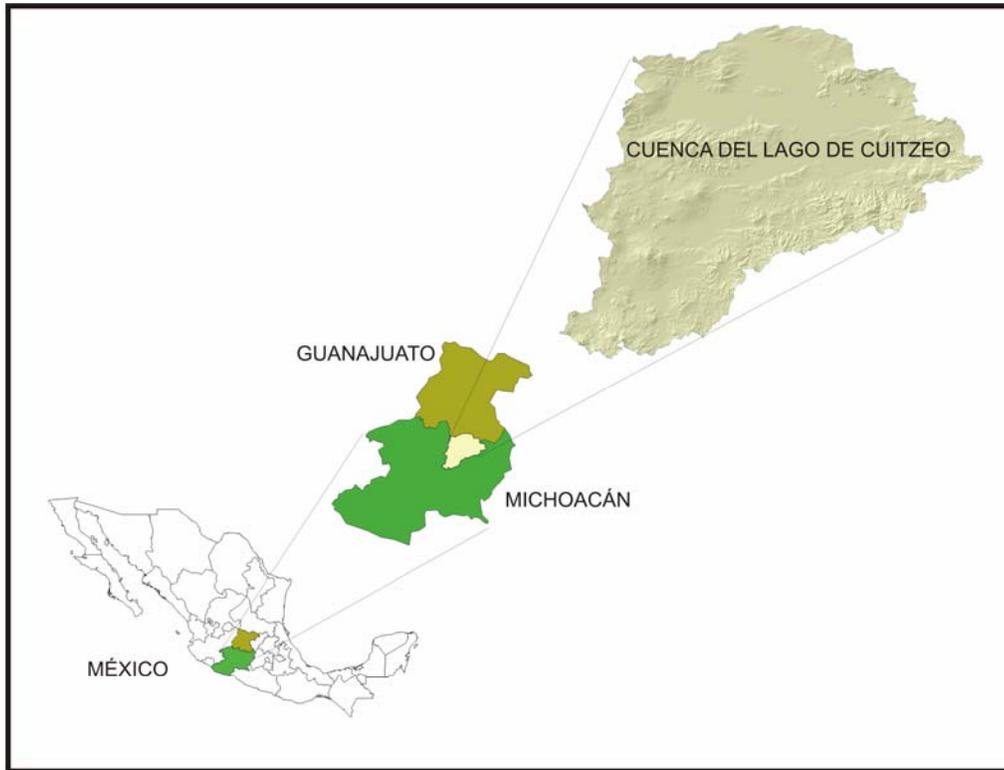


Figura 9. Croquis de ubicación de la Subcuenca del Lago de Cuitzeo (Fuente: Mendoza *et al.*, 2001)

Es una cuenca de naturaleza endorreica (Bocco *et al.*, 1999) y comprende parcial o totalmente los territorios de 23 municipios del Estado de Michoacán: Acuitzio del Canje, Álvaro Obregón, Ciudad Hidalgo, Charo, Chucándiro, Cuitzeo, Copándaro de Galeana, Huandacareo, Huaniqueo, Huiramba, Indaparapeo, Lagunillas, Morelia, Morelos, Pátzcuaro, Queréndaro, Quiroga, Santa Ana Maya, Tacámbaro, Tarímbaro, Tzintzuntzan, Villa Madero y Zinapécuaro, así como parte de los municipios de Acámbaro, Moroleón, Salvatierra, Uriangato y Yuriria del Estado de Guanajuato (Mendoza *et al.*, 2001).

Desde el punto de vista geológico, la región en la que se asienta la Cuenca del Lago de Cuitzeo está conformada por sucesiones volcánicas en las que dominan las lavas fracturadas, depósitos piroclásticos (cenizas y arenas de granulometría fina) y materiales sedimentarios aún no compactados, conformados por limos, arenas y diatomitas, estas últimas dominan en el sector sur de la Cuenca. Todas estas sucesiones son disectadas por sistemas de fallas de dirección este-oeste y noreste-sureste que han funcionado desde el Mioceno Superior (Buenrostro e Israde, 2003).

El clima predominante de la cuenca corresponde al templado con lluvias de verano. La temperatura media en la cuenca es de alrededor de 15° C, y la precipitación promedio anual es menor a 1000 mm. Según la cartografía de hidrología de aguas superficiales del INEGI, el 76% de la cuenca tiene un coeficiente de escurrimiento de 10 á 20%. Según la cartografía de INEGI, el 71 % de la cuenca presenta posibilidades bajas de almacenamiento de agua subterránea. Alrededor de 20 % está conformada por bosques templados principalmente de pino y encino; los matorrales subtropicales ocupan alrededor del 15 %; los pastizales inducidos menos del 15 % y los cultivos ocupan alrededor del 40 % de la cuenca para ambos años (Mendoza *et al.*, 2001; Vargas *et al.*, 2007).

Ha sido catalogada como la región terrestre prioritaria para la conservación 111 por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad bajo la justificación de que "es el remanente más importante del bosque tropical caducifolio, que en otros tiempos ocupaba cerca de 11,000 Km² y que actualmente ha desaparecido casi totalmente." (Anónimo). Revisiones bibliográficas evidencian una alta riqueza florística calculada en 1,646 especies correspondientes a 661 géneros de 160 familias botánicas. Sostiene a un cuarto de la población del Estado de Michoacán, la cual desarrolla actividades agrícolas, ganaderas, pesqueras, industriales y de servicios (Acosta, 2001; López *et al.*, 2005).

Dentro de la cuenca se desarrollan diversos ecosistemas que proveen numerosos servicios ambientales a la población, por lo que el lago y su cuenca poseen gran importancia en materia ambiental, social, cultural y económica (Vargas *et al.*, 2007). Contribuye a la irrigación de diversos cultivos básicos de la zona geográfica, comprende bosques, matorrales y pastizales, su fauna está compuesta por mamíferos, aves, reptiles y peces que se encuentran en un precario estado de supervivencia, cerca del punto de extinción (Vargas, 2007).

En ella se encuentra el Lago de Cuitzeo, segundo cuerpo de agua más grande del país, el cual presenta grandes periodos de desecación y ha sido considerado dentro de los humedales prioritarios para la conservación de especies migratorias (Villaseñor, 1994).

Es un importante regulador del ambiente y cada año recibe la visita de una gran variedad de aves migratorias. Se le ubica geográficamente en los municipios de Cuitzeo, Santa Ana Maya, Zinapécuaro, Álvaro Obregón, Copándaro, Chucándiro y Huandacareo en el estado de Michoacán y en menor proporción en el municipio de Acámbaro, en el estado de Guanajuato (Barajas *et al.*, 2007).

Es de gran importancia para la región, ya que contribuye a regular el clima de la cuenca, además de dar sustento y hábitat a diversas especies vegetales y animales, como el pato canadiense, y contribuir a la economía de miles de familias. Del lago, los pescadores extraen mojarra, tilapia, charales, rana, mosco y especies asociadas como la carpa dorada, la carpa común y la chegua; también los agricultores se benefician, ya sea por la recogida de tule o usando las aguas para regar los cultivos de maíz, sorgo, avena y hortalizas (Vargas *et al.*, 2007).

Actualmente, la cuenca y el lago muestran diversos signos de deterioro, tales como erosión, reducción de la cobertura forestal, sobreexplotación de sus recursos y eutrofización del cuerpo de agua. Este deterioro es resultado de las actividades productivas que se realizan de forma inadecuada, ya sea por sobreexplotación del recurso, incumplimiento de las leyes ó por la realización de practicas productivas carentes de planeación y sin respetar la vocación natural del suelo. Dentro de sus problemas actuales se tiene deforestación y degradación de laderas, desertificación, erosión, contaminación debida a los residuos sólidos acumulados excesivamente en el suelo y en la ribera de los acuíferos, fuerte crecimiento demográfico, contaminación del vaso acuífero con aguas residuales municipales y agrícolas. Por descargas de aguas negras, lirio acuático y residuos sólidos, el Lago de Cuitzeo tiende a terminar con las diferentes especies de peces que habitan sus aguas, las cuales representan una fuente de trabajo en la región.

El problema de la eutrofización del lago y su azolvamiento preocupa no sólo a los investigadores sino también a los gobiernos de Michoacán y Guanajuato. Actualmente las aguas del lago reciben un continuo aporte de compuestos inorgánicos como fosfatos,

nitratos y desechos industriales y urbanos, que no permiten la recuperación del ciclo biológico de sus aguas. Si a esto se suma la deforestación, los procesos de erosión tanto eólica como fluvial, que acarrea material terrígeno a la cuenca, azolvándolo de manera acelerada, lo cual reduce el nivel de sus aguas y acelera el proceso de envejecimiento y extinción (COEECO, 2005).

La vegetación acuática juega un papel ecológico muy importante en el Lago de Cuitzeo, ya que las zonas donde se encuentra funcionan como barreras de fijación de los desechos orgánicos traídos por las escorrentías de las poblaciones principales, sobre todo de la ciudad de Morelia.

En el lago de Cuitzeo existen varias especies de vegetación acuática, algunas cada vez mas escasas, debido al impacto que ha producido la actividad del hombre, pero favoreciendo a especies mas agresivas, capaces de reproducirse con extraordinaria rapidez como el lirio (*Eichhornia crassipes*) creando condiciones desfavorables para la pesca y otras actividades acuáticas.

El lirio acuático es una de las plantas que mayor problema provoca en el sistema lacustre debido a su reproducción y desarrollo desmesurado. Cubre grandes extensiones y se le puede encontrar asociado con chuspata en la parte Norte de la localidad de La Mina hasta la Isla Las Burras, interrumpido por una franja de tule, las cuales juntas se extienden hacia el Norte rodeando completamente las islas Cuatas, Chanaco y la Cerro Grande hasta tocar la ribera Noreste de Felipe Carrillo Puerto. El coture es otra de las plantas importantes que forman parte de la maleza que ha invadido al lago, pero que favorablemente su crecimiento es limitado y retrasado debido a la desecación de las superficies donde este se desarrolla.

La vegetación anteriormente descrita, pasó de ocupar el 5% de la superficie del lago en 1975 a 15% en el año 2000, provocando una disminución del espejo de agua, así como los siguientes inconvenientes: Dificultad para la pesca, obstrucción de canales de navegación, falta de circulación del agua dentro del lago y pérdidas de volumen hídrico

por evapotranspiración, que es de 3 a 4 veces más que en una superficie libre de vegetación en periodo de sequía.

El programa de rehabilitación y mantenimiento del Lago de Cuitzeo de la Comisión Estatal de Pesca (COMPESCA), atiende la problemática que representa la proliferación de vegetación acuática en el Lago, la cual es resultado del desequilibrio ambiental que tiene actualmente la cuenca y que se manifiesta en su parte más baja. Lo anterior, mediante la ejecución de obras de beneficio colectivo, que contribuyen a mantener la actividad pesquera como fuente de subsistencia alimentaria, mejorando a su vez el nivel de vida de los habitantes de la región lacustre, en beneficio directo de más de 1500 pescadores y sus familias. Lo anterior pone de manifiesto que se han extraído un total de 920 ha de maleza acuática y más de 67,000 m³ de sólidos en lo que va de la administración, esto sin contar lo que se ha realizado durante el presente año.

Las actividades de control de vegetación acuática, desarrolladas por el Programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo, no son la solución de fondo a la problemática de este embalse, ya que no resuelven los problemas que le dan origen, como lo son; el fuerte proceso de urbanización, la contaminación del agua, la producción de desechos sólidos, la deforestación y la erosión. Sin embargo, si brindan un beneficio directo a los habitantes de la región, ya que mediante la ejecución de obras de beneficio colectivo, se permiten la pesca, la artesanía y el turismo, propiciando un mejor nivel de vida a los que hacen uso de los recursos del Lago. Con estas acciones, además se intenta restablecer un escenario natural sano, que incida en la conducta y actitud de propios y visitantes para el cuidado, respeto y disfrute de los recursos naturales y pesqueros, ante la adopción de una cultura ecológica (Barajas *et al.*, 2007).

El mayor porcentaje de la descarga de aguas negras cuyo destino es el Lago de Cuitzeo, pertenece a la Ciudad de Morelia, que entre 1960 y 1990 registró un crecimiento de superficie de 790 a 3,368 ha, lo cual representó un 326%, así como un incremento de población que fue de 153,482 a 492,901 habitantes, correspondientes a un 345%.

En esta subcuenca, se encuentra el Distrito de Riego Morelia-Queréndaro, donde existe una intensa actividad agrícola y debido al uso intensivo de fertilizantes químicos, ha contribuido al crecimiento exorbitante del lirio acuático en el Lago de Cuitzeo que a su vez causa el déficit de oxígeno, que de diversas maneras incide negativamente en su ictiofauna formada por: mojarra, tilapia, charal, carpa y chegua, entre otras especies (Mendoza *et al.*, 2001; Senado de la República, 2006 citados por Vargas, *et al.*, 2007).

Se requiere la instrumentación de acciones que incluyan un amplio ordenamiento ecológico del territorio enfocado a aspectos tales como: la gestión integral de los residuos sólidos municipales, el tratamiento de las aguas residuales vertidas al Distrito de Riego Morelia-Queréndaro, el manejo racional de los recursos naturales de la región y un programa permanente de educación ambiental para aprovechar eficazmente los programas instrumentados a favor de la recuperación de esta Cuenca (Vargas, *et al.*, 2007).

2.4.9. Microcuenca Rosa de Castilla

La microcuenca Rosa de Castilla tiene una superficie de 26.83 Km² y se encuentra comprendida en el municipio de Copándaro de Galeana y una pequeña porción del municipio de Morelia. En ella se asientan siete localidades: Congotzio, Loma Alta, Santa Rita, Las Cruces, El Fresno, Palo Alto y Rosa de Castilla, en el municipio de Copándaro de Galeana, Mich. (Figura 10).

En el Cuadro 5 se presenta la superficie de cada categoría hidrológica y en los capítulos posteriores se detalla el diagnóstico y el plan de manejo de la microcuenca "Rosa de Castilla".

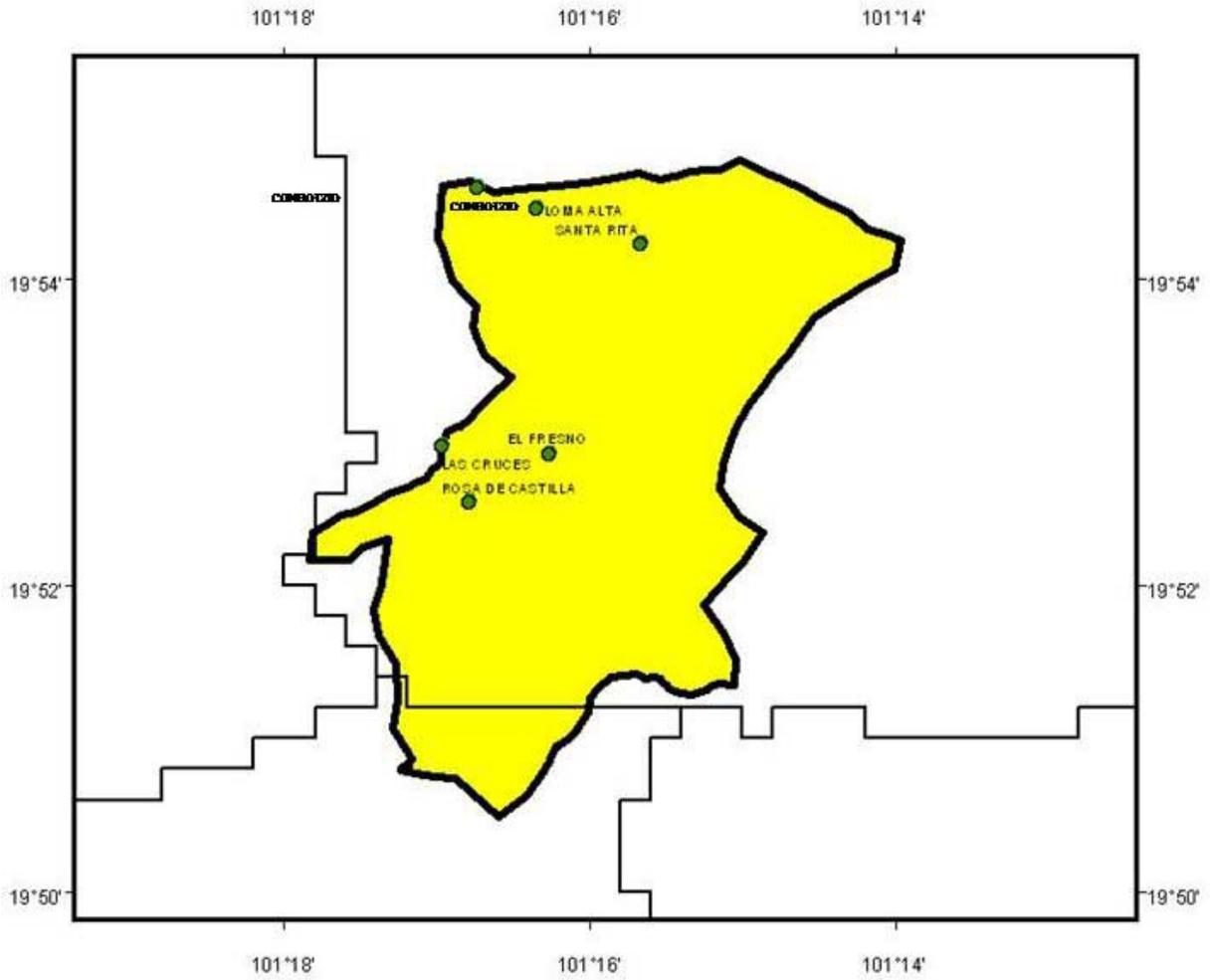


Figura 10. Ubicación de localidades en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 5. Superficie de cada categoría hidrológica.

Categoría	Nombre	Extensión (Km²)
Región hidrológica	Lerma-Santiago-Pacífico	132 703.17
Cuenca	Lerma-Chapala	58,220.21
Subcuenca	Cuitzeo	4,026
Microcuenca	Rosa de Castilla	26.83

2.5. Clima

La definición del tipo de clima se realizó a partir de la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García y con la base de datos agroclimática del INIFAP: Se determinó que el clima es C (W₁) (W) en toda la superficie de la microcuenca y corresponde al Templado subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm. Es el menos húmedo (Figura 11). Este tipo de clima está relacionado al sistema montañoso de la Provincia Neovolcánica Tarasca, ya que ésta funciona como un condensador de la humedad del Océano Pacífico, provocando que ocurran precipitaciones abundantes en dicha sierra.

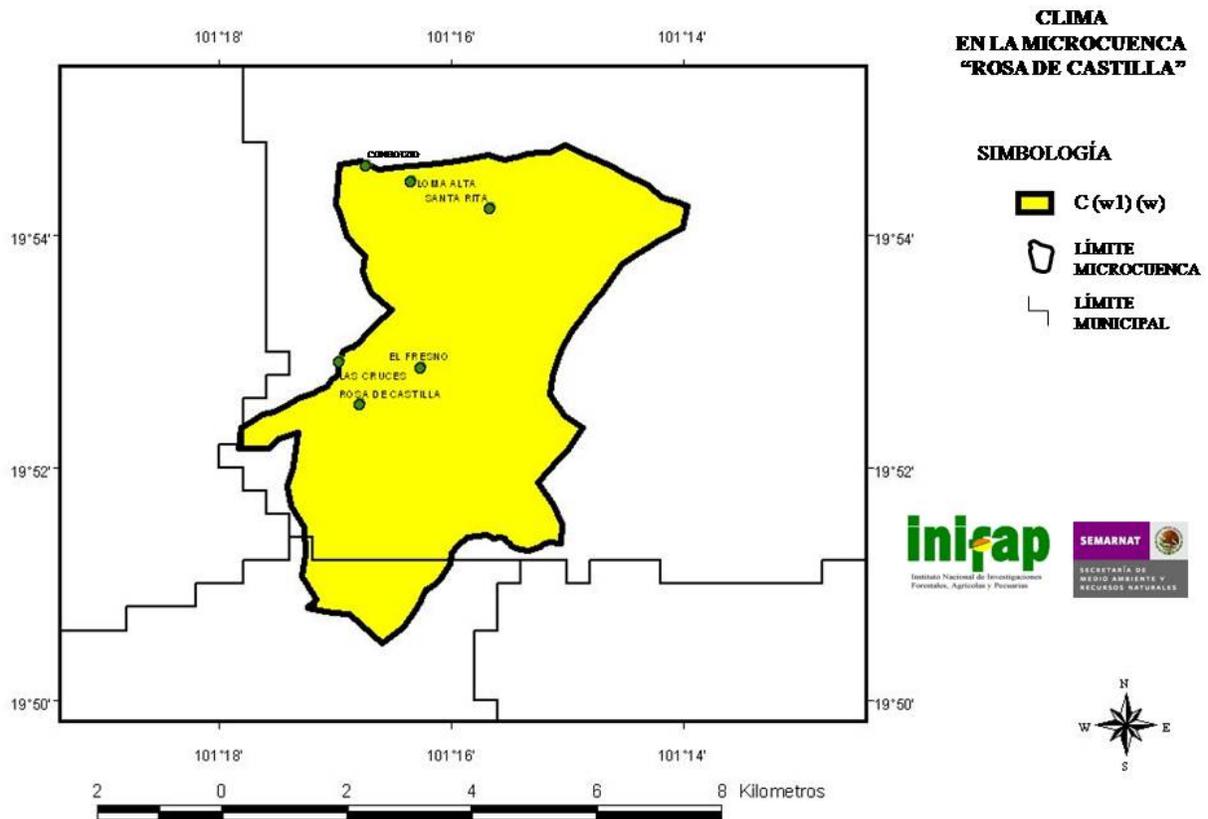


Figura 11. Tipo de clima en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

De acuerdo con la estación climatológica más cercana, El Colegio, municipio de Tarímbaro, Mich., ubicada en 101° 10' de longitud oeste, 19° 47' de latitud norte y 1,948 msnm, la precipitación pluvial anual es de de 786.2 mm, de la cual el 78.79 % se presenta en los meses de junio a septiembre, siendo el mes de julio el de mayor precipitación con 177.1 mm; marzo es el mes de menor presencia de lluvia con 7.0 mm. La temperatura media es de 18.4 con una máxima de 28.4 y una mínima de 8.4 °C., donde las mayores temperaturas se presentan en los meses de abril y mayo, registrándose una máxima en el mes de mayo con 31.9 °C y enero es el mes más frío con una temperatura de 3 °C. (Cuadro 6 y Figura 12).

Cuadro 6. Estadísticas climatológicas normales de la estación El Colegio, Mpio. de Tarímbaro, Michoacán.

Variable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Temperatura máxima media (°C)	26.1	27.8	29.8	30.7	31.9	29.9	28.1	28.0	27.5	27.3	27.3	26.1	28.4
Temperatura máxima maximorum (°C)	30.5	32.0	35.0	35.0	37.0	35.5	33.0	31.5	32.0	33.0	33.0	31.6	37.0
Temperatura mínima media (°C)	3.0	4.3	5.4	7.9	11.1	13.1	12.7	12.4	11.9	9.1	6.2	3.7	8.4
Temperatura mínima minimorum (°C)	-4.0	-4.5	-1.5	1.0	5.0	7.0	8.0	7.0	3.5	-0.5	-4.0	-5.0	-5.0
Temperatura media (°C)	14.6	16.0	17.6	19.3	21.5	21.5	20.4	20.2	19.7	18.2	16.8	14.9	18.4
Temperatura diurna media (°C)	21.2	22.5	24.0	25.1	26.6	25.5	24.2	24.1	23.7	23.1	22.7	21.4	23.7
Temperatura nocturna media (°C)	8.0	9.6	11.2	13.5	16.4	17.4	16.6	16.3	15.7	13.3	10.9	8.5	13.1
Oscilación térmica (°C)	23.1	23.5	24.4	22.9	20.8	16.8	15.5	15.6	15.6	18.1	21.1	22.4	20.0
Precipitación	15.9	7.3	7.0	15.6	39.6	146.6	177.1	153.5	142.3	57.1	16.4	7.7	786.2
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	29.9	24.6	12.9	23.8	34.3	53.0	58.0	65.4	65.3	28.2	34.5	22.5	65.4
Número de días con lluvia	9.2	4.3	3.9	7.1	11.8	23.1	27.5	27.1	23.1	21.9	17.3	15.4	191.8
Evaporación (mm)	92.6	114.3	152.6	149.6	38.8	121.9	107.7	96.2	92.8	86.6	80.9	80.9	1314.9
Evapotranspiración potencial (mm)	64.8	80.0	91.6	89.7	83.3	91.5	80.8	72.1	69.6	65.0	56.6	56.6	901.6
Fotoperiodo (hr)	10.93	11.37	11.89	12.46	12.93	13.19	13.09	12.70	12.16	11.60	11.09	10.82	12.0

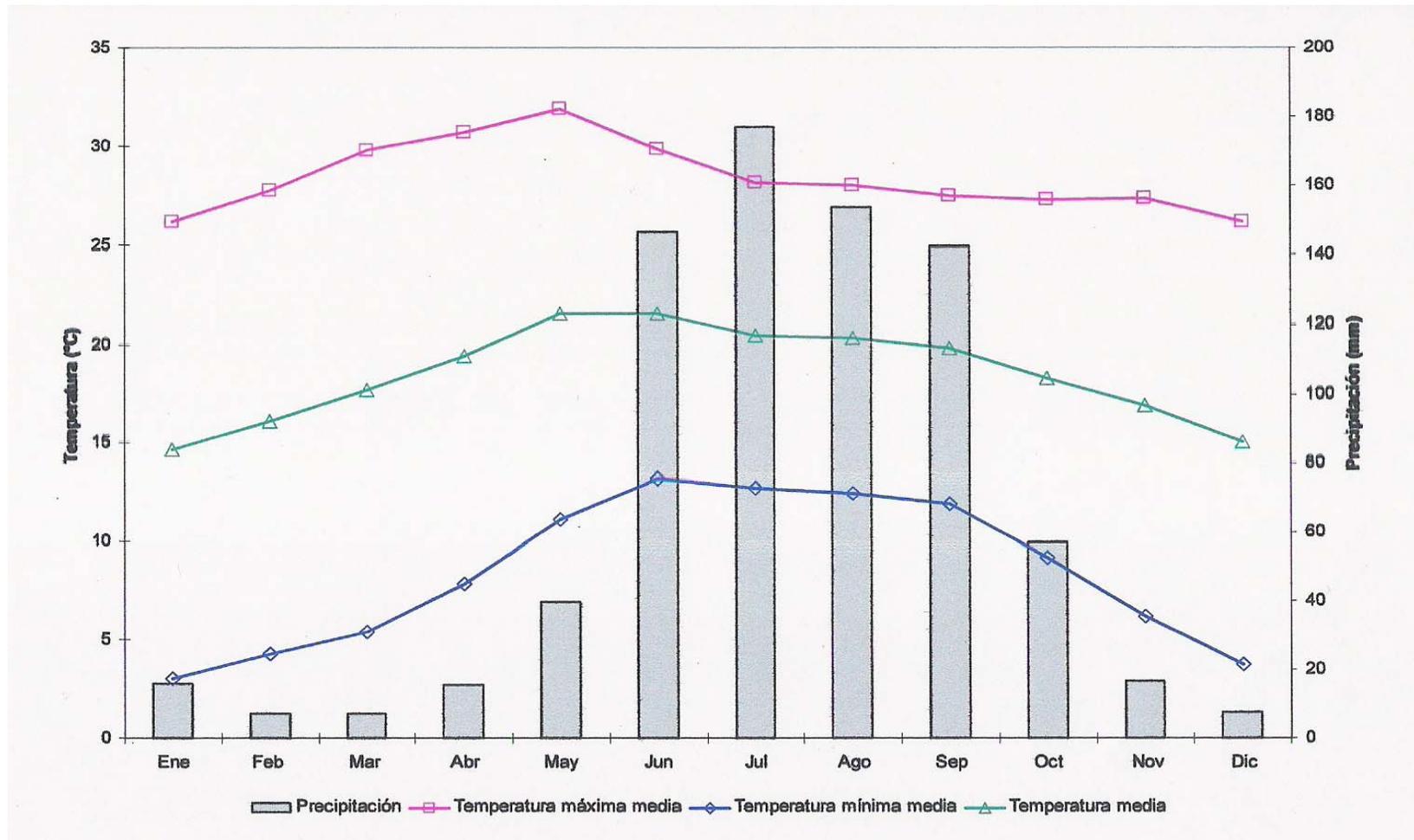


Figura 12. Distribución de precipitación y temperatura de la estación El Colegio, Mpio. de Tarímbaro, Michoacán.

Con la base de datos climatológicos del INIFAP, se generaron mapas donde se observa mínima diferencia en precipitación y temperaturas en la superficie de la microcuenca (Cuadros 7 a 10 y Figuras 12 a 15).

Cuadro 7. Distribución superficial de la precipitación anual en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Precipitación (mm)	Superficie (ha)
< 807	77
807-810	632
810-812	1819
> 812	155
Total	2,683

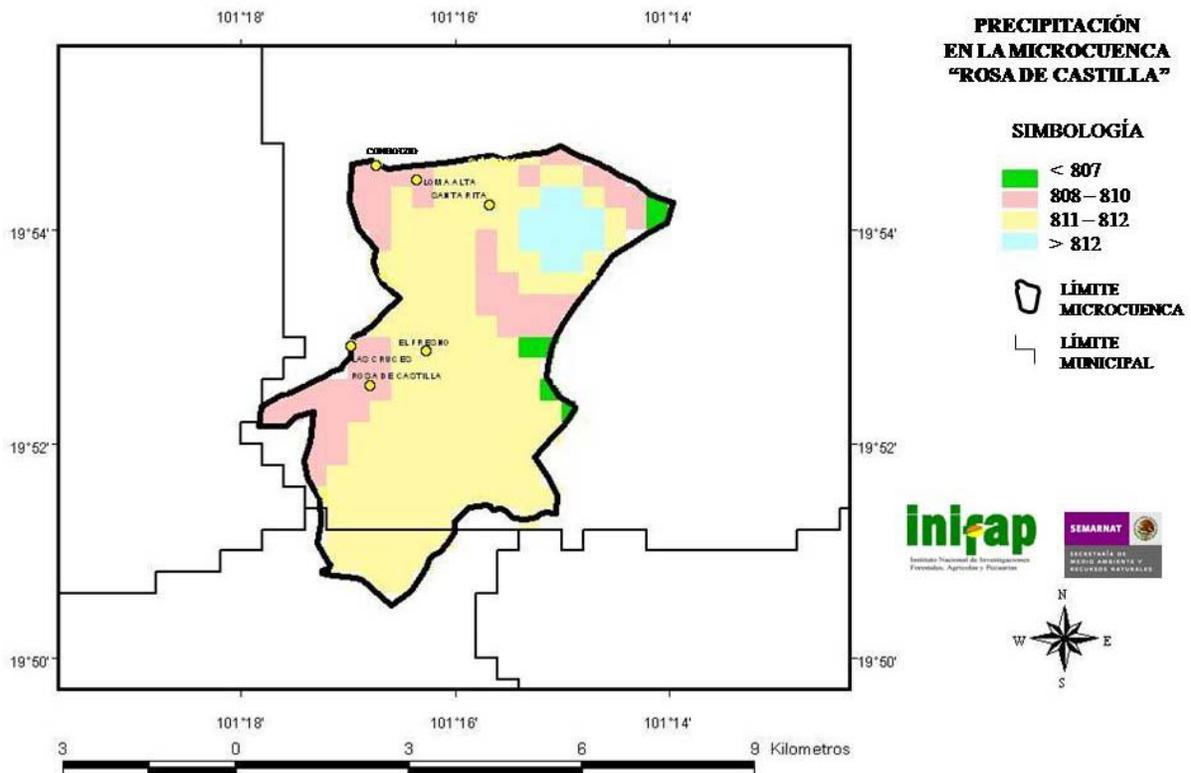


Figura 13. Distribución superficial de la precipitación anual en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 8. Distribución superficial de la temperatura media anual en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Temperatura media anual (°C)	Superficie (ha)
< 13	503
13-14	1058
14-15	464
> 15	658
Total	2683

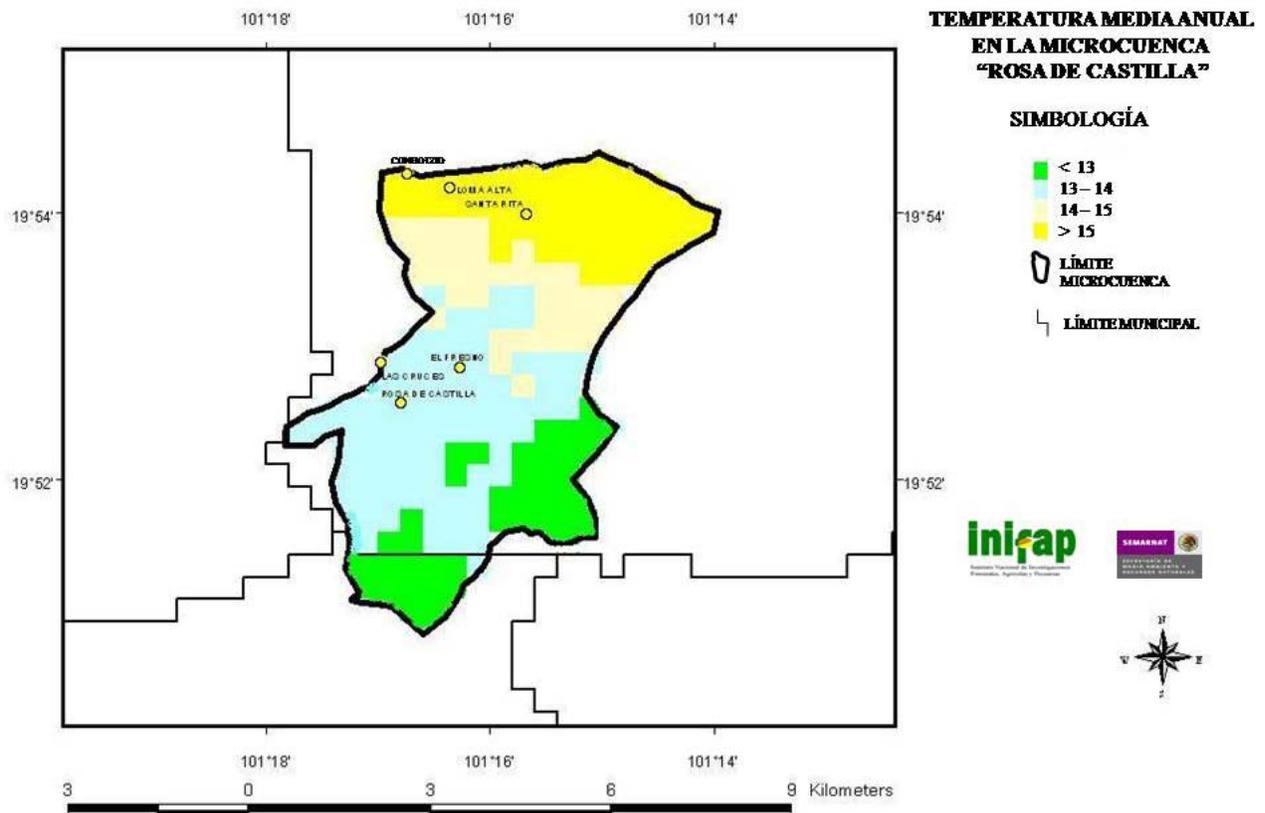


Figura 14. Distribución superficial de la temperatura media anual en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 9. Distribución superficial de la temperatura máxima en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Temperatura máxima (°C)	Superficie (ha)
< 21	722
21-22	968
22-23	684
>23	309
Total	2683

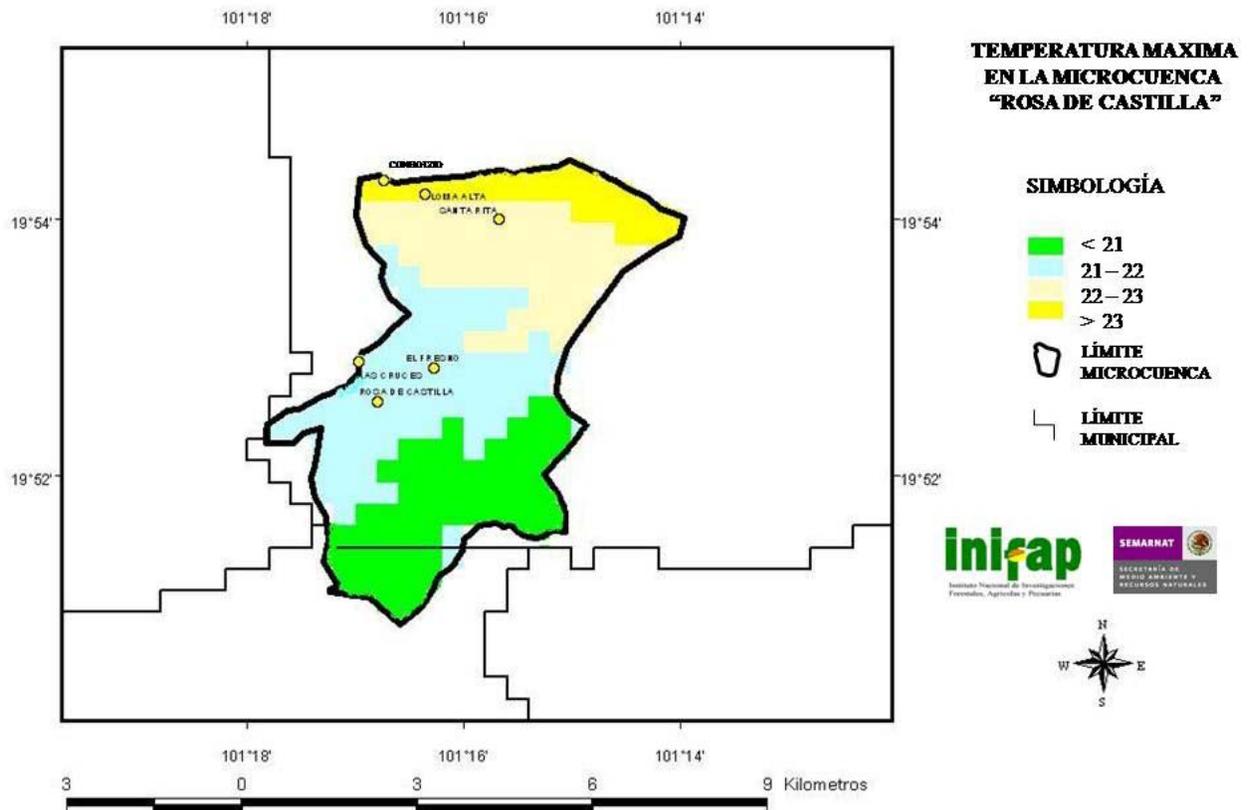


Figura 15. Distribución superficial de la temperatura máxima en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 10. Distribución superficial de la temperatura mínima en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Temperatura mínima (°C)	Superficie (ha)
< 5	310
5-6	1109
6-7	529
> 7	735
Total	2683

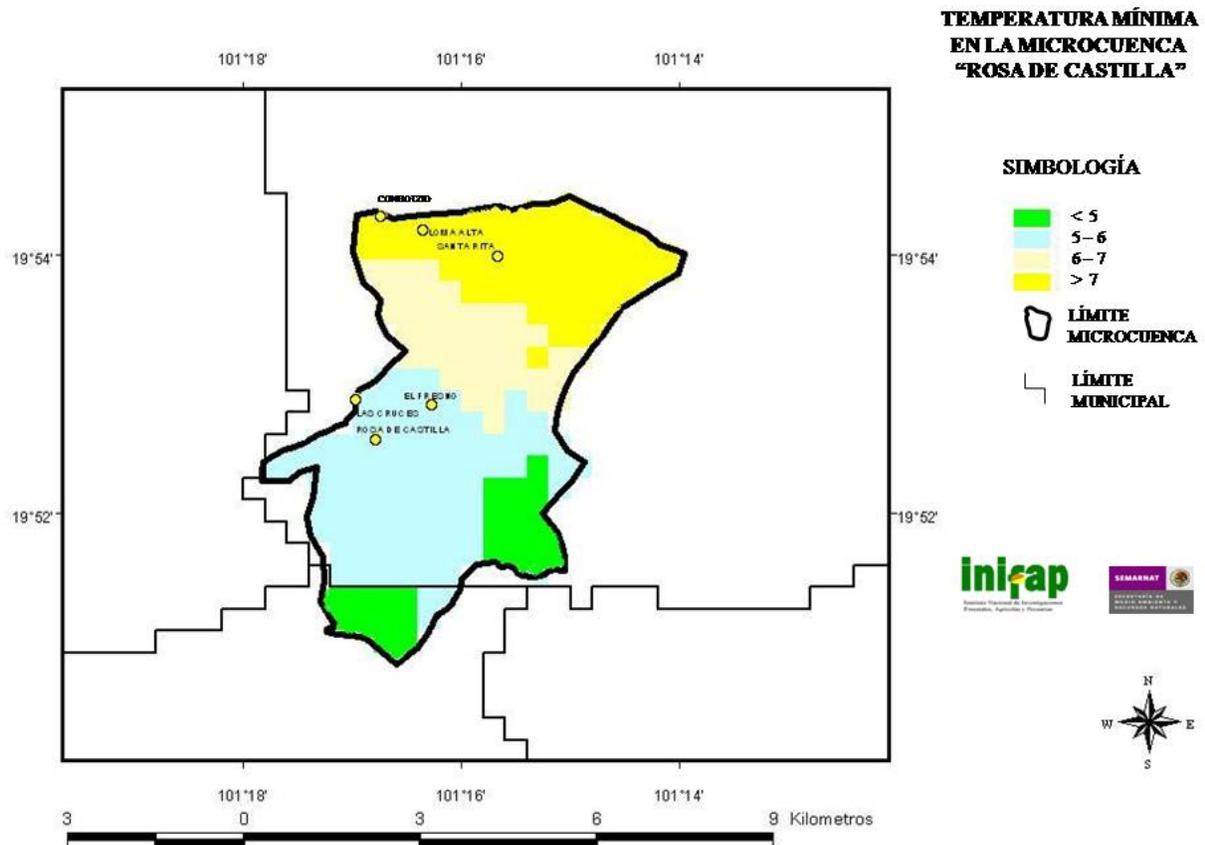


Figura 16. Distribución superficial de la temperatura mínima en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

La temperatura en los meses de establecimiento y crecimiento (junio a octubre) de los cultivos agropecuarios es de 14 a 18 °C y se distribuyen en la superficie de la microcuenca como se observa en el Cuadro 11 y Figura 16. Asimismo, en el período invernal (noviembre a abril) es de 10 a 13 °C (Cuadro 12 y Figura 17). Las unidades calor (10-30) acumuladas en la superficie de la microcuenca son de 900 a 1800 (Cuadro 13 y Figura 18). El período libre de heladas es de 190 hasta 210 días durante el año (Cuadro 14 y Figura 19).

Cuadro 11. Distribución superficial de la temperatura media de junio a octubre en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Temperatura media de junio a octubre (°C)	Superficie (ha)
< 14	51
14-15	1045
15-16	697
> 16	890
Total	2683

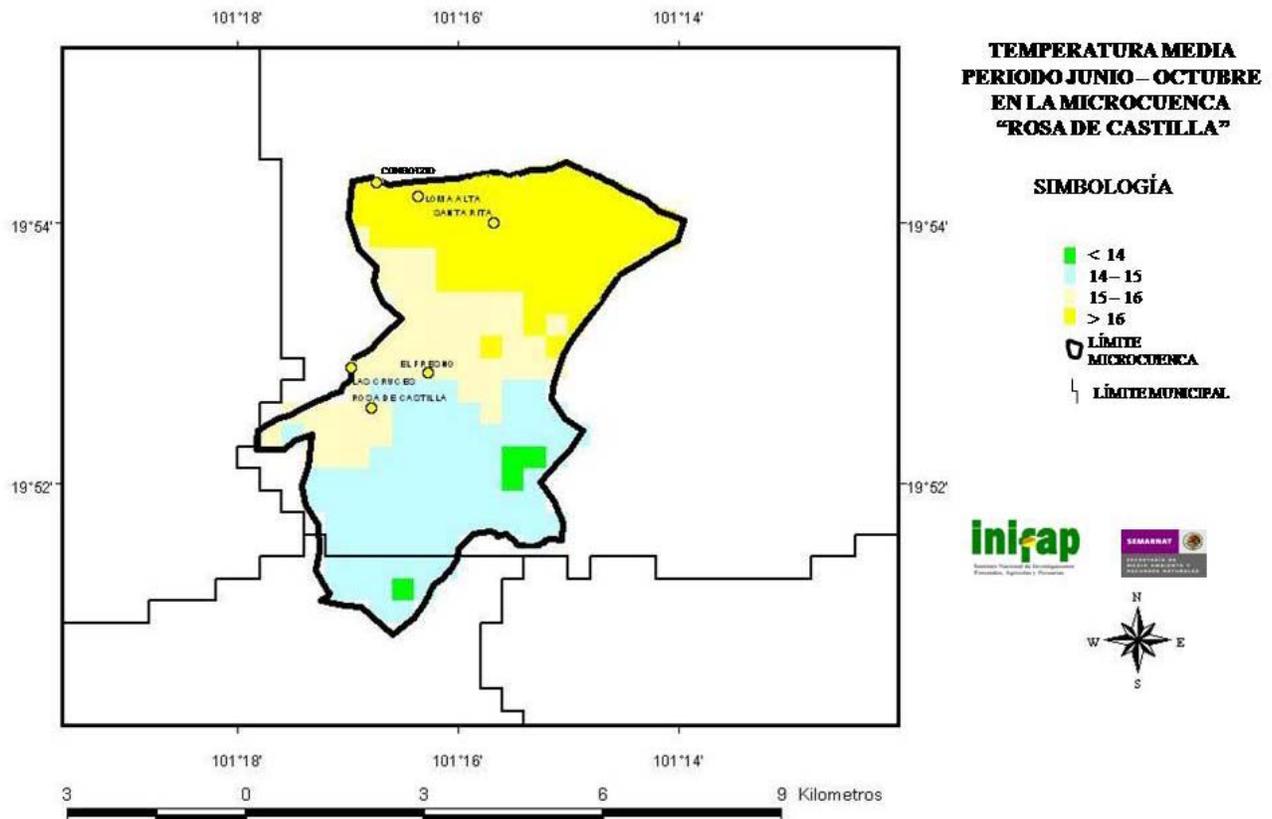


Figura 17. Distribución superficial de la temperatura media de junio a octubre en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 12. Distribución superficial de la temperatura media de noviembre a abril en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Temperatura media de noviembre a abril (°C)	Superficie (ha)
10-11	219
11-12	1213
12-13	529
> 13	722
Total	2683

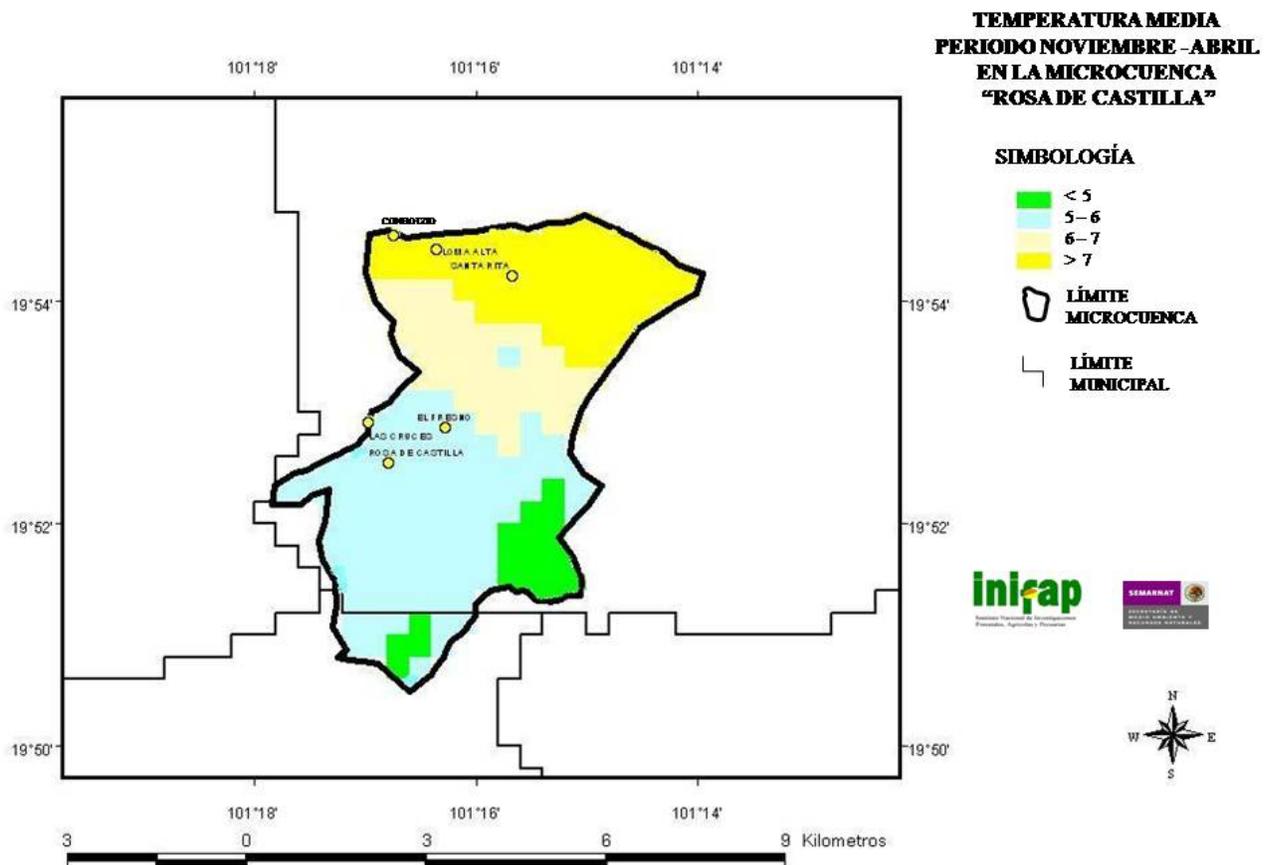


Figura 18. Distribución superficial de la temperatura media de noviembre a abril en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 13. Distribución superficial de las unidades calor (10-30) en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Unidades calor (10-30)	Superficie (ha)
< 900	39
900-1200	826
1200-1500	800
1500-1800	348
> 1800	670
Total	2683

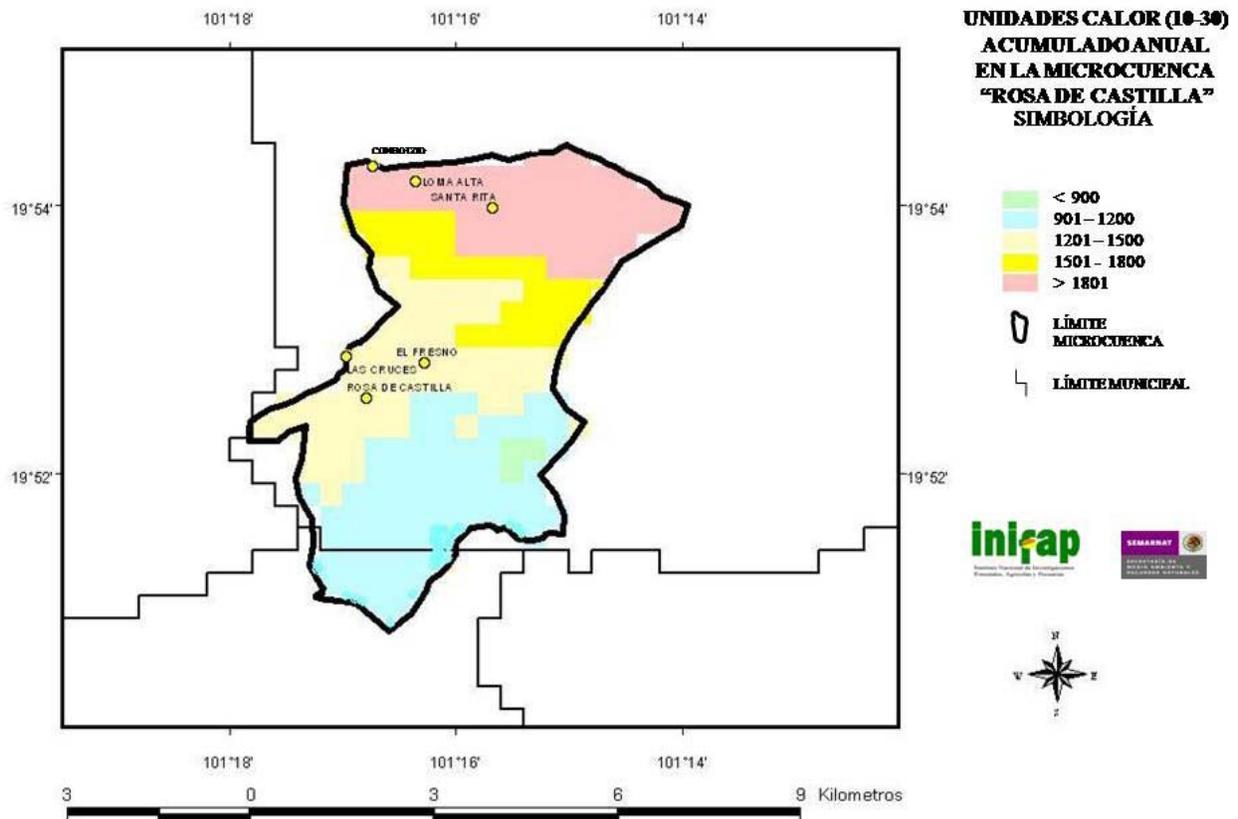


Figura 19. Distribución superficial de las unidades calor (10-30) en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 14. Distribución superficial del periodo libre de heladas en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Periodo libre de heladas	Superficie (ha)
< 190	426
190-200	890
200-110	477
> 210	890
Total	2683

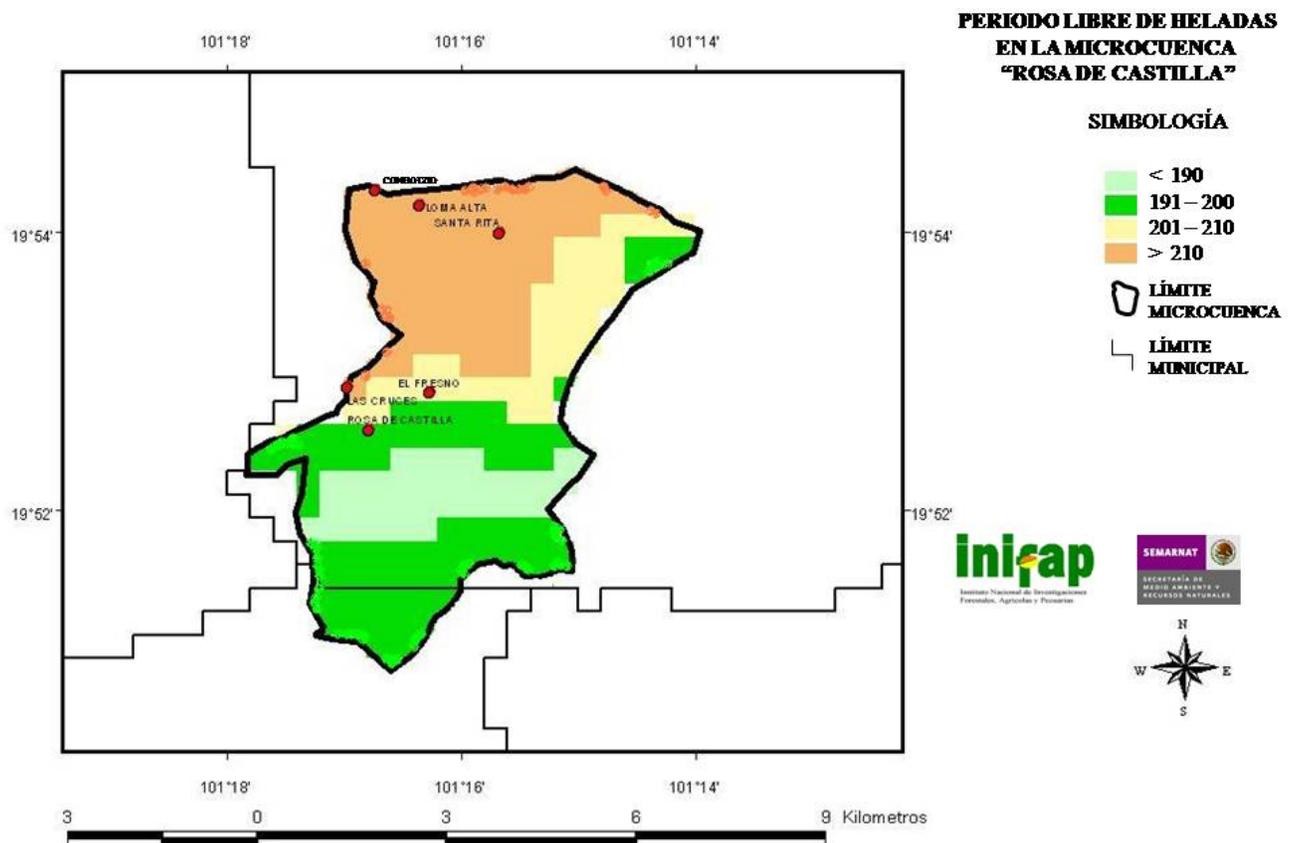


Figura 20. Distribución superficial del periodo libre de heladas en la microcuenca “Rosa de Castilla”, municipio de Copándaro, Mich.

Información meteorológica de estaciones cercanas a la microcuenca Rosa de Castilla.

Estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca Rosa de Castilla se ubican en los municipios de Morelia, Cuitzeo, Tarímbaro, Charo, Zinapécuaro, Indaparapeo y Queréndaro, de las cuales se muestra su ubicación geográfica en el Cuadro 15 y las estadísticas climatológicas en el Anexo 1.

Cuadro 15. Ubicación geográfica de estaciones cercanas a la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Estación	Municipio	Longitud	Latitud	Altitud
Carrillo Puerto	Cuitzeo	101° 05'	19° 55'	1840
Cointzio	Morelia	101° 15'	19° 36'	1950
Cuitzeo	Cuitzeo	101° 19'	19° 58'	1831
Cuitzillo Grande	Tarímbaro	101° 07'	19° 46'	1831
El Temascal	Charo	101° 01'	19° 41'	2099
Huingo	Zinapécuaro	100° 50'	19° 55'	1832
Jesús del Monte	Morelia	101° 07'	19° 40'	2150
Morelia	Morelia	101° 11'	19° 42'	1941
Planta de bombeo Zinzimeo	Álvaro Obregón	100° 59'	19° 53'	1860
Quirio	Indaparapeo	100° 59'	19° 48'	1450
San Miguel del Monte	Morelia	101° 08'	19° 37'	2000
San Sebastián	Queréndaro	100° 57'	19° 49'	1886
Santiago Undameo	Morelia	101° 18'	19° 36'	2000
Zinapécuaro	Zinapécuaro	100° 40'	19° 53'	1920
Teremendo	Morelia	101° 28'	19° 47'	2177

2.6. Altitud

La altitud media de la microcuenca es 2,100 a 2,200 m con una mínima de 1,860 y una máxima de 2,440 m (Cuadro 16 y Figura 21).

Cuadro 16. Distribución superficial de altitud en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Altitud (msnm)	Superficie (ha)
< 1900	579
1900-2000	206
2000-2100	348
2100-2200	322
2200-2300	608
> 2300	620
Total	2683

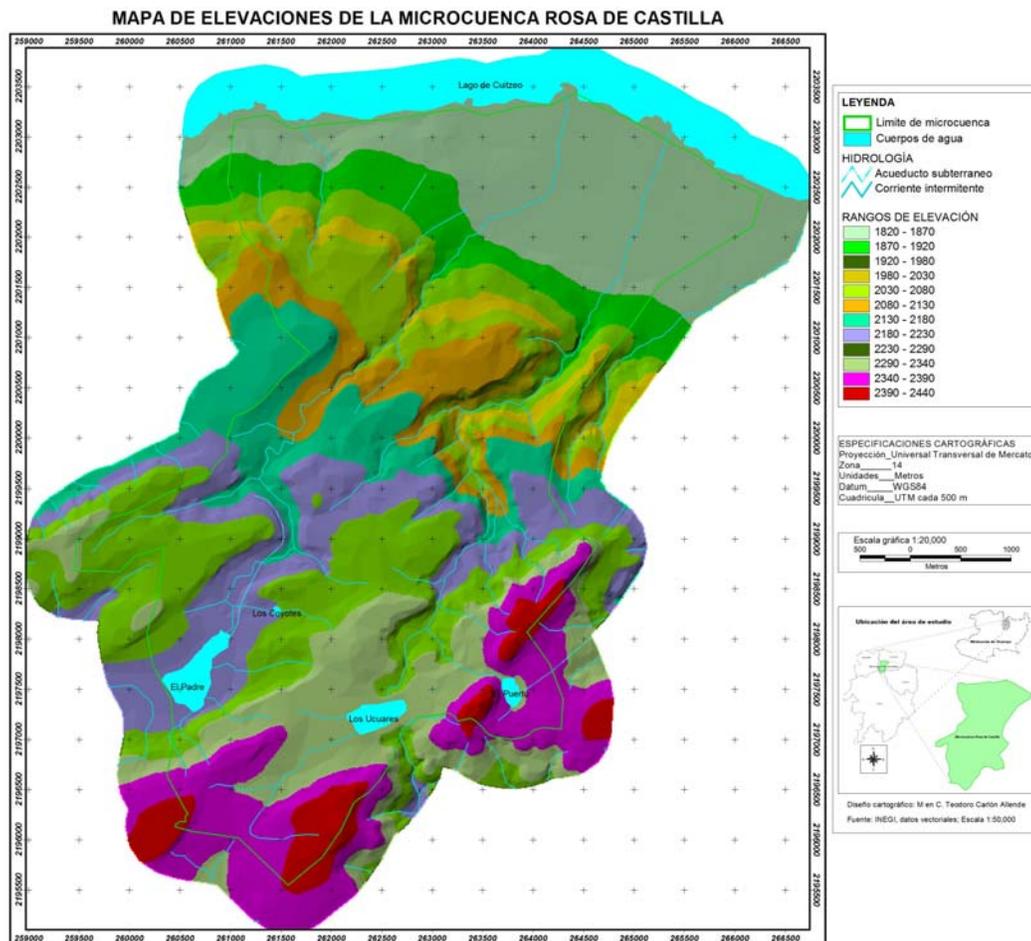


Figura 21. Altitud en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.7. Pendiente

La pendiente en la microcuenca es de menos del 2 % hasta más del 50 %, predominando del 4 a 25 % (Cuadro 17 y Figura 22).

Cuadro 17. Distribución superficial de la pendiente en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Pendiente (msnm)	Superficie (ha)
< 2	193
2-4	503
4-8	529
8-15	800
15-25	555
> 25	103
Total	2683

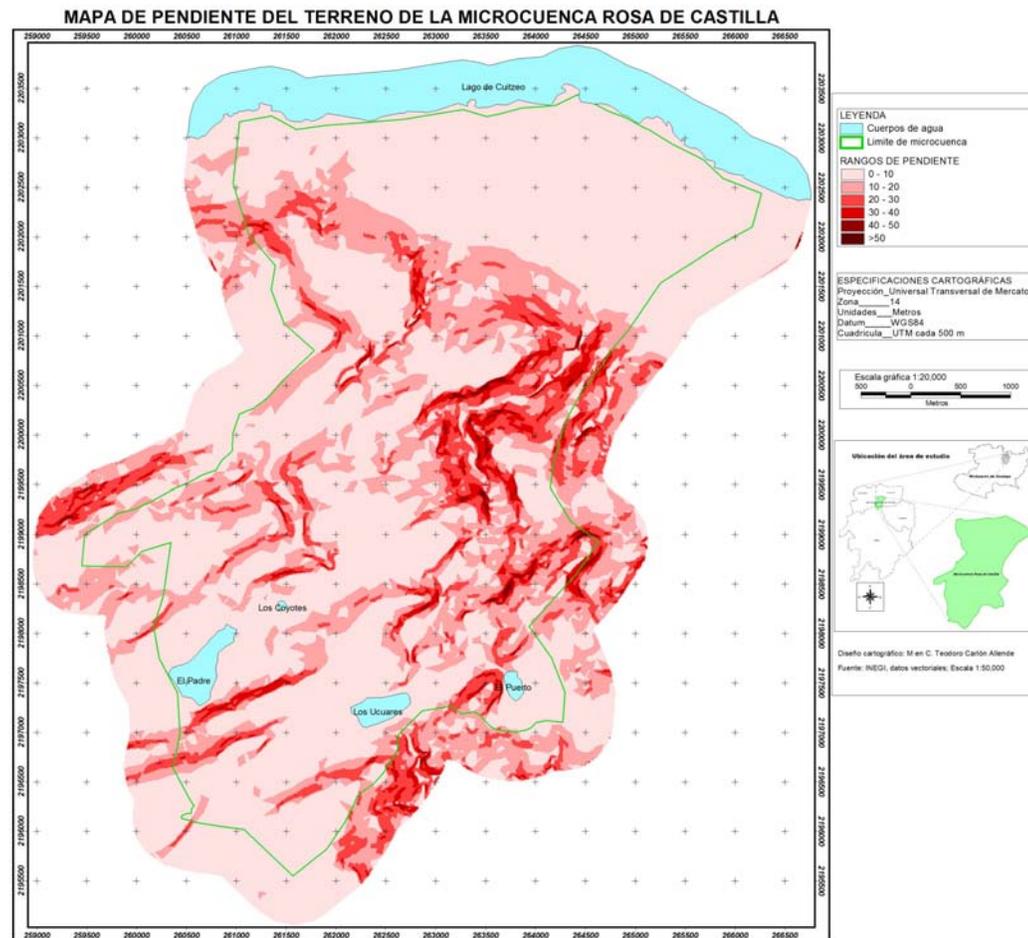


Figura 22. Distribución superficial de la pendiente en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.8. Fisiografía

La microcuenca “Rosa de Castilla” se ubica dentro de la provincia Neovolcánica Tarasca, la cual se extiende de este a oeste ocupando la parte central del estado de Michoacán, su superficie se distribuye en planicies, laderas y barrancas (Figura 23); entre las elevaciones de mayor importancia se localizan los cerros: El Gallinero, Ceja del Padre, El Citún, La Nona, Cerro de la Higuera y Palo de las Gallinas.

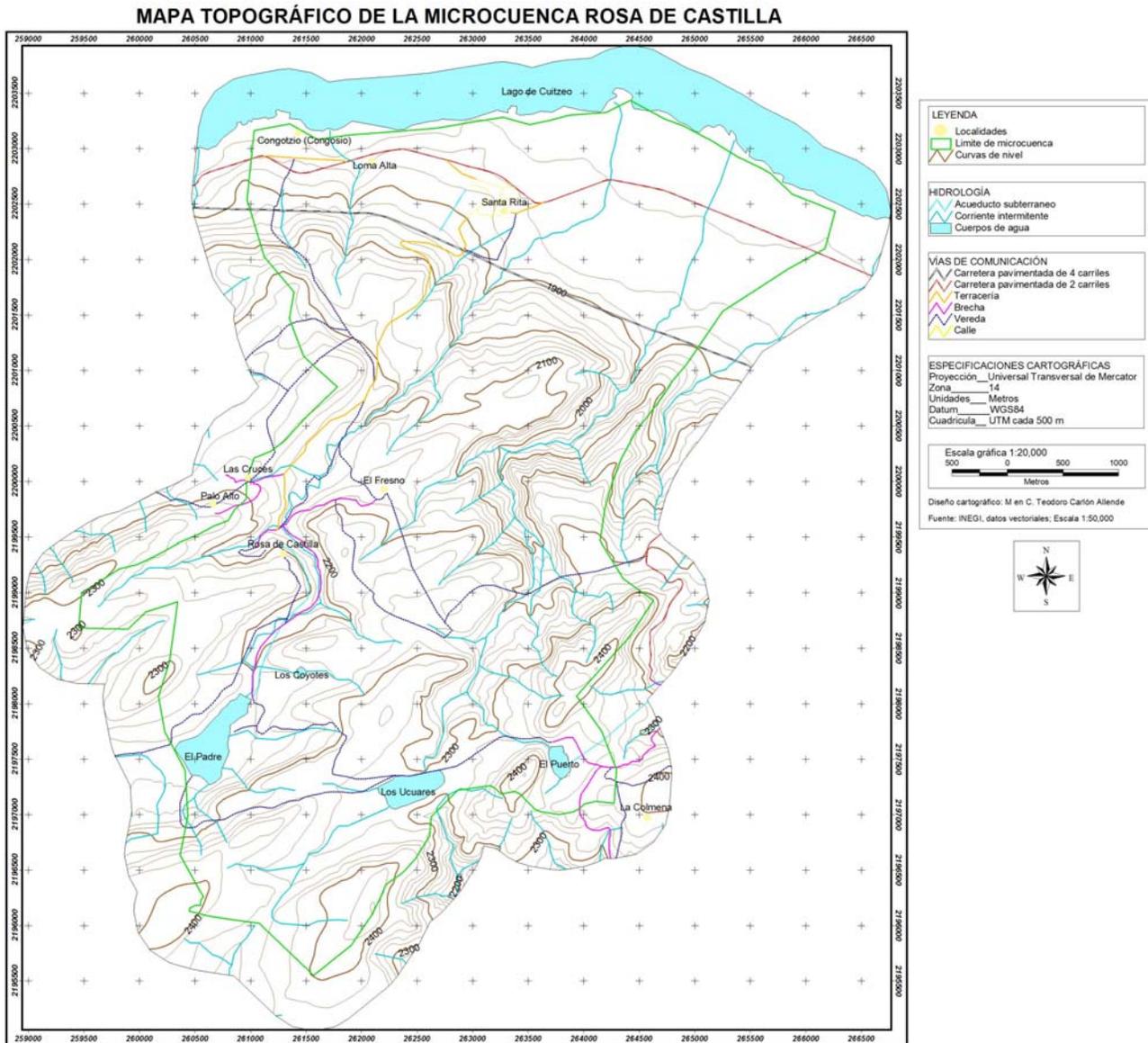


Figura 23. Mapa topográfico de la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.9. Geología

Las rocas predominantes son las de origen ígneo como la toba riolítica y basalto, con áreas en la zona norte y sur de la microcuenca, con suelo de aluvión. Se presentan 10 fallas geológicas, una de las cuales se ramifica (Figura 24).

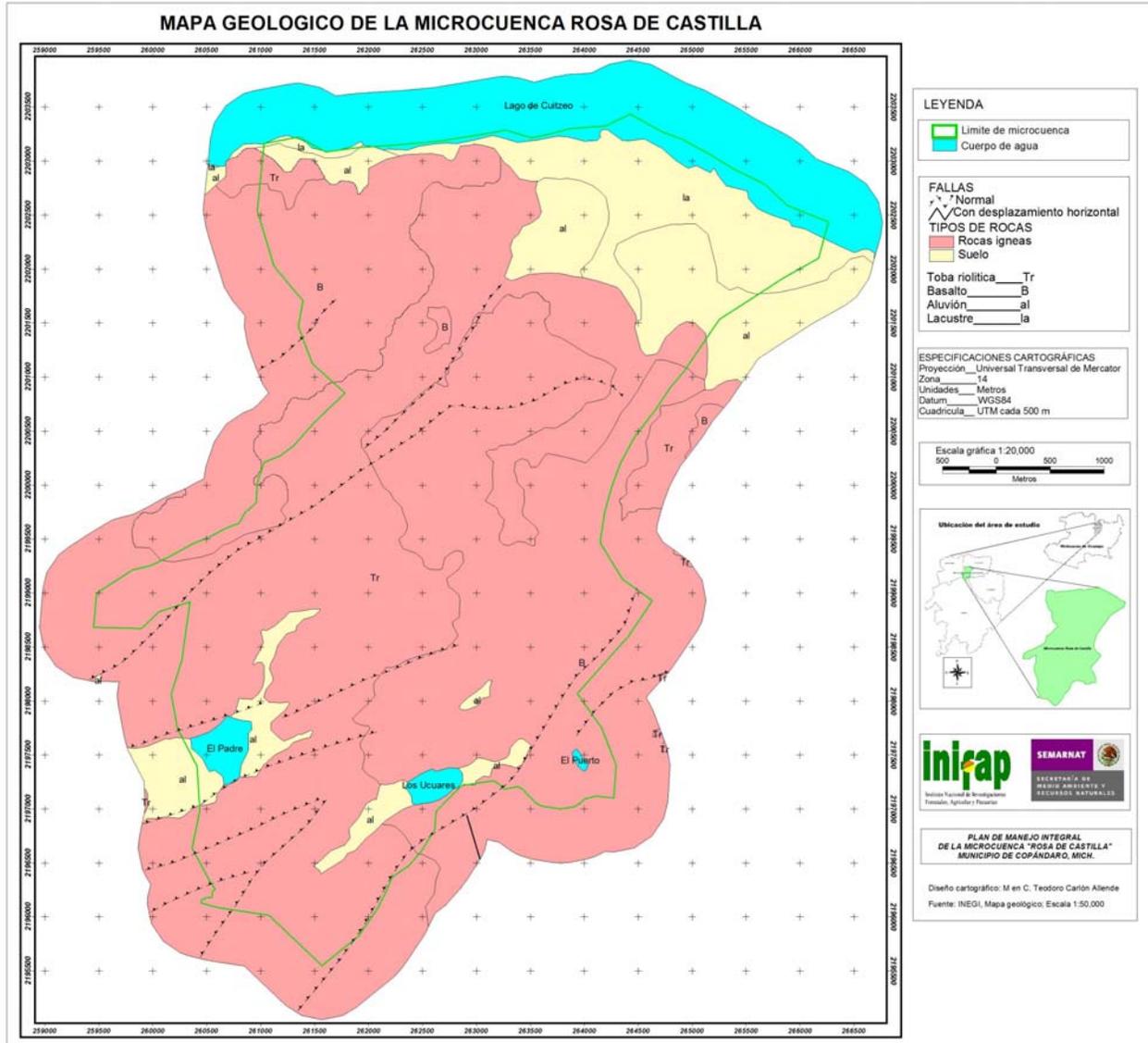


Figura 24. Mapa geológico de la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.10. Suelos

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario y plioceno. Los tipos de suelo presentes en la microcuenca son el Vertisol pélico en el 90% de su superficie, en algunas áreas asociado a Litosol, y también se tiene suelo Feozem en el 10 % de la superficie (Figura 25); el primero se caracteriza por ser suelos ricos en arcilla; y algunos de ellos pedregosos, con hidratación y expansión en húmedo y agrietados cuando secos. Presentan grietas anchas y profundas en la época de sequía, son suelos muy duros, arcillosos, frecuentemente de color negro, gris o rojizo. Su susceptibilidad a la erosión es baja. Presentan capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases altas, por lo que su contenido de calcio y magnesio son altos, los de sodio y potasio son moderados.

El suelo Feozem se encuentra en la parte sur de la microcuenca, son suelos maduros y de orden residual. Por lo general son delgados a medianamente profundos, limitados por roca o una capa de tepetate, son de textura media o arcillosa por lo que son de permeabilidad baja o media, sin problemas de salinidad y sodicidad, con moderado contenido de materia orgánica. Tienen un color pardo grisáceo o gris oscuro, el calcio y magnesio intercambiables están en cantidad de moderadas a altas y las concentraciones de sodio, potasio y fósforo son de bajas a moderadas.

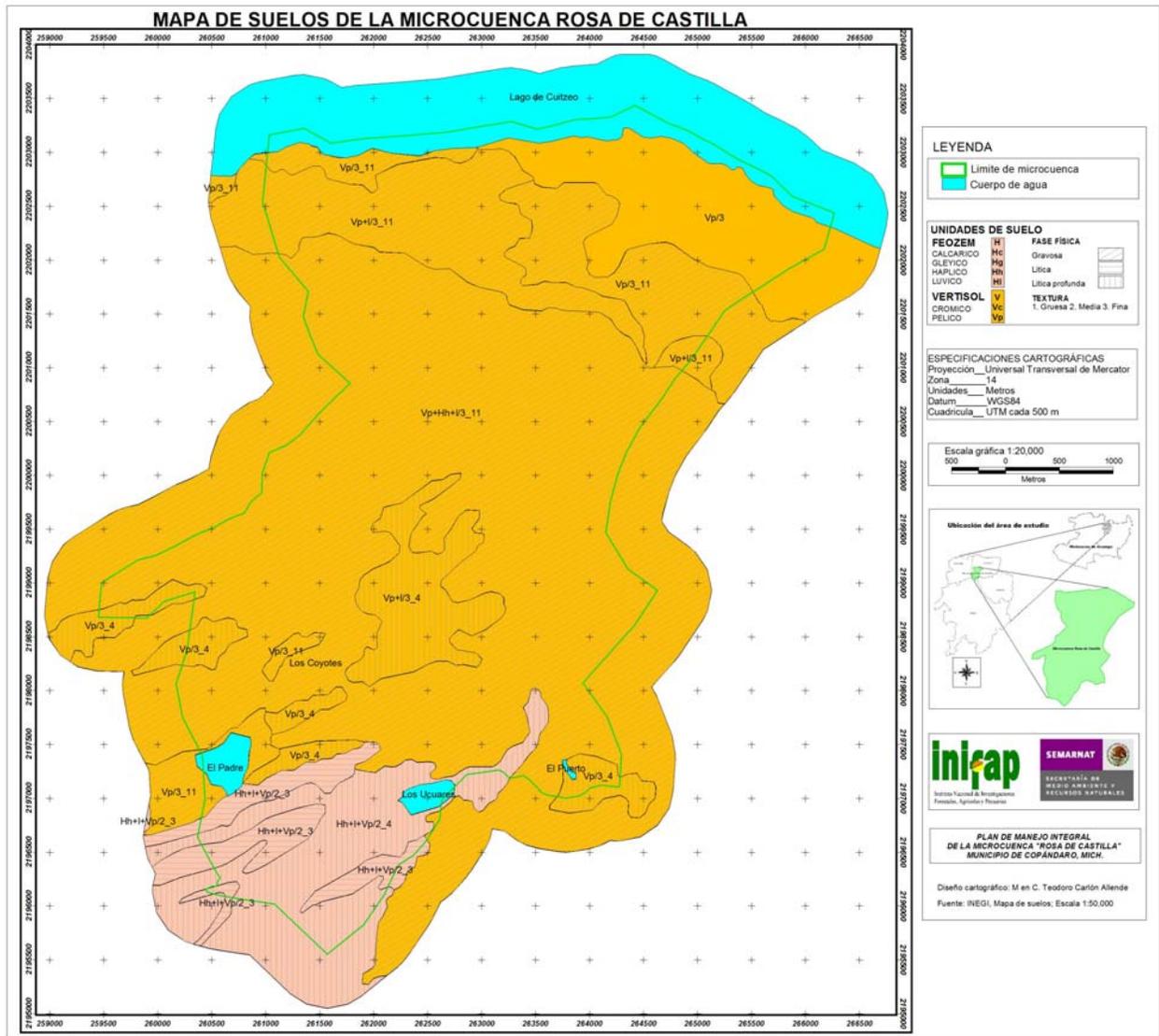


Figura 25. Mapa de suelos de la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.11. Uso de suelo y vegetación

El uso de suelo en la microcuenca “Rosa de Castilla” es agricultura de riego en 426 ha, agricultura de temporal en 400 ha, bosque de encino en 219 ha, matorral subtropical en 838 ha y pastizal inducido en 800 ha (Figura 26).

En el bosque de encino se registran las especies: *Quercus latea*, *Q. obtusata* y *Q. deserticola* (tocuz), *Arctostaphylos pungens*, *Arbutus xalapensis* (madroño), *Dobergia repens*, *M. rigida* (cola de zorra), *Stipa pulchra*, *Bouteloua hirsuta* (navajita), *Bouteloua curtipendula* (navajita banderilla), *B. gracilis*, *Eragrostis neomexicana*, *Muhlenbergia spp* y *Stipa leucotricha*, *Muhlenbergia spp* y *Stipa leucotricha*..

En el matorral subtropical, también clasificado como selva baja caducifolia, se registran las especies: *Bursera excelsa* (copal), *B. morelensis* (cuajote), *Ipomoea intrapilosa* (casahuate), *Myrtillocactus sp* (órgano), *Acacia pennatula* (tepame), *Acacia tortuosa* (huizache), *Celtis pallida* (Cuakil), *Pithecellobium dulce* (pinzán), *Acacia farnesiana* (huizache), *A. tortuosa* (huizache chino), *Opuntia sp* (nopal tapón), *O. guilanchi* (robusta), *Mimosa biuncifera* (uña de gato) y *Eysenhardtia polystachya* (vara dulce). Dentro de las gramíneas más importantes tenemos: *Bouteloua curtipendula* (navajita banderilla), *B. filiformis* (navajita filiforme), *B. hirsuta* (navajita velluda), *Buchloea dactyloides* y *Cynodon dactylon*.

En la ribera del Lago de Cuitzeo y que es el límite norte de la microcuenca "Rosa de Castilla", se presentan pastos halófitos asociados a relictos de bosque de *Prosopis* (mezquites) con especies como *Prosopis laevigata* (mezquite), *Pithecellobium dulce* (pinzán), *Acacia farnesiana* (huizache), *A. tortuosa* (huizache chino). En el estrato herbáceo se encuentran las siguientes gramíneas: navajita (*Bouteloua filiformis*; *B. glandulosa*), navajita banderilla (*B. curtipendula*), zacate popotillo (*Andropogon barbinodis*), zacate flechilla (*Stipa sp*), zacate búfalo (*Buchloea dactyloides*), zacate tres barbas (*Aristida divaricata*), zacate temprano (*Setaria macrostachya*), pata de gallo (*Cynodon dactylon*) y *Eragrostis neomexicana*.

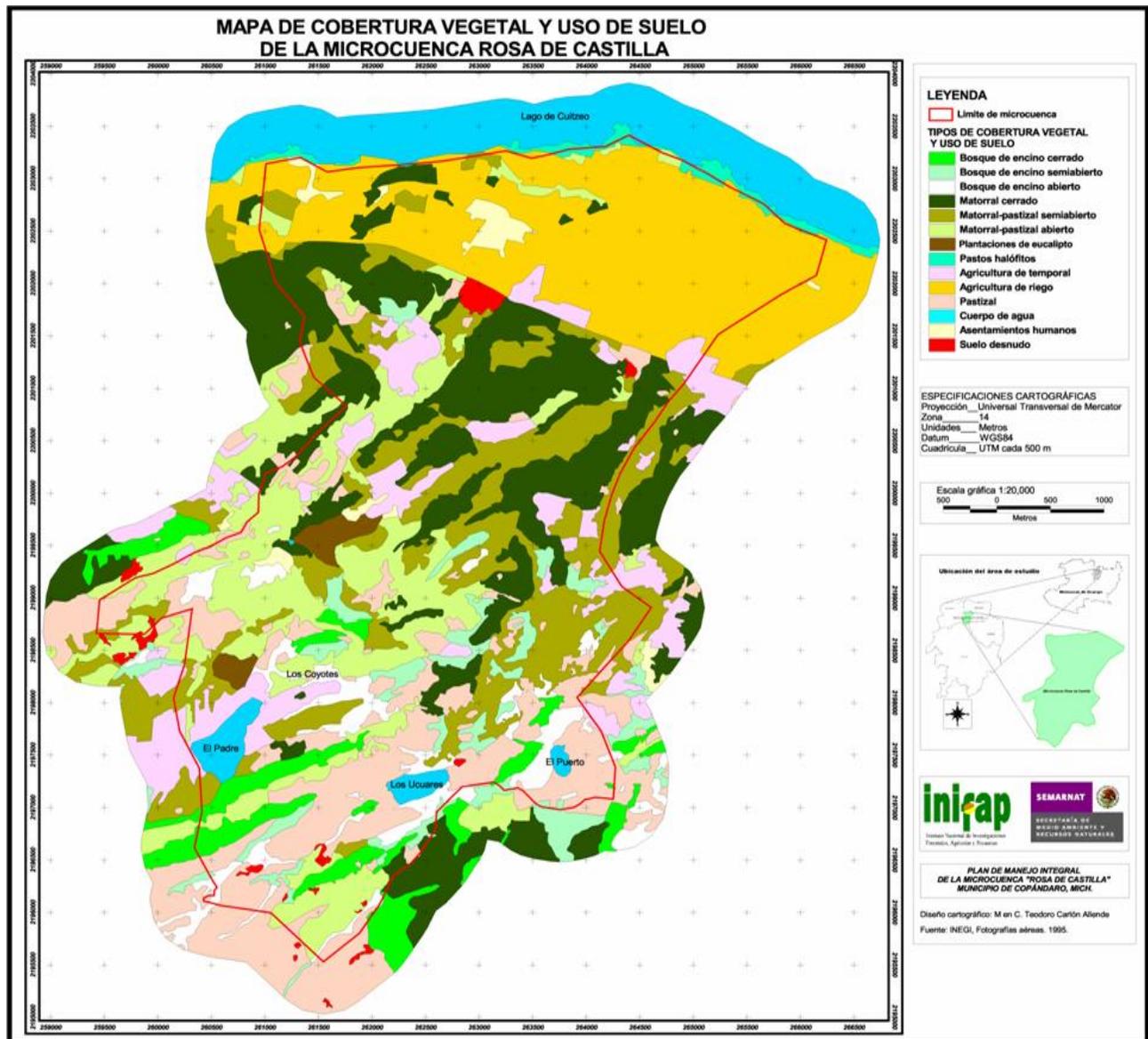


Figura 26. Tipo de vegetación y uso de suelo en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

2.12. Evaluación de la vegetación

En base al mapa de vegetación y uso del suelo y con la finalidad de obtener la información de la vegetación se realizaron 30 muestreos al azar (Figura 27) con sitios 1000 m² en bosque de encino y plantación de eucalipto; con la técnica de muestreo sin parcelas (en éste caso cuadrante del punto central) se evaluó el matorral subtropical y la asociación matorral subtropical-pastizal.

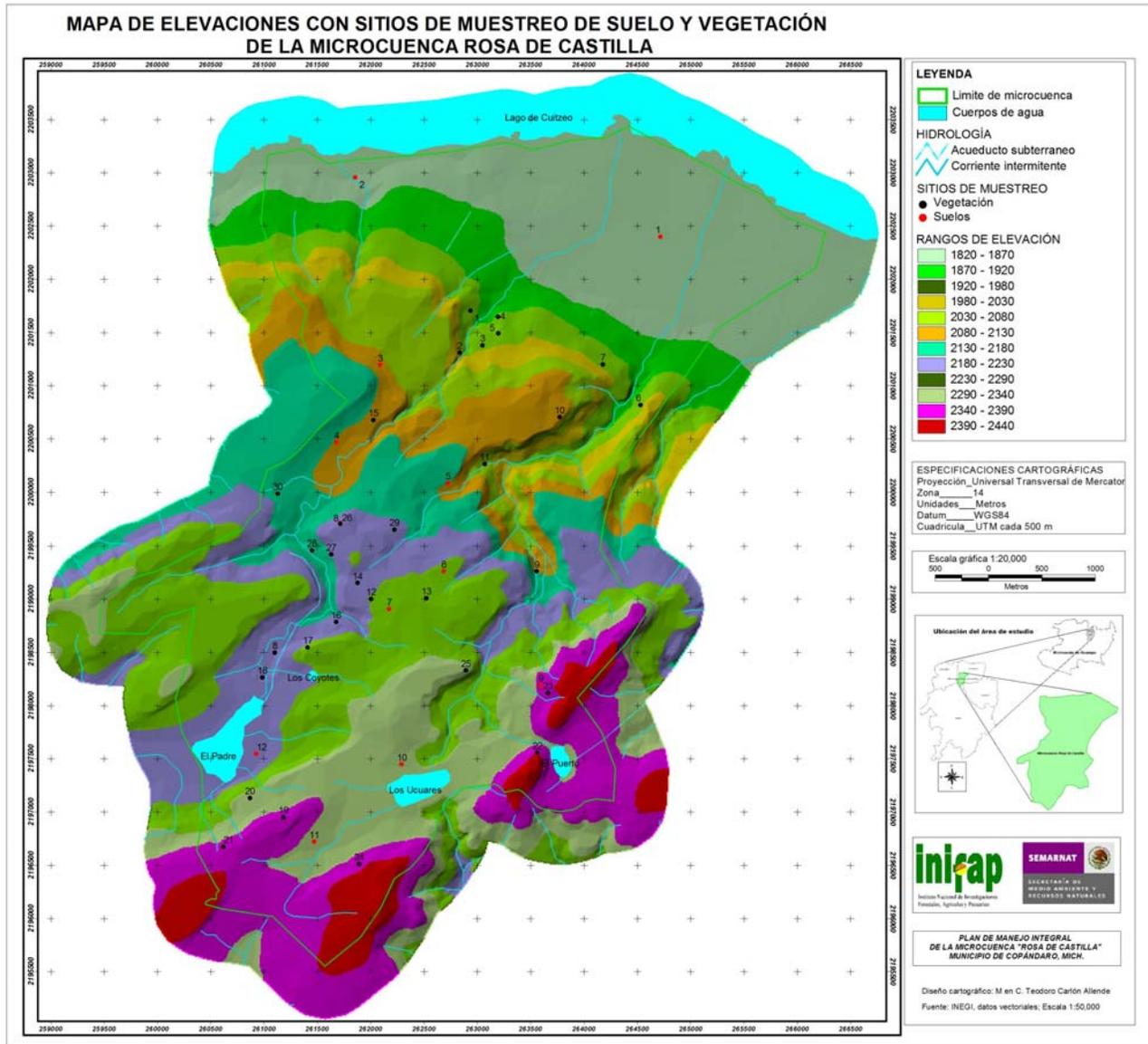


Figura 27. Sitios de muestreo de vegetación y suelos en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Las técnicas de muestreo sin parcelas están mejor adaptadas para el muestreo de comunidades en las que las plantas individuales están ampliamente esparcidas o las plantas son leñosas, del tamaño de los arbustos o mayores. La técnica del muestreo por cuadrante del punto central, consiste en localizar primeramente una serie de puntos aleatorios dentro del sitio de muestreo o a ser muestreado, en muchos casos es satisfactorio escoger puntos al azar a lo largo de una serie de transectos de línea que pasen a través del sitio. El área alrededor de cada punto es dividida en cuatro partes iguales o cuadrantes, esto puede ser hecho o si es usado un transecto de línea y una segunda línea perpendicular a la primera a partir del punto fijado.

Se localiza al individuo más cercano al punto de cada cuadrante y se registra su especie, área de cobertura aérea y la distancia del punto a la planta. El área de cobertura aérea o basal puede ser determinada a partir de medidas de diámetro o de su circunferencia. La distancia punto-planta deberá ser medida a partir del punto central a el centro de la copa o centro del tallo o del cuello radicular y no del margen de éstas.

En el sumario de los datos de muestreo, las distancias punto-planta deben ser totalizadas, primero para todas las especies y todos los puntos y promediados para dar la distancia media punto-planta (entre planta y planta), este valor al cuadrado nos da el área media por planta, la cual representa el área promedio de superficie terrestre sobre la cual ocurre una planta.

La densidad total de las plantas en el área muestreada, es obtenida dividiendo la unidad de área en base a la cual es expresada la densidad entre el área media por planta, estimada con fórmula:

Densidad total para todas las especies= unidad de área/(distancia media punto-planta)

La densidad para cada una de las especies, se obtiene con los valores de coberturas aéreas para los individuos de cada especie; se suman y dividen entre el número de cada especie, lo que da los valores promedio de dominancia de las distintas especies.

A partir de estos datos, los valores absolutos y relativos para densidad, dominancia y frecuencia, conjuntamente, con valor de importancia para cada especie pueden ser determinados mediante las fórmulas siguientes:

Densidad relativa:

(número de individuos de una especie/total de individuos de cada especie) (100)

Densidad:

(densidad relativa de una especie/100) (densidad total para todas las especies)

Dominancia:

(densidad de una especie) (valor de promedio de dominancia de la especie)

Dominancia relativa:

(dominancia para una especie/dominancia total para todas las especies) (100)

Frecuencia:

(número de puntos en que ocurre una especie/número total de puntos muestreados)

Frecuencia relativa:

(valor de frecuencia para una especie/total de valores de frecuencia para todas las especies) (100)

Valor de importancia:

(densidad relativa + dominancia relativa + frecuencia relativa)

Los resultados de muestreo de vegetación se presentan en los Cuadros 18 al 21.

Cuadro 18. Resultados de muestreo en bosques de encino en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

Especie o asociación	Densidad (plantas/ha)			DAP (cm)			Altura (m)		
	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
Quercus latea	1000	1100	900	15.4	16.5	14.3	11.7	13.3	10.0
Quercus deserticola	1200	1600	800	47.3	49.6	46.6	4.9	5.6	4.3
Quercus latea- Quercus deserticola	800	800	800	14.3	14.5	14.0	7.5	9.0	6.0
Quercus latea-Q. obtusata	1750	2100	1400	10.9	14.3	8.0	5.4	6.0	4.6
Quercus latea-Q. obtusata-Arbutus sp	2000	2000	2000	13.8	13.0	10.50	7.5	9.0	6.0

Cuadro 19. Resultados de muestreo en plantaciones de eucalipto en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

Especie o asociación	Densidad (plantas/ha)			DAP (cm)			Altura (m)		
	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
Eucalyptus camandulensis	1900	3600	900	15.7	36.3	8.6	12.8	16.0	9.3

Cuadro 20. Resultados de muestreo en matorral subtropical en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Especie	Densidad (plantas/ha)	Densidad relativa (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Valor de Importancia
Palo dulce	394	21	930	16.9	0.55	15.63	17.84
Casahuate	300	16	861	15.6	0.45	12.78	14.79
Zicua	170	9	702	12.7	0.18	5.11	4.74
Huizache	170	9	451	8.2	0.36	10.23	9.14
Jara pólvora	131	7	118	2.1	0.18	5.11	4.74
Tepame	131	7	419	7.6	0.27	7.67	7.42
Pico de pájaro	94	5	230	4.2	0.27	7.67	5.62
Cola de Zorra	94	5	108	2.0	0.27	7.67	4.89
Copal	94	5	517	9.4	0.27	7.67	7.36
Cuakil	37	2	192	3.5	0.09		2.69
Pelamans	37	2	130	2.4	0.09	2.56	2.32
Calzadilla	37	2	126	2.3	0.09	2.56	2.29
Lantrisco	37	2	111	2.0	0.09	2.56	2.19
Granjeno	37	2	111	2.0	0.09	2.56	2.19
Palo blanco	37	2	296	5.4	0.09	2.56	3.32
Vara prieta	37	2	111	2.0	0.09	2.56	2.19
Huizache chino	37	2	96	1.7	0.09	2.56	2.09

Cuadro 21. Resultados de muestreo en la asociación matorral subtropical-pastizal en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Especie	Densidad (plantas/ha)	Densidad relativa (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Valor de Importancia
Huizache chino	201	63	872	69.87	1.0	44.44	59.10
Jara pólvora	78	25	230	18.43	0.75	33.33	25.58
Huizache	20	6	66	5.29	0.25	11.11	7.47
Pico de pájaro	20	6	80	6.41	0.25	11.11	7.84

2.13. Muestreo de suelos

Con la finalidad de caracterizar los suelos en la microcuenca "Rosa de Castilla" se tomaron 12 muestras en los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo, las cuales se enviaron para su análisis a un laboratorio (Anexo 2).

Los resultados de los análisis indican el pH en suelos con agricultura de riego es neutro a moderadamente ácido, en agricultura de temporal es ácido a muy ácido, en matorral subtropical y bosque de encino es ácido a moderadamente ácido, en plantación de eucalipto es muy ácido, en matorral-pastizal y pastizal es ácido.

En el total de los sitios los suelos son no salinos y en materia orgánica se registra niveles de bajo a medio, excepto en bosque de encino y matorral subtropical-pastizal que es de moderadamente alto a muy alto.

En la textura se registra que en el total de las condiciones son suelos francos, excepto en el noroeste de la microcuenca en agricultura de riego es de textura arcillosa.

En cuanto a elementos mayores (N, P, K, S, Ca y Mg) en el total de los sitios se reporta niveles de muy bajo a moderadamente bajo.

2.14. Coeficientes de agostadero

Estudios realizados por COTECOCA registran coeficientes de agostadero para los tipos de vegetación presentes en la microcuenca "Rosa de Castilla":

En el Matorral subtropical o selva baja caducifolia en cerriles, se reporta que en la condición "buena" en años de precipitación pluvial normal y en base a vegetación nativa, produce 738.381 Kg de materia seca (M.S.) utilizable por ha, correspondiéndole un coeficiente de agostadero de 6.637 ha por unidad animal al año (Cuadro 22).

Cuadro 22. Coeficientes de agostadero en matorral subtropical en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Condición	Coeficiente de agostadero
Excelente	6.11
Buena	6.67
Regular	8.28
Pobre	11.81

En bosques de encino en años de precipitación pluvial normal y para la condición "buena", produce 395.582 Kg de forraje utilizable por hectárea equivalente a un coeficiente de agostadero de 12.45 ha por unidad de animal al año (Cuadro 23).

Cuadro 23. Coeficientes de agostadero en bosques de encino en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Condición	Coeficiente de agostadero
Excelente	10.34
Buena	12.45
Regular	15.63
Pobre	19.85

En bosque de mezquite con precipitación pluvial normal, en condición "buena" y en base a vegetación nativa, produce 570.023 Kg de forraje utilizable por ha referido a materia seca, correspondiéndole un coeficiente de agostadero de 8.64 ha por unidad animal al año (Cuadro 24).

Cuadro 24. Coeficientes de agostadero en bosques de mezquite en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Condición	Coeficiente de agostadero
Excelente	6.53
Buena	8.64
Regular	11.82
Pobre	16.04

Generalmente las cárcavas se forman debido a las actividades antropogénicas y factores físicos como son el uso inapropiado del suelo y de la cubierta vegetal, características del suelo, intensidad y cantidad de lluvia, topografía, tamaño y forma de la cuenca, longitud y gradiente de laderas, entre otros. Los sedimentos pueden afectar de varias maneras los diferentes usos del agua: en fuentes de agua para uso y consumo humano, los sedimentos crean problemas de sabor, olor y contaminación (a las partículas de suelo se pueden adherir residuos químicos y patógenos), obstruyen los sistemas de distribución y de tratamiento de aguas, aumentan los costos de tratamiento y contaminan los reservorios, reduciendo la vida de los embalses naturales o artificiales.

En la microcuenca "Rosa de Castilla" se localizan y evaluaron 17 cárcavas con el propósito de caracterizarlas y determinar su impacto como fuentes de sedimento y proponer medidas para su control.

Para caracterizar las cárcavas se midieron en campo diferentes parámetros morfológicos como: profundidad, ancho y longitud, de acuerdo a la metodología propuesta por Stocking y Murnaghan (2001). Estas variables se midieron en puntos específicos donde el cauce mostró cambios abruptos en su sección transversal.

Los resultados indican que la profundidad de las cárcavas es 1.8 en promedio con un máximo de 11.5 y un mínimo de 1.0 m, el ancho con dimensiones de 14.7, 30.3 y 2.7; la longitud del cauce de las cárcavas son: 189.8, 573.5 y 33.7, respectivamente. El volumen promedio es de 14, 542.9 con valor máximo de 81,151.9 y mínimo de 2,037.5 m³ y un volumen total de 247,229.2 m³ (Cuadro 25).

Cuadro 25. Ubicación y datos morfométricos de las cárcavas en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Cárcava	Latitud	Longitud	Altitud	Profundidad	Ancho	Longitud	Volumen
---------	---------	----------	---------	-------------	-------	----------	---------

No.			(msnm)	(m)	(m)	Cauce (m)	(m ³)
1	19° 50' 55.1"	101° 17' 2.2"	2310	2.1	11.8	148.4	11,282.5
2	19° 50' 56"	101° 17' 0.4"	2300	1.1	2.9	255.5	16,453.0
3	19° 50' 55.5"	101° 17' 0.4"	2300	2.9	2.7	224.0	20,199.8
4	19° 50' 59.8"	101° 16' 56.3"	2360	2.0	9.4	549.0	81,151.9
5	19° 51' 1.4"	101° 16' 54.2"	2300	2.3	18.5	573.5	30,441.2
6	19° 50' 58.8"	101° 16' 33.4"	2230	1.3	27.9	235.0	11,507.4
7	19° 50' 59.3"	101° 16' 33.9"	2225	2.5	12.1	33.7	2,037.5
8	19° 50' 58.0"	101° 16' 34.3"	2230	1.6	30.3	74.7	4,303.6
9	19° 50' 56.6"	101° 16' 35.3"	2228	1.0	13.0	60.2	2,257.5
10	19° 50' 57.2"	101° 16' 36.7"	2232	3.0	23.9	93.1	10,741.7
11	19° 50' 59.0"	101° 16' 37.3"	2220	1.3	13.9	101.3	8,325.1
12	19° 50' 57.4"	101° 16' 39.9"	2225	4.6	15.1	76.0	6,165.9
13	19° 50' 57.6"	101° 16' 43.9"	2225	1.9	6.4	111.0	2,396.9
14	19° 50' 35.7"	101° 16' 42.9"	2360	1.3	9.6	305.2	19,462.2
15	19° 50' 51.9"	101° 16' 37.7"	2360	0.8	10.0	159.0	7,875.6
16	19° 50' 48.6"	101° 16' 24.0"	2410	0.6	13.3	114.6	2,675.2
17	19° 51' 9.7"	101° 17' 3.4"	2280	0.8	29.9	112.0	9,952.2
Promedio				1.8	14.7	189.8	14,542.9
Mínimo				1.0	2.7	33.7	2,037.5
Máximo				11.5	30.3	573.5	81,151.9
TOTAL							247,229.2

La totalidad de las cárcavas mostraron actividad, principalmente por el ensanchamiento del cauce debido a la erosión tubular, colapso de taludes y avance remontante de la cabecera. También se observó cárcavas de tipo continuo (estas tienen una clara conexión o articulación con la cárcava principal o corriente del cauce), acumulación de sedimento el cual progresivamente se va desplazando aguas abajo a medida que se va ensanchando el cauce, lo cual contribuye de manera significativa a la degradación del suelo con producción de sedimento y azolve de los cuerpos de agua como la Presa de los Ucuare, la Presa del Padre y finalmente al Lago de Cuitzeo.

2.16. Fauna silvestre

El grupo de vertebrados mejor representado son las aves, seguido de los mamíferos, reptiles y anfibios. Se obtuvo una lista con un total de especies de las cuales la mayoría de las especies son residentes y un buen porcentaje son migratorias.

La riqueza específica en cada tipo de condición es analizada por tipo de vegetación, tomando en cuenta la fragmentación; la mayoría de especies se ubicaron en el bosque de encino y en el matorral subtropical, en donde existen especies típicas de estos dos tipos de vegetación; con menor número de especies de aves para la vegetación de matorral subtropical; menos diversidad de especies que se observaron en áreas dedicadas a la agricultura o en zonas abiertas; un buen número de especies en cuerpos de agua o en lagunas (Cuadro 26).

Cuadro 26. Relación de especies por tipo de vegetación y abundancia estimada en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

MAMÍFEROS			
Especie	Nombre común	Vegetación	Abundancia Relativa
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	M, P-e, A	Ab
<i>Dasyus novencinctus</i>	Armadillo	M	E
<i>Sorex saussurei</i>	Musaraña	M	R
<i>Mormoops megalophyla</i>	Murciélago	M	R
<i>Pteronotus davyii</i>	Murciélago	M	R
<i>Pteronotus parnellii</i>	Murciélago	M	R
<i>Anoura geoffroyi</i>	Murciélago	M	R
<i>Hylonicteris underwoodi</i>	Murciélago	M	R
<i>Leptonycteris nivalis</i>	Murciélago	M	R
<i>Sturnira ludovici</i>	Murciélago	M	R
<i>Desmodus rotundus</i>	Murciélago	M	Ab
<i>Rhogeessa parvula</i>	Murciélago	M	E
<i>Myotis californicus</i>	Murciélago	M	E
<i>Myotis velifer</i>	Murciélago	M	E
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago	M	E
<i>Conepatus mesoleucus</i>	Zorrillo	M	E
<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo	M	R
<i>Mustela frenata</i>	Onzita	M	R
<i>Spermophyllus variegatus</i>	Ardilla de tierra	M	Ab
<i>Pappogeomys gymnurus</i>	Tuza	A	Ab
<i>Thomomys umbrinus</i>	Tuza	A	Ab
<i>Liomys Irroratus alleni</i>	Ratón de bolsas	M, e	Ab
<i>Oryzomys palustris regillus</i>	Ratón	e, M, R	R

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA "ROSA DE CASTILLA"

<i>Reithrodontomys megalotis saturatus</i>	Ratón	e, M	R
<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón	e, M	Ab
<i>Peromyscus melanotis</i>	Ratón	e, M	Ab
<i>Peromyscus trueii gratus</i>	Ratón	e, M	Ab
<i>Peromyscus melanophrys zamorae.</i>	Ratón	e, M	R
<i>Baiomys musculus musculus</i>	Ratón	e, M	Ab
<i>Neotoma mexicana tenuicauda</i>	Rata	e, M	Ab
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	e, M	E
ANFIBIOS Y REPTILES			
<i>Hyla bistincta</i>	Rana	e, R	E
<i>Rana montezumae</i>	Rana	e, R, M	E
<i>Sceloporus aeneus</i>	Lagartija	e, M	E
<i>Sceloporus bulleri</i>	Lagartija	e, M	E
<i>Crotalus triseriatus triseriatus</i>	Víbora de cascabel	e	E
AVES			
<i>Egretta alba</i>	Garza Blanca	R	Ab
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza Vaquera	A, M	M
<i>Cathartes aura</i>	Aura Cabeza Roja	e, M, A	M
<i>Accipiter cooperi</i>	Gavilán Palomero	e	R
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla Ratonera	e, M, A	Ab
<i>Falco sparverius</i>	Lic-Lic	e, M, A	Ab
<i>Columbina inca</i>	Tórtola Colilarga	M,A, e	Ab
<i>Columbina fasciata</i>	Torcaza Ocotera	M,A	R
<i>Zenaida macroura</i>	Tórtola Coluda	e, M	E
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma Caminera	e	E
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Pijui.	M,A	R
<i>Geococcyx californianus</i>	Corre-Camino	M, e	R
<i>Otus trichopsis</i>	Tecolotito Chillón	e	R
<i>Bubo virginianus</i>	Gran Duque	e, M A	E
<i>Caprimulgus vociferous</i>	Tapacaminos	e	E
<i>Hylocharis leucotis</i>	Chupaflor Orejiblanco	e, M, A	Ab
<i>Amazilia beryllina</i>	Chupaflor Cola Canela	e, M	Ab
<i>Eugenes fulgens</i>	Chupa Flor Magnifico	e	Ab
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Picamadero Ocotero	e	R
<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero Collarejo	M, A	R
<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	Trepatroncos Blaquirrayado	e, M	R
<i>Contopus pertinax</i>	Tengofrio	e, M	R
<i>Empidonax difficilis</i>	Mosquero De Hammond	e, M	R
<i>Empidonax fulvifrons</i>	Mosquero Pechicanelo	e	E
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero Bermellón	e, M, A	Ab
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón Común	e, M, A	Ab
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina Violeta	e, M, A	Ab
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Tijerilla	e, M, A	M
<i>Corvus corax</i>	Cuervo	e, M, A	Ab
<i>Sitta carolinensis</i>	Saltapalos Pechiblanco	e, M	E
<i>Certhia Americana</i>	Cortecerito	e, M	E
<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	Matraca-Barrada Serrana	e, M	E
<i>Campylorhynchus gularis</i>	Matraca Manchada	e, M	E
<i>Cartherpes mexicanus</i>	Saltapared Barranquero	e, M	E
<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared Gorjicafé	e, M, A	Ab
<i>Sialia sialis</i>	Azulejo Gorjicanelo	e, M, A	Ab
<i>Myadestes obscures</i>	Jilguero	e, M	R

<i>Turdus migratorius</i>	Zorzal Petirrojo	e, M, A	Ab
<i>Lanius ludivicianus</i>	Inquisidor	e, M, A	E
<i>Vermivora celata</i>	Gusanero De Coronilla	e	E
<i>Dendroica coronate</i>	Chipe Rabadilla Amarilla	e	E
<i>Wilsonia pusilla</i>	Pelusilla	e, M	E
<i>Cardellina rubifrons</i>	Chipe carirrojo	e	R
<i>Euphonia elegantissima</i>	Eufonia Capucha Azul	e, M, A	R
<i>Piranga flava</i>	Tangara Encinera	e	R
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero Brincador	e, M, A	R
<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero Collarejo	e, M, A	Ab
<i>Aimophila rufescens</i>	Zacatonero Rojizo	e, M, A	Ab
<i>Oriturus superciliosus</i>	Zacatonero Rayado	e, M, A	Ab
<i>Spizella passerine</i>	Gorrión Cejiblanco	e, M, A	Ab
<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión Cantor	e, M, A	Ab
<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión De Rincón	e, M, A	Ab
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Mayor	e, M, A	Ab
<i>Molothrus aeneus</i>	Vaquero Ojirrojo	e, M, A	Ab
<i>Icterus bullocki</i>	Bolsero Gorrinegro	e, M, A	E
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión Mexicano	e, M, A	R
<i>Carduelis psatria</i>	Dominiquito	e, M, A	R
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Europeo	e, M, A	M

Donde: e= encino, M=Matorral, A=agricultura, R=Riparia y/o Humedal.

R= Rara. E= Escasa, Ab= abundante, M= Muy abundante.

3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA MICROCUENCA

Para el análisis del sistema hidrológico se ha caracterizado a la unidad territorial por su tamaño, de esta manera se tiene de mayor a menor a la Región Hidrológica Número 12 (Lerma – Santiago – Pacífico), la subregión Lerma-Chapala, la Cuenca Lerma –Chapala, la Subcuenca Chapala y la Microcuenca Rosa de Castilla. En ésta, su hidrografía la constituye el lago de Cuitzeo, las presas: Del Padre, Los Ucuare, El Puerto y Los Caballos. Los escurrimientos se ubican en dos arroyos intermitentes principalmente, que van captando el agua a lo largo de la microcuenca (Figura 28).

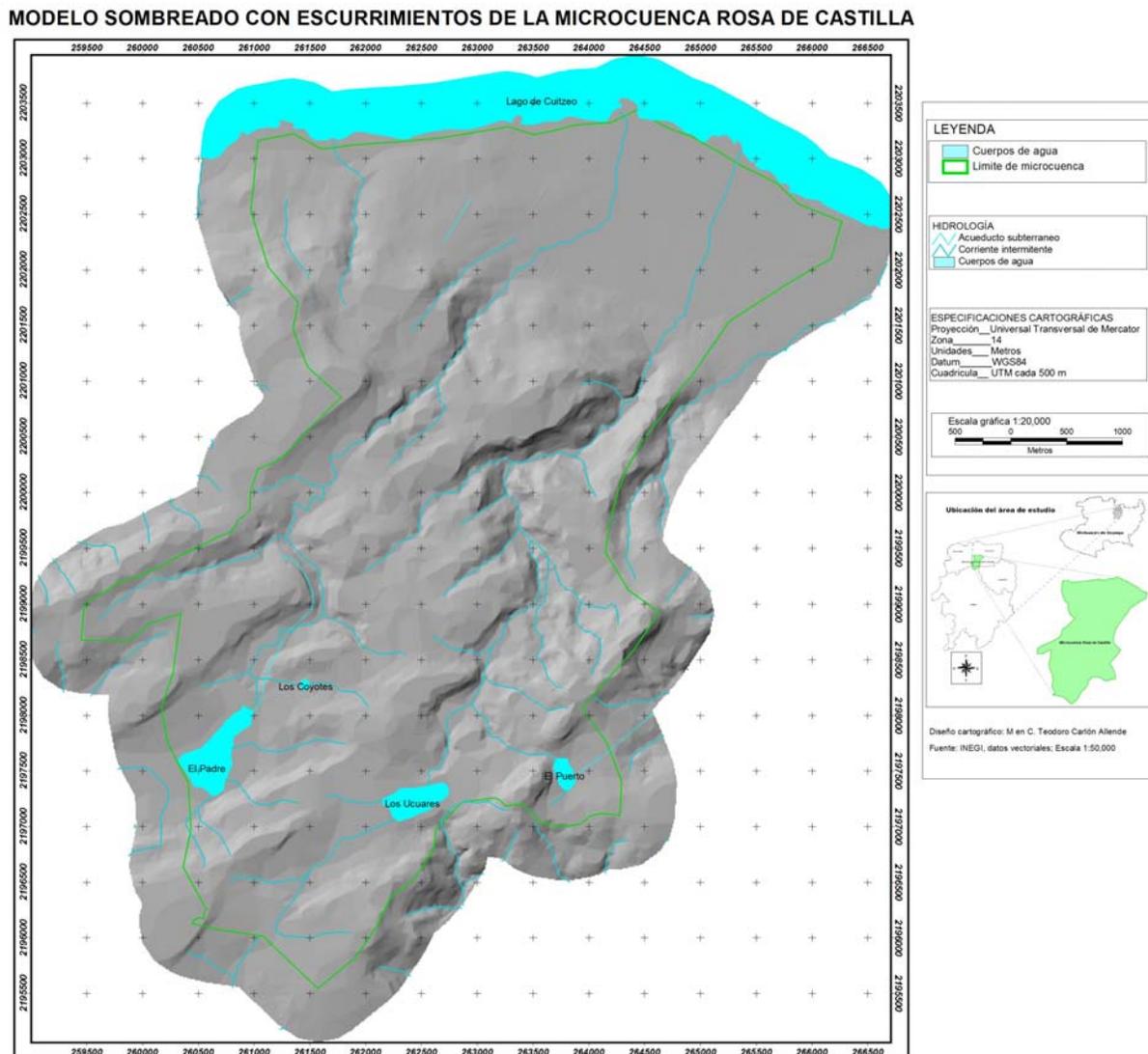


Figura 28. Mapa de escurrimientos en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Una cuenca hidrográfica es el área limitada por un contorno al interior del cual las aguas de la lluvia que caen se dirigen hacia un mismo punto, denominado salida de cuenca. Actúa como un colector natural, encargada de evacuar parte de las aguas de lluvia en

forma de escurrimiento. En esta transformación de lluvias en escurrimiento se producen pérdidas, o mejor, desplazamiento de agua fuera de la cuenca debido a la evaporación y la percolación.

Una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico es la morfometría de cuencas ya que nos permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento del sistema hidrológico de una región.

Para este tipo de estudios no solamente interesa el volumen total a la salida de la cuenca, sino también su distribución espacial y temporal, para lo cual se necesita tener un buen conocimiento de sus características.

El movimiento del agua en la naturaleza es una función compleja en la cual intervienen diversos factores, entre los cuales se pueden resaltar su clima y sus características fisiográficas.

Mediante la interpretación del mapa topográfico se obtuvieron los límites topográficos de la microcuenca y la red hidrológica, ésta última también a través de interpretación e inferencia de los cursos fluviales a partir de las curvas de nivel.

A continuación se describe las técnicas para la determinación de las características morfométricas (índices o coeficientes) de la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

3.1. Perímetro

Se refiere a la longitud del parteaguas de la cuenca, en éste caso de la microcuenca, se mide en una carta topográfica o mediante SIG, una vez que se trazan los límites.

3.2. Área

El área de la cuenca es quizá el parámetro más importante, siendo determinante de la escala de varios fenómenos hidrológicos tales como: el volumen de agua que ingresa por precipitación, la magnitud de los caudales, etc. El área de la cuenca se define como la proyección horizontal de la superficie de la misma; desde el punto de vista hidrológico es más importante esta proyección horizontal que la superficie real de la cuenca. Las gotas de lluvia caen verticalmente y no ortogonales a la ladera, igualmente el crecimiento de los árboles es vertical, etc.

Se obtiene automáticamente a partir de la digitalización y poligonización de las cuencas en el SIG o de mapas con algún método determinado. El área de una cuenca en general, se encuentra relacionada con los procesos que en ella ocurren. También se ha comprobado que la relación del área con la longitud de la misma es proporcional y también que está inversamente relacionada a aspectos como la densidad de drenaje y el relieve relativo. Se clasifican de acuerdo a su tamaño (Cuadro 27).

Cuadro 27. Clases de tamaño de cuencas.

Rangos de superficies (km²)	Clases de tamaño
12.5-35	Muy pequeña
35.5-58	Pequeña
58.5-81	Mediana
81.5-103.5	Grande

3.3. Longitud del cauce principal

Es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, medido desde la parte más alta hasta la salida (Cuadro 28). Influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos. Se obtiene a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje o de la carta topográfica.

Cuadro 28. Clases de valores de longitud del cauce principal.

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
6.9-10.9	Corto
11-15	Mediano
15.1-19.1	Largo

3.4. Intervalo de altitud

Se refiere a la diferencia de altitud entre el punto más alto de la cuenca y la boquilla de la cuenca o el punto más bajo (Cuadro 29). Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica. Una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

Cuadro 29. Clases de desnivel altitudinal (msnm).

Rangos de Altitudes	Clases de altitudes
600-1220	Bajo
1221-1841	Mediano
1842-2462	Alto

3.5. Pendiente

La pendiente es la relación entre la distancia vertical (h) y la horizontal (l), en un transecto del terreno y se expresa en porcentaje, ésta característica del terreno tiene gran influencia en los escurrimientos superficiales, por lo tanto, se requiere determinarla en cualquier

estudio hidrográfico. La pendiente es una característica muy variable en el terreno, generalmente para calcularla en una cuenca se utiliza una estimación media para toda la superficie de la misma.

Según Benson (1959), la pendiente media de una cuenca puede definirse como la pendiente de la recta trazada entre los puntos que se encuentran al 85 y 10 % de distancia a partir del punto más alejado del punto de desagüe siguiendo el curso principal. Como este ángulo de inclinación de las laderas es, en general, pequeño, los valores de AS y A son prácticamente iguales excepto en las cuencas de orografía muy abrupta.

La influencia del relieve sobre la respuesta hidrológica de la cuenca es importante, puesto que a mayores pendientes corresponden mayores velocidades del agua en las corrientes y menor será el tiempo de concentración de la cuenca.

3.6. Tipo de drenaje

El tipo de drenaje de la microcuenca individualmente los cauces son del denominado Dendrítico y en conjunto del tipo Paralelo.

3.7. Índice de forma

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud axial de la misma desde la salida hasta el límite extremo por medio de una línea recta (Cuadro 30). Cuando el valor recíproco del índice es menor o igual a 5, la forma de la cuenca tenderá a un círculo y cuando sea mayor o igual a 6, la forma será alargada (en estos últimos los escurrimientos se encuentran más lentamente).

Cuadro 30. Clases de índices de forma

Rangos de Índices de forma	Clases de forma
0.01-0.18	Muy poco achatada
0.18-0.36	Ligeramente achatada

0.36-0.54	Moderadamente achatada
-----------	------------------------

3.8. Relación de elongación

Es aquella que resulta de dividir el diámetro de un círculo que tenga la misma área de la cuenca en estudio y la máxima longitud de la cuenca. Se calcula con la ecuación:

$$Re = (0.318) (\text{Perímetro de la cuenca}) / \text{Longitud axial de la cuenca}$$

3.9. Índice de alargamiento

Este índice propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se le calcula de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$I_a = L_m / l$$

Donde:

I_a : Índice de alargamiento

L_m : Longitud máxima de la cuenca

l : Ancho máximo de la cuenca

Cuando I_a toma valores mucho mayores a la unidad, se trata seguramente de cuencas alargadas, mientras que para valores cercanos a 1, se trata de una cuenca cuya red de drenaje presenta la forma de abanico y puede tenerse un río principal corto (Cuadro 31).

Cuadro 31. Clases de valores de alargamiento.

Rangos de Indices de alargamiento	Clases de alargamiento
0.0-1.4	Poco alargada
1.5-2.8	Moderadamente alargada
2.9-4.2	Muy alargada

3.10. Relación de circularidad

Es la relación que existe entre el área de la cuenca y el área de un círculo que tiene el mismo perímetro de la cuenca.

3.11. Densidad de drenaje

La relación de drenaje consiste en jerarquizar los afluentes para relacionarlos con otros parámetros físicos, los cuales se constituyen como indicadores de la eficiencia de sistemas de drenaje, se tiene:

a). Orden. Este índice se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se reúnen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente. Se clasifican de acuerdo con el Cuadro 32).

Cuadro 32. Clases de orden de corriente.

Rangos de ordenes	Clases de orden
1-2	Bajo
2.1-4	Medio
4.1-6	Alto

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida. Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión o bien, que la cuenca podría ser más antigua (en determinados tipos de relieve).

b). Densidad de la corriente. Es la cantidad de afluentes naturales de la cuenca (Cuadro 33). Se contabiliza mediante SIG a través del número de segmentos marcados en el mapa digitalizado. Constituye una medida de la energía de la cuenca, de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial. Un mayor número de escurrimientos proporciona un mejor drenaje de la cuenca y por tanto, favorece el escurrimiento.

Cuadro 33. Clases de valores escurrimientos.

Rangos de escurrimiento	Clases
0-170	Bajo
171-340	Medio
341-510	Alto

c). Densidad de drenaje. Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca (Cuadro 34). En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. Pero también, como indican Gregory and Walling (Op. Cit.), la densidad de drenaje provee una liga entre los atributos de forma de la cuenca y los procesos que operan a lo largo del curso de la corriente. Más precisamente, la densidad de drenaje refleja controles topográficos, litológicos, pedológicos y vegetacionales, además de incorporar la influencia del hombre.

La densidad de drenaje se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca por el área total que las contiene, con la ecuación:

$$Dd = L/A$$

Donde:

L: Longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en (Km)

A: Área de la cuenca en (Km²)

La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca. Con el fin de catalogar una cuenca bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar que valores próximos a 0.5 km/km² o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje. La red de drenaje toma sus características, influenciada por las lluvias y la topografía. Por esto se tiene que para un valor alto corresponden grandes volúmenes de escurrimiento, al igual que mayores velocidades de desplazamiento de las aguas, lo que producirá ascensos de las corrientes.

En períodos de estiaje se esperan valores más bajos del caudal en cuencas de alta densidad de drenaje y de fuertes pendientes, mientras que en cuencas planas y de alta densidad de drenaje, se espera estabilidad del régimen de caudales, debido al drenaje subsuperficial y al aporte subterráneo.

Cuadro 34. Clases de densidad de drenaje.

Rangos de densidad	Clases
0.1-1.8	Baja
1.9-3.6	Moderada
3.7-5.6	Alta

Pendiente. La pendiente del cauce se le puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del cauce en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce:

$$S = H/L$$

Donde:

S: Pendiente media del cauce

H: Desnivel entre los puntos más elevado y más alto

L: Longitud del cauce

3.12. Relación de bifurcación

Relación entre el número de corrientes de un orden determinado entre el número de corrientes de orden inmediato superior.

3.13. Índice de compacidad

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que tenga la misma área de la cuenca (Cuadro 35). Las causas por las que se compara la forma de la cuenca con un círculo, es por que las cuencas con esa tendencia tienen mayor posibilidad a producir avenidas máximas. Está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tardará una gota de lluvia en moverse de la parte más lejana de la cuenca hasta el desagüe: en ese momento ocurre la máxima concentración de agua en el cauce, puesto que están llegando gotas de lluvia de todos los puntos.

La ecuación que nos permite el cálculo de este coeficiente es:

$$K_c = (0.28) (P/\text{Raíz cuadrada de } A)$$

Donde:

K_c : Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (longitud de la línea de parteaguas)

A: Área de la cuenca

Este valor adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular.

Los valores de K_c nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento,

siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea K_c , mayor será la concentración de agua.

Cuadro 35. Clases de valores de compacidad.

Rangos de K_c	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

3.14. Altura media de la cuenca

Es el resultado de dividir el área comprendida bajo la curva isométrica entre la longitud que representa la superficie de la cuenca.

La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella.

3.15. Coeficiente de masividad

Dado que la altura media no es representativa del relieve, pues existen cuencas con la misma altura media pero con relieves diferentes (Cuadro 36). El coeficiente de masividad (C_m) es resultado de la división de la altura de la cuenca en Km, entre su superficie proyectada. A. en Km^2 .

Este valor aumenta con la altura media de la cuenca, o bien cuando la superficie en proyección horizontal disminuye, es decir, este valor toma valores bajos en cuencas montañosas y altos en cuencas planas. Se calcula con la ecuación:

$$Km = \text{Altura media de la cuenca (m)} / \text{Área de la cuenca (Km}^2\text{)}$$

Cuadro 36. Clases de valores de masividad.

Rangos de Coeficiente de masividad	Clases de masividad
0-35	Muy Montañosa
35-70	Montañosa
70-105	Moderadamente montañosa

3.16. Coeficiente orográfico

Resulta de multiplicar el coeficiente de masividad por la altura media.

3.17. Escurrimientos superficiales

El cálculo de los escurrimientos superficiales y erosión son de suma importancia para estimar la producción de sedimentos a nivel de cuenca, o bien para diseñar obras de almacenamiento, vertedores en presas de control de azolve, terrazas y otras obras mecánicas de conservación de suelos. A su vez, el cálculo y/o predicción de la producción

de sedimentos es un importante elemento de criterio para la toma de decisiones en el manejo integral de cuencas, pues los sedimentos provocan el azolve de presas y otros vasos de almacenamiento de agua, reduciendo la vida útil de costosas estructuras y/o programas de desarrollo.

Para su estudio, los escurrimientos han sido clasificados en: superficial, sub-superficial y subterráneo. El primero de estos está constituido por el flujo sobre el terreno y las

corrientes en cauce; el segundo consta del agua de precipitación que se infiltra y escurre pendiente abajo dentro del suelo, cerca de la superficie; y finalmente, el escurrimiento subterráneo es la parte del agua que se infiltra hasta una profundidad inferior al nivel freático. Aunque relativamente arbitraria, esta clasificación es conceptualmente útil para estudiar el fenómeno de la escorrentía.

De los tres tipos de escurrimiento mencionados, el superficial es el que llega más rápido hasta la salida de la cuenca, por estar relacionado directamente con una tormenta particular; por ello se dice que proviene de la precipitación efectiva o exceso de la precipitación, constituyendo el escurrimiento directo. Comparado con el anterior, el escurrimiento subterráneo fluye con lentitud; es el que alimenta las corrientes cuando no hay lluvias, y forma el escurrimiento base de algunos ríos. Finalmente, como el escurrimiento sub-superficial es difícil de distinguir de los otros dos, generalmente se le considera como parte de alguno de ellos.

En superficies naturales, el escurrimiento superficial o escorrentía ocurre (siempre y cuando exista desnivel del terreno) cuando hay excedentes de agua sobre la superficie, y dependiendo de los diversos factores involucrados en cada caso, puede alcanzar magnitudes desde aproximadamente una décima parte hasta un 90% del total del agua precipitada.

Los escurrimientos superficiales son estudiados principalmente con el fin de generar información para el diseño de obras de almacenamiento de agua, vertedores de demasías y obras de conservación de suelo, entre otras. En el primer caso, interesa sobre todo

cuantificar el escurrimiento medio anual, mientras en los demás se requiere conocer el escurrimiento máximo instantáneo, considerando en ambos casos la frecuencia con que se presentan los eventos máximos según los registros estadísticos disponibles.

El escurrimiento superficial es la fracción de la lluvia que llega a la superficie terrestre y fluye en terrenos con pendiente, hacia los ríos, lagos u océano. La proporción del agua de lluvia que sigue este destino varía en un rango amplio, dependiendo de diversas

características de la lluvia y del terreno, pero en términos generales se pueden establecer dos situaciones básicas:

a) Cuando la intensidad de la precipitación es menor que la velocidad de infiltración del suelo, el escurrimiento superficial será prácticamente nulo, pues el agua que no sea interceptada por la cobertura vegetal se infiltrará enseguida, al menos hasta el punto donde la capacidad del suelo sea saturada, en cuyo caso la precipitación subsiguiente formará escurrimiento.

b) Cuando la intensidad de la precipitación es mayor que la velocidad de infiltración del suelo, éste infiltrará solo parte del agua precipitada, y el excedente quedará sobre el terreno como encharcamiento, o fluirá como escorrentía.

Algunas características de la cuenca que influyen en los escurrimientos superficiales se pueden agrupar en:

- Factores geométricos de la cuenca como son su tamaño, forma y pendiente
- Factores físicos de la superficie del terreno como son las características del suelo, la capacidad de almacenamiento superficial, la cobertura vegetal, el uso de la tierra y otros.

El área o tamaño de la cuenca influye en proporción directa sobre la magnitud del escurrimiento que puede generar, a igualdad de los demás factores; es decir, a mayor tamaño de la cuenca, mayor volumen de escurrimiento. La forma de la cuenca es una

característica importante por la influencia que tiene sobre la escorrentía, sobre todo en las avenidas "pico" o escurrimiento máximo instantáneo.

Para similar tamaño, una cuenca redondeada tenderá a concentrar con mayor rapidez sus escurrimientos que otra alargada. Esto indica que el tiempo de concentración de los escurrimientos en el punto de interés para cualquier cuenca será directamente

proporcional a la longitud del cauce principal, e inversamente proporcional a la pendiente del mismo.

La cobertura vegetal es un factor importante en el control de la escorrentía, a cuya magnitud afecta en una relación inversamente proporcional. En efecto, la vegetación amortigua el impacto de la lluvia sobre el suelo, y esto, además da reducir el efecto erosivo por impacto de la lluvia, favorece la infiltración del agua y reduce la magnitud de la escorrentía. Por otro lado, los residuos vegetales sobre el terreno y los tallos y follaje herbáceo constituyen un obstáculo físico que reduce la velocidad del escurrimiento y su capacidad erosiva.

El grado de cobertura sobre el terreno puede ser muy variable. Dependiendo del tipo de vegetación, su densidad, vigor, etapa fenológica, etc. Por lo tanto, para fines de simplificación, en relación con su efecto amortiguador sobre la escorrentía o efecto hidrológico, comúnmente se le agrupa en categorías para cada uso de la tierra, es decir la cobertura será buena, regular o mala, las cuales corresponden respectivamente a un potencial de escurrimiento bajo, moderado y alto. De manera general, la condición hidrológica del área de drenaje en cuanto a la cobertura vegetal, ha sido clasificada en tres categorías:

--condición hidrológica buena, si la cobertura vegetal es $>75\%$

--condición hidrológica regular si la cobertura vegetal es de $50-75\%$.

--condición hidrológica mala si la cobertura vegetal es $<50\%$.

El suelo es un sistema heterogéneo, polifásico y dinámico, componente básico de los ecosistemas, y cuyas características pueden ser determinantes en la magnitud y/o modalidad de los escurrimientos superficiales.

Algunas de las características del suelo que mas se relacionan con la escorrentía son: la estructura, la textura y el contenido de materia orgánica; las cuales a su vez se expresan a

través de fenómenos como la velocidad de infiltración, la permeabilidad y el drenaje interno del suelo, etc.

Determinar la magnitud y características de los escurrimientos superficiales es un aspecto básico en diversos trabajos sobre planeación, diseño y construcción de obras de almacenamiento y control del agua de escorrentía y demás fenómenos relacionados, como la producción de sedimentos. Esta determinación se puede realizar midiendo directamente el escurrimiento o mediante estimaciones numéricas, situando para ello diferentes métodos, técnicas e instrumentos.

Dado que la medición directa de la escorrentía requiere de una inversión considerable de tiempo y dinero, generalmente se le utiliza solo en estaciones hidrométricas estratégicamente ubicadas para coleccionar las estadísticas básicas de alguna región o país, o bien a nivel experimental y/o en la calibración de modelos numéricos que permitan la estimación de la escorrentía en gabinete. Estos últimos generalmente se utilizan en la planeación y diseño de varias estructuras para el control de la escorrentía y de prácticas de conservación de suelo y agua.

3.17.1. Escurrimiento medio

En este caso, el procedimiento consiste en determinar la lámina media de lluvia así como también la superficie de la cuenca; con estos datos se puede obtener el volumen llovido. Ahora bien, el volumen escurrido será una fracción de aquél, y su magnitud dependerá principalmente de las características del terreno (topografía, suelos, vegetación); así que a

partir de éstas, se puede asignar un coeficiente de escurrimiento (C), tal que multiplicando por el volumen llovido, se obtenga el volumen de escorrentía.

El coeficiente de escurrimiento (C) es la relación que existe entre el volumen escurrido y el volumen llovido en una superficie dada ($C=V_e/V_{ll}$), su valor numérica fluctúa entre 0 y 1 y es adimensional.

Dada la complejidad de las características del terreno, comúnmente se utilizan coeficientes de escurrimiento determinados empíricamente, y considerado que una cuenca generalmente tendrá variaciones en algunos de los factores que definen a C, se recomienda calcular un C ponderado en función de la superficie correspondiente, como se indica en el ejemplo al final de esta sección.

Cabe señalar que el coeficiente de escurrimiento no es un factor constante, sino que varía mensual y anualmente en función principalmente de las variaciones en la intensidad de la lluvia y las condiciones de superficie de la cuenca; por lo tanto, su determinación es solo aproximada; además, para fines de planeación se recomienda utilizar valores anualizados.

3.17.2. Escurrimiento máximo

Es la cantidad máxima de escurrimientos superficiales de una cuenca, cuando se presenta una lluvia de alta intensidad en la cuenca. Para su estimación se puede utilizar el método racional y el método simplificado de huellas máximas.

En diversos trabajos de ingeniería relacionados con la conservación de suelo, con frecuencia se requiere determinar la descarga máxima en un punto dado del cauce después de ocurrida una lluvia tormentosa. Para ello se han desarrollado diversos procedimientos, entre los cuales uno de los más comunes es el que utiliza la "fórmula racional", la cual se expresa de manera general con la ecuación:

$$Q_{max}=CIA$$

Donde:

Q_{max} =gasto máximo instantáneo probable de escurrimiento

I=intensidad de la lluvia

C=coeficiente de escurrimiento adimensional

A=área de la cuenca

Para usar esta fórmula en su expresión general, es necesario dimensionarla adecuadamente para obtener el gasto en m³/seg. Sin embargo, para ahorrar los cálculos de conversión de unidades, con frecuencia esta ecuación es expresada involucrando ya dicha conversión:

$$Q=0.0028CIA$$

En la cual las unidades de intensidad de la lluvia y al área, deben ser, forzosamente mm/h y hectáreas, respectivamente. Aquí 0.0028 es el coeficiente de conversión de unidades, resultante de cambiar mm y ha a m³ y horas a segundos.

Cuando se usa la fórmula racional se supone que ese gasto máximo corresponde a una lluvia en la cual, para un periodo de retorno dado, se registra la intensidad máxima para un tiempo igual al "tiempo de concentración de la cuenca", definido como "el tiempo requerido por el escurrimiento superficial para llegar desde la parte más alejada de la cuenca hasta el punto de medición.

Cabe señalar que la fórmula racional no es adecuada ni exacta si se utiliza para tormentas individuales diferentes de la lluvia máxima en el periodo de retorno considerado; por ello generalmente se le utiliza solo en el cálculo de avenidas máximas como índice para el diseño en proyectos de diferentes obras de ingeniería.

La fórmula racional requiere de información pluviográfica detallada, la cual por lo general no está disponible en muchas áreas de los países en desarrollo, como México. Por lo tanto, en un intento por adecuar el método a nuestras limitantes, se ha propuesto una

modificación al mismo, la cual consiste en sustituir "I" por la lluvia máxima en 24 horas (L) asumiendo como si ésta hubiese caído en solo una hora.

De esta manera, la fórmula general queda expresada por:

$Q = CLA$ dimensionando; o bien

$Q = 0.0028CLA$ para las dimensiones mm/h, ha y m^3/seg .

3.17.3. Tiempo de concentración

Es el tiempo transcurrido entre el final del histograma de excesos y el final del escurrimiento directo, siendo ésta la definición que aparece reseñada en la literatura con mayor frecuencia. Sin embargo, otros autores reportan el T_c como el tiempo comprendido entre el centroide del histograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo.

Además se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial. Se clasifica de acuerdo al Cuadro 37).

Existen una serie de fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo desarrolladas por diversos autores. En este trabajo se ha utilizado la fórmula de Pizarro por ser una ecuación eficiente y fácil de emplear.

$$T_c = (13.548) (L^2/H)^{0.77}$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración (min)

L: Longitud del cauce principal en (Km)

H: Diferencia de alturas (m)

Cuadro 37. Clases de tiempo de concentración.

Rangos de Tiempo de concentración (min)	Clases
0-41.7	Rápido
41.6-83.2	Moderado
83.3-125.1	Lento

Todos los parámetros son descritos en forma combinada en el Cuadro 38 se resume el significado de los parámetros morfométricos.

Cuadro 38. Descripción de parámetros morfométricos de una cuenca hidrográfica.

Morfometría	Significado Morfométrico
Longitud del cauce principal (km):	A mayor longitud, mayor Tc. Está influido por la pendiente.
Elevación media (msnm):	Distribución espacial del escurrimiento y distribución térmica.
Área (km ²):	Tamaño relativo, a menor tamaño, menor capacidad de coleccionar agua y menor

	volumen de ésta. Se correlaciona directamente con su longitud e inversamente con la densidad de drenaje.
Desnivel (m):	Variación altitudinal, si es mayor hay más variedad climática y ecológica
Coeficiente de forma (K_f):	Grado de achatamiento. Valores altos indican tendencia a la concentración de aguas (formación de crecidas).
Coeficiente de compacidad (K_c):	Grado de circularidad. Valores cercanos a 1 indican tendencia a concentrar mayor volumen de escurrimiento.
Coeficiente de alargamiento (L_i):	Valores cercanos a 1 corresponde a ríos cortos y por tanto, con mejor respuesta a las lluvias.
Coeficiente de masividad (K_m):	Una cuenca montañosa implica mayor energía y mayor precipitación en general.
Orden:	Es el valor de la red de drenaje. Indica el grado de estructura que tiene. Un mayor orden indica mayor energía y mayor control estructural y en general, mayor erosión.
Densidad de drenaje (km/km^2):	Valores altos indican mayor eficiencia de transporte y mayor velocidad de transporte.
Número de escurrimientos:	A mayor número mayor capacidad de colectar agua y mayor erosión.
Pendiente del cauce principal:	A mayor pendiente mayor velocidad de desplazamiento del agua, menor tiempo de concentración y menor infiltración.
Tiempo de concentración (T_c):	A mayor tiempo, mayor volumen de agua. También puede indicar un mayor escurrimiento.

Las características hidrológicas de la microcuenca “Rosa de Castilla”, se enlistan en el Cuadro 39.

Cuadro 39. Características hidrológicas de la microcuenca “Rosa de Castilla”, municipio de Copándaro, Mich.

Característica morfométrica	Valor	Clasificación
-----------------------------	-------	---------------

Perímetro	27.650 km	---
Área	26.83 km ²	Muy pequeña
Longitud del cauce principal	9.750 km	Corto
Intervalo de altitud	1,860-2,440 msnm	Corto
Coeficiente de forma	0.479	---
Factor de forma	0.394	Muy poco achatada
Relación de elongación	1.451	---
Índice de alargamiento	2.09	Moderadamente alargada
Relación de circularidad	0.44	---
Coeficiente de compacidad	1.49	De oval redonda a oval oblonga
Coeficiente de masividad	80.13	Moderadamente montañosa
Orden	3	Medio
Densidad de drenaje	1.15	Baja
Número de escurrimientos	48	Bajo
Relación de bifurcación	2.0	---
Coeficiente orográfico	172.28	---
Tiempo de concentración	2.602 min	Rápido
Escurrimiento máximo	288.89 m ³ /seg	---

4.-EVALUACIÓN RURAL PARTICIPATIVA

4.1. Metodología participativa

La Evaluación Rural Participativa (ERP) es el título que se le ha dado a una familia cada vez más grande de enfoques y métodos que capacitan a la gente de un lugar (rural

urbano) para hacer sus propias apreciaciones, analizar y planear, compartir información y monitorear y evaluar actividades y programas de desarrollo (Chambers, 1994).

La ERP es una herramienta metodológica desarrollada por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute - WRI) que intenta servir de apoyo a los trabajos de diagnóstico, implementación de proyectos, seguimiento y evaluación en procesos de desarrollo rural, especialmente en el manejo de recursos naturales.

La construcción de este instrumento recoge distintas experiencias de comunidades y grupos de apoyo. No pretende ser una propuesta única ni acabada, ni tampoco una receta. Puede ser tomada "en bloque", pero también es posible utilizar selectivamente algunos de sus elementos. La aplicación de la ERP es sólo un primer paso del proceso de apropiación y manejo sostenible de recursos por parte de una comunidad rural (Alatorre, 1995).

La ERP es aprender de y con los miembros de la comunidad a investigar, analizar y evaluar limitaciones y oportunidades, y al mismo tiempo, tomar decisiones apropiadas y oportunas con respecto a los proyectos de desarrollo y manejo de los recursos naturales (<http://www.systemcsa.com/lama/articulos/ArticuloEvaluaciónRuralParticipativa.pdf>).

Con la ERP un equipo de investigación puede reunir información en forma rápida y sistemática para lo siguiente:

- El análisis de un problema o tema específico.
- Evaluación de necesidades.
- Estudios de factibilidad.
- Identificación y priorización de proyectos.

- Evaluación de proyectos y programas.

4.2. Premisas de la evaluación rural participativa

Los elementos esenciales de la ERP son:

- Equipo multidisciplinario con una variedad de habilidades y antecedentes.
- Clarificación de preconceptos en relación al espacio, proyecto, personas y géneros, élites, profesiones y costumbres.
- Uso de diferentes métodos, fuentes, disciplinas, informantes en diferentes lugares para realizar controles cruzados en aproximaciones sucesivas.
- Los miembros de la comunidad participan en la evaluación.
- Los investigadores principales trabajan en contacto directo, cara a cara y en el campo.
- Cambio de papeles: aprendiendo de y con la comunidad rural acerca de sus criterios y categorías.
- Ignorancia óptima e imprecisión aproximada: al no descubrir ni medir más de lo necesario y pasar por alto lo que no es necesario.
- Análisis en el lugar mismo para determinar que dirección se debe sugerir.

- Preferencia por la conducta, las actitudes y la afinidad más bien que por los métodos.
- Cultura de compartir la información, los métodos, el alimento, las experiencias de campo, etc.
- Conciencia autocrítica en relación con nuestras actitudes y conductas.

Algunas aplicaciones comunes de la ERP son:

- En recursos naturales y agricultura (conservación de aguas y suelos, bosques, pesquería y cultivos en el agua, biodiversidad y zonas de protección de la vida silvestre, planes para una población, manejo de cosechas y animales, irrigación y mercados).
- Programas de equidad (mujeres y género, crédito, selección de programas orientados a la pobreza, oportunidades de ingreso).
- Salud y nutrición (evaluaciones, monitoreo y planeación de salud, seguridad alimentaria y nutrición, agua y servicios sanitarios, emergencias).
- Políticas (incidencia del ajuste estructural y otras políticas, evaluación participativa de la pobreza, política agraria).
- Educación de adultos, análisis organizacional, conciencia de género y niñez.

Una comparación entre la ERP y a través de cuestionarios se muestran en el Cuadro 40.

Cuadro 40. Comparación entre la Evaluación rural participativa y los cuestionarios.

Evaluación Rural Participativa	Cuestionarios
Poco tiempo Bajo Costo Flexible	Mucho tiempo Alto costo Estático

Alta participación	Poca participación
Análisis en el sitio	Análisis en la oficina
Poco análisis estadístico	Gran cantidad de análisis estadístico
Entrevistas semi-estructuradas	Cuestionarios formales
Muestreo de Oportunidades	Muestras al azar
Equipo multidisciplinario	Enumeradores
Eliminación de jerarquías	Jerárquico
<i>(Es el mejor para aprender y entender las opiniones, comportamientos y actitudes de la gente del campo)</i>	<i>(Es el mejor para obtener un análisis Representativo, Cuantitativo y Estadístico.)</i>

Las fortalezas de la ERP son:

- La disposición a tomar riesgos e incorporar nuevas ideas ha dado como resultado un variado conjunto de técnicas probadas en el campo.
- Proporciona y aporta técnicas que pueden ser incorporadas a otras metodologías.
- Implica un alto grado de participación de los miembros de la comunidad.
- Un número cada vez mayor de especialistas están utilizando este enfoque y pueden aportar estudios de casos y resultados específicos.
- Incrementa en los participantes el conocimiento de sí mismos, la capacidad para analizar temas y problemas complejos y crear soluciones posibles.
- Complementan y, en muchos casos, sustituyen a otros métodos de investigación y no impiden que se hagan encuestas y análisis más formales y detallados.

Las limitaciones de la ERP son:

- La generalización se basa en muy poca información o en muy pocos informantes.

- La creación de grandes expectativas en la comunidad en la que se realiza la ERP.
- Falta de afinidad con la comunidad o resistencia a los investigadores extraños.
- Se ve sólo el cuadro parcial pasando por alto factores claves.
- Dificultad para encontrar las preguntas claves que deben hacerse.
- Un proceso realizado velozmente puede invalidar el análisis.
- Encontrar el equipo apropiado con experiencia para completar la investigación.
- Incapacidad para involucrar a todos los miembros de la comunidad especialmente a la gente de escasos recursos y a las mujeres.

(<http://www.geocities.com/autogestion/metodologia/PRA.html>)

El utilizar la ERP nos implica asumir posturas y partir de valores, conceptos y técnicas distintas a los que sustentan el trabajo en la investigación tradicional:

a.- Convocar la voluntad de otros y otras: el elemento principal y distintivo es la participación. Está demostrado que cuando un equipo bajo criterios exclusivamente técnicos y académicos estudia, analiza, prioriza y define los problemas y soluciones para un proyecto, la capacidad de éxito del mismo es limitada; en contraposición, cuando los actores locales indican sus preferencias y participan en la toma de decisiones, se apropian y le darán continuidad a los resultados del mismo, aún cuando este finalice, lo cual es especialmente valioso cuando se trata de generar cambios en el uso y manejo de

recursos, para garantizar el disfrute de sus beneficios para las actuales y futuras generaciones.

b.- Participación real: Participar no es sólo dar una opinión o ser beneficiario, o asistir a una reunión informativa, tal como convencionalmente se asume. La participación real, la que compromete, la que otorga identidad propia al "otro", se da cuando logramos integrar a los involucrados en la toma de decisiones, al diseño, a la ejecución, al seguimiento y a la evaluación de la intervención.

c.- Revalorización del conocimiento empírico: Se integra el conocimiento popular, como una fuente válida para la toma de decisiones. Toda la experiencia de una comunidad y el conocimiento desarrollado sobre su entorno, su historia, sobre todo su historia natural—especialmente en el caso de las comunidades, que permite ahorrar tiempo en la etapa de recolección de información.

d.- Manejo de un conocimiento óptimo: El énfasis de la ERP es la generación de información, para lograr una toma de decisiones informada; su objetivo no es la producción de ciencia. El axioma es “no descubrir ni investigar nada más allá de lo necesario”.

e.- Método dialógico: Promueve el dialogo abierto, la relación horizontal entre el equipo de profesionales—técnicos y las personas pobladoras o beneficiarias. Los investigadores principales se relacionan directamente y se desarrollan relaciones de asocio y acompañamiento, superando los papeles tradicionales del “asesor” y el “experto”.

f.- Integra el análisis de los ecosistemas: propone herramientas sencillas, como el análisis de transectos, que permite a las comunidades sistematizar la información.

El abordaje de la ERP implica pasos básicos, es una metodología sencilla y flexible, que permite adaptarla a diferentes escenarios y necesidades, pudiéndose diseñar y aplicar con menor o mayor complejidad. Estos pasos básicos son:

1. Selección del área, presentación con los actores locales.
2. Visita preliminar al área.
3. Colección de datos.
4. Síntesis y análisis de datos.
5. Identificación y priorización de problemas y oportunidades.
6. Preparación del producto. Plan Comunitario de Desarrollo, Plan de manejo de recursos naturales, Proyecto, Diseño de una intervención específica, Plan de manejo de ecosistemas vulnerables, etc.

7. Implementación del producto.
8. Monitoreo y evaluación del producto.

La ERP se vale de una multiplicidad de técnicas, que incluso son utilizadas en otros procesos de análisis como:

La entrevista semiestructurada.
Grupos focales.
Entrevistas a informantes claves.
El taller.
El análisis de transectos.
El mapa de finca.
Análisis de cambios y tendencias.
Cronologías.
Calendarios estacionales.
Análisis FODA.
Árbol de problemas.

La ERP es una alternativa que ofrece posibilidades para abordar retos como:

- Enfocar la atención de las comunidades en ecosistemas vulnerables.
- Apoyar la planificación local en comunidades ubicadas dentro de corredores biológicos.
- La elaboración de proyectos o para el diseño de una intervención específica en una o varias comunidades.
- El desarrollo de alianzas entre comunidades, productores, pobladores y el sector de ONGs y OGs.

Lo esencial es no asumir esta propuesta como una receta o un manual, sino como una caja de herramientas, susceptible de mejorarse y de adaptarse creativamente, de la cual podemos aplicar parte o la totalidad de su contenido, como un punto de apalancamiento

para mejorar el trabajo comprometido con la construcción de una sociedad sostenible ([tp://www.systemcsa.com/lama/articulos/ArticuloEvaluaciónRural Participativa.pdf](http://www.systemcsa.com/lama/articulos/ArticuloEvaluaciónRuralParticipativa.pdf)).

4.3. Fases y etapas del proceso

La ERP tiene ocho etapas:

1. Selección del lugar y autorización por parte de las autoridades locales. Debe existir un colectivo organizado y representativo de los intereses de sectores de la zona. Se recomienda que en el equipo de trabajo haya mujeres y hombres; personas con habilidades técnicas y gente con capacidad de análisis social. A este equipo se suman técnicos que trabajan en la zona y algunos habitantes del lugar.

2. Visita preliminar al lugar. El equipo presenta el enfoque y los propósitos del ejercicio.

3. Recolección de datos. Se colectan datos documentales y de campo. Se trata de reunir información ecológica y socioeconómica de la comunidad y la región, y de presentarla a la comunidad en forma sencilla; no aspira a la precisión científica, sino a crear una base para el diseño de planes de manejo de recursos.

4. Síntesis y análisis de datos.

5. Identificación de los problemas y definición de las opciones de resolverlos. La información deberá sintetizarse y estructurarse en listados de problemas y alternativas de solución.

6. Jerarquización de las opciones y preparación de un Plan Comunitario de Manejo de Recursos. Este paso da elementos a los dirigentes y autoridades de la comunidad, a los

comités de desarrollo local y a las ONGs que trabajan en la región, para discutir las prioridades. Se realiza en reuniones durante uno o dos días. En general, los criterios de jerarquización que maneja la comunidad difieren de los del equipo. Mientras la comunidad tiende a enfatizar cuestiones como costos sociales y técnicos y tiempo para obtener beneficios, el equipo se orienta por criterios de sustentabilidad ambiental, equidad y productividad.

7. Adopción e Implementación del Plan. Es el resultado concreto que se espera de la ERP y en él están contemplados aspectos como: prioridades de desarrollo, acciones, propuestas, requerimientos y responsabilidades de los distintos grupos e individuos, identificación de las áreas en que la comunidad requiere de asistencia externa y plazos para concretar acciones.

8. Seguimiento, evaluación y diseminación de los hallazgos. La implementación del plan es responsabilidad de la comunidad, autoridades, instituciones y grupos involucrados, aunque frecuentemente requieren de apoyo durante un cierto período. Aquí resulta fundamental la capacitación de grupos y líderes que asuman las distintas tareas (Alatorre, 1995).

4.4. Resultado de los talleres

Se realizaron 15 talleres de evaluación rural participativa y 5 recorridos de campo donde se obtuvo como resultado el diagnóstico, problemática y alternativas de solución para incrementar la calidad de vida y el manejo sustentable de la microcuenca.

A continuación se mencionan los resultados del diagnóstico de la microcuenca "Rosa de Castilla".

Resultados de los talleres, indican que la cantidad de hijos es de 2 a 21, donde las parejas mayores de edad tienen de 6 a 10 hijos y las parejas jóvenes de 2 a 3 hijos. El 40 % de las familias tienen menos de 5 hijos, el 30 % de 5 a 7 y el 20 % más de 7 hijos.

La migración es alta ya que el trabajo es de autosuficiencia y no hay alternativas de trabajo. El salario es de \$150.00 por día y comentan que se quedarían si ganaran \$ 250.00 por día en forma constante. Los migrantes envían recursos económicos generalmente para alimentación y bajo porcentaje para infraestructura y actividades productivas.

Pocos habitantes cuentan con seguro popular o seguro social, las enfermedades más frecuentes son: diabetes en adultos mayores a 40 años y juvenil, hipertensión, colesterol, cáncer de próstata, mama, matriz y piel, enfermedades de los ojos como glaucoma, cataratas, carnosidades, enfermedades del riñón, cirrosis, enfermedades de pulmones y dentales.

Los productores de la microcuenca, siembran hortalizas como coliflor, cebolla, tomate, chile, calabacita, garbanzo, repollo, lechuga, pepino y cilantro, maíz, frijol y sorgo, además de forrajes como alfalfa y avena. La asesoría en control de plagas es esporádica y faltan estudios de fertilidad de suelos. La fertilización es con sulfato de amonio por ser barato en comparación a otros fertilizantes y no aplican abonos orgánicos.

Cuentan con ganado bovino, ovino, cerdos, gallinas, caballos y burros, los cuales alimentan con maíz y rastrojos o desperdicios de casa cuando corresponda. El ganado es de doble propósito, aunque algunos productores se dedican a la engorda de ganado con razas mejoradas; las actividades ganaderas representan un bien de capital o fuente de ahorro.

El ganado bovino lo venden de noviembre a diciembre, marzo-abril y de mayo a junio, antes del periodo de lluvias. Lo engordan durante 1 año con rastrojo de maíz y grano, sorgo, gallinaza y alimento balanceado. Durante enero a junio compran gallinaza y rastrojo

molido para alimentarlo cuando está estabulado, periodo crítico para su alimentación por falta de insumos. De julio a diciembre se mantiene bajo pastoreo en el bosque de encino, matorral subtropical y pastizal.

La alimentación durante el periodo de noviembre-junio es solamente con fibra proveniente de rastrojo molido sin grano, en un 90 % de los casos. En pocas ocasiones se les proporciona alimentación con salvado. En el período de julio-octubre la alimentación es en pastoreo (pastos nativos); también se les proporciona sal durante todo el año. La tasa de parición es de cada 2 años y la producción de leche es de julio a septiembre con un volumen de 2 a 3 litros/día/vaca, solamente para autoconsumo.

Uno de los recursos importantes es el forestal, principalmente aprovechado para cercado de terrenos y consumo de leña; en promedio una familia utiliza 16.892 m³/año y el consumo de leña en la microcuenca (habitantes que viven dentro) es de 2,454 ton/año o 6,810 m³/año. Las especies usadas como leña son: jara pólvora, palo dulce, huizaches, encinos, tejocote, arcebucho y perimo, entre otras.

El otro recurso importante es el agua, tanto en la microcuenca como en el municipio de Copándaro, el 84.68 % del agua dulce disponible proviene de fuentes subterráneas y el resto de fuentes superficiales. El número de fuentes subterráneas que se ubican en la microcuenca son 19 pozos.

Como resultado de los talleres de ERP se determinó la problemática siguiente:

La problemática en la microcuenca "Rosa de Castilla" es el deterioro de los recursos naturales, el cambio de uso del suelo, erosión, contaminación ambiental, abatimiento del manto freático y alta migración poblacional. Es una zona de captación de agua en cuerpos de agua y recarga de acuíferos, base de la producción agropecuaria bajo riego y agua para consumo humano, lo cual refleja la importancia de la conservación y manejo forestal como prioritarios, sin embargo, los habitantes consideran como la actividad principal a la ganadería, seguida de la agricultura de riego y temporal respectivamente, los que una vez

manejados de forma sustentable, el beneficio ecológico-ambiental de la microcuenca, se reflejará mayores ingresos económicos y en la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

La problemática y sus causas se agrupan y detallan en el Cuadro 41.

En los Cuadros 42 a 48, se mencionan las posibles alternativas de solución ante la problemática y de acuerdo a las opiniones de los habitantes y/o propietarios de la microcuenca, así como del grupo de personas con diferente experiencia y especialidad que participó en los talleres de evaluación rural participativa, así como las Instituciones que pueden apoyar con recursos económicos y/o capacitación para el desarrollo e implementación de proyectos.

Cuadro 41. Problemas y sus causas en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

PROBLEMA	CAUSAS
Alta migración	Falta de empleo o alternativas productivas Salarios bajos
Baja calidad de vida	Servicios públicos inexistentes y/o deficientes (agua potable, drenaje, electricidad, etc.) Desnutrición Falta o deficientes servicios de salud Instalaciones educativas inadecuadas Falta de espacios recreativos Vías de comunicación inaccesibles

Baja densidad de recursos forestales (Deforestación) y fauna silvestre	Cambio de uso del suelo Alta necesidad de leña y postes para cercas Falta de programas eficientes de reforestación Falta de protección a la fauna silvestre Falta de cultura ecológica
Baja productividad de cultivos agropecuarios	Degradación de suelos Desconocimiento o baja fertilidad de los suelos Plagas y enfermedades Uso inadecuado de agroquímicos Uso de variedades con baja productividad y resistencia a enfermedades Labranza tradicional Descapitalización
Baja productividad ganadera	Baja producción de forrajes Escasez de forraje verde en la época de secas Dietas no adecuadas en la alimentación Baja calidad genética del ganado Deficiente manejo zoonosanitario Poca infraestructura pecuaria
Contaminación ambiental	Basurero al aire libre con quema muy frecuente Falta o deficiente sistema de drenaje de aguas residuales Quema de basura Contaminación por uso de agroquímicos y desecho de envases Falta de cultura ambiental
Falta de agua para consumo humano y uso agropecuario	Compactación del suelo Alta tasa de escurrimientos superficiales y baja infiltración Contaminación por ganado Mantos freáticos profundos y alto consumo de agua para riego Falta de cultura ecológica.
Deficiente comercialización de productos agropecuarios	Precios bajos Desorganización de los productores Bajo poder de gestión

Cuadro 42. Alternativas de solución a la problemática de alta migración en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Alta Migración							
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO
Tienda comunitaria	X		X				
Curso de panadería		X				X	
Capacitación e infraestructura de costura (gancho, punto de cruz, bordado y deshilado, compra de						X	

máquinas de costura)							
Microempresas: aves de corral (Pollos, gallinas ponedoras, codorniz, encubadora)	X	X	X	X		X	X
Capacitación en: Administración y gestión de proyectos ecoproductivos Formulación de proyectos comunitarios para mujeres Desarrollo de cadenas productivas		X					
Molino de nixtamal		X					
Capacitación en: belleza (corte de pelo), tejido de 2 agujas			X				
Capacitación en conservas Crédito productivo para mujeres Ahorrando contigo	X						
Capacitación en huertos familiares	X						
Curso de confección de ropa			X		X		X
Cooperativa de producción agropecuaria					X		
Producción de champiñón					X		
Secadora de productos del campo					X		
Empacadora de pepino y productos del campo					X		
Organización de pescadores					X		
Empleo a jóvenes					X		
Proyecto de ecoturismo en la ribera del lago					X	X	

Proyecto de ecoturismo en la Presa del Padre					X		
Créditos microempresariales						X	
Proyecto de Ecoturismo en la Presa de los Caballos						X	

Cuadro 43. Alternativas de solución a la problemática de baja calidad de vida en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Calidad de Vida							
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO
Pavimentación de camino de Santa Rita a la localidad	X	X	X	X			
Agua potable			X	X			
Rehabilitación del sistema de drenaje		X				X	
Diagnóstico del sistema de agua potable (mantenimiento, filtros, módulo roto, llave de paso, tubería, etc.).		X					
Pisos a viviendas, rehabilitación y ampliación	X	X	X	X		X	X
Construcción de salón de usos múltiples	X	X	X			X	X
Acondicionamiento de área de reunión con muro de contención		X					
Construcción o acondicionamiento de cancha deportiva	X	X	X				
Alumbrado público	X		X	X			
Empedrado de calles		X	X				X
Gestión Legalización del predio "La Pala" y servicios básicos						X	
Telefonía	X	X	X	X		X	X
Construcción o acondicionamiento del Centro de Salud	X	X	X				X

Promoción e implementación de campañas sobre prevención y control de Diabetes, Hipertensión, Colesterol, Vista, Oídos, Parálisis Cerebral, Cáncer de próstata, mama y matriz	X	X	X	X	X	X	X
Asistencia médica y suministro de medicamentos	X	X	X				X
Cursos de cocina y nutrición		X				X	
Cursos de manejo de la tercera edad					X	X	
Implementación del	X	X	X			X	X

Seguro Popular							
Acondicionamiento de bordo de contención de la presa y abrevadero para ganado, Puente desagüe de presa y entrada al poblado	X						
Estímulos de becas para estudiantes de secundaria y superiores	X		X	X			
Telesecundaria			X	X			
Transporte para estudiantes y personas	X						
Desayunador en escuela	X						
En Primaria (priorizadas): 1. Reparación de sanitarios 2. Impermeabilizado y pintado de aulas 2. Barandal en el puente ubicado a la salida de la escuela 3. Construcción de cancha deportiva 4. Construcción de aljibe 5. Acondicionamiento de aulas (aplanado, protección, luz, ventanas) 5. Butacas individuales 5. Máquina de escribir 5. Equipo de sonido		X					

Escuela Primaria: En aula, cambio de techo de lámina por concreto Plantación de árboles frutales Arreglo de entrada y patio							X
En Preescolar: Acondicionamiento de área de juegos Reforestación en áreas expofeso							X
Telesecundaria: Construcción de barda perimetral Actualización de equipo de cómputo Equipamiento de						X	

laboratorio Techado de la cancha (auditorio deportivo) Reforestación en áreas ex profeso Pintura y herrería en salones							
Escuela primaria: Impermeabilización de aulas Bomba para aljibe Pisos en aulas Techado de la cancha (auditorio deportivo)						X	
Preescolar: Control de plaga de hormigas Reparación de chapas en puertas Reparación de volantín Bancas en área de recreo Pintado de bardas						X	

Cuadro 44. Alternativas de solución a la problemática de deforestación y fauna silvestre en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Densidad de Recursos Forestales (Deforestación) y Fauna Silvestre							
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO
Estufas ahorradoras de leña	X (15)	X (25)	X (13)	X (7)		X (200)	X (36)
Reforestación	X				X	X	
Represas en cárcavas				X	X		
Establecimiento de cercas vivas en linderos de parcelas y caminos	X		X				
Reforestación y limpieza de barrancas	X						
Colecta de semilla y establecimiento de un vivero con especies						X	

nativas							
---------	--	--	--	--	--	--	--

Cuadro 45. Alternativas de solución a la problemática de baja productividad de cultivos agropecuarios en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Productividad de Cultivos Agropecuarios							
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO
Revestimiento de caminos y apertura de brechas a predios	X	X	X			X	X
Despiedre y nivelación de de parcelas	X	X	X			X	
Capacitación sobre: Elaboración de abonos orgánicos, cultivo del maíz, producción de forrajes y ensilaje, mejoramiento genético y dietas en ganado vacuno (doble propósito), control de plagas en cultivos agrícolas, aplicación de agroquímicos, Prácticas ecológicas sustentables (manejo de excretas)	X	X	X	X	X	X	X
establecimiento de parcelas demostrativas	X	X	X	X	X	X	X
Control de la plagas agrícolas, prioridad el chocho	X	X	X	X	X	X	X

Cuadro 46. Alternativas de solución a la problemática de baja productividad ganadera en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Productividad Ganadera							
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO
Siembra de pastos mejorados	X	X	X	X			
Sistemas silvopastoriles	X	X				X	
Construcción de silos	X	X	X	X	X	X	X
Picadora para ensilaje		X				X	
Construcción y/o rehabilitación de instalaciones ganaderas	X	X	X	X		X	X
Adquisición de pie de cría (chivas y/o terneras, cerdos)	X	X	X	X	X	X	X

Campaña de prevención y control de enfermedades	X	X	X	X	X	X	X
---	---	---	---	---	---	---	---

Cuadro 47. Alternativas de solución a la problemática de contaminación ambiental en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Contaminación ambiental							
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO
Construcción o Acondicionamiento del sistema de drenaje o fosas secas	X	X	X	X			X
Construcción de planta tratadora de aguas residuales		X			X	X	X
Campaña para uso adecuado y deposición de envases de agroquímicos	X	X	X	X	X	X	X
Capacitación en: Contaminación ambiental Ecosistemas y áreas naturales protegidas Manejo de residuos sólidos Manejo del agua		X					
Clausura de basurero y reubicación en relleno sanitario					X	X	
Campaña de manejo de la basura	X					X	
Campaña de análisis de suelos							
Campaña de agua limpia y cloración de agua	X					X	X

Cuadro 48. Alternativas de solución a la problemática de falta de agua en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Falta de Agua para Consumo Humano y Uso Agropecuario							
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO
Construcción, ampliación y/o de desasolve de represas para captación de agua y producción piscícola	X	X	X	X		X	X
Cercado de la Presa de los Caballos						X	
Cercado Presa del Padre					X		

4.5. La ERP como herramienta de trabajo en la microcuenca

La ERP en la microcuenca "Rosa de Castilla" fue el primer paso necesario para realizar el trabajo. El desarrollo de talleres participativos desde el punto de vista de la ERP permitió el acercamiento con los pobladores de cada una de las localidades para lograr acuerdos sobre proyectos para el desarrollo y mejora de la calidad de vida y aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos naturales. Los proyectos del plan de manejo están orientados al desarrollo local a través de la evaluación de la forma de vida, el estado de los recursos naturales en una localidad determinada y a la factibilidad de apoyo por parte de las instituciones municipales, estatales y federales. A partir de este proceso se busca brindar la información más completa para fortalecer la toma de decisiones de acciones locales en un plan de manejo integral de la microcuenca.

El trabajo inició con asambleas generales en cada localidad donde se dieron a conocer los objetivos y alcances de la ERP y se definió una serie de instrumentos de planeación participativa, discusión y análisis de las propuestas identificadas. Una vez terminado el trabajo de detección de propuestas, se presentaron en asamblea general, los resultados y el plan de acción comunitaria para su aprobación, mediante materiales como mapas, gráficos, dibujos y material audiovisual, con la finalidad de transmitir los resultados más importantes de manera clara y sencilla.

4.6. Conclusiones

La ERP es un sistema que permite a los pobladores identificar las amenazas que ponen en riesgo los recursos naturales, se identifica la problemática y se analizan las causas y se proponen soluciones de largo plazo. Asimismo, se analizan las necesidades de asistencia técnica y capacitación.

Con los talleres de ERP, se generan planes de acción para facilitar el desarrollo de las localidades, dentro de un marco de libre participación de los actores sociales, de la

sostenibilidad de proyectos y del manejo sustentable de los recursos naturales. También se conoce información sobre cada localidad (social, económica y ambiental) que permite concretar en los beneficios esperados a partir de la operación de sus iniciativas.

4.7. Recomendaciones

El uso de herramientas participativas en actividades de desarrollo se debe principalmente a el proceso es dinámico donde las personas dedicadas a diversas actividades se dieron cuenta de lo poco organizadas que estaban tanto para la producción agropecuaria como uso de los recursos naturales de manera sustentable.

Se nombró un grupo de representantes en cada localidad y se requiere la integración de todas las localidades en un Comité de la Microcuenca “Rosa de Castilla” para la toma de decisiones y facilitar la gestión a nivel de microcuenca ante las Instituciones y Organizaciones que podrían apoyarles en la implementación del Plan de manejo.

Esta metodología es importante para implementar estrategias prácticas para el buen uso y conservación de los recursos, al tiempo que brinda la oportunidad para elaborar proyectos de desarrollo viables para las comunidades involucradas.

4.8. Anexo fotográfico

A continuación se presentan fotos tomadas en los talleres de ERP (Figura 29) y otras se pueden consultar en el Anexo 3.



Figura 29. Aspectos de los talleres de evaluación rural participativa en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

5.- PRONÓSTICO DEL PROCESO EROSIVO (RIESGO A LA EROSIÓN)

5.1. Importancia del estudio de la erosión de suelos

Para evaluar la magnitud de la erosión de suelos se pueden seguir diferentes criterios, de acuerdo con los objetivos, la precisión deseada y los recursos disponibles, entre otros aspectos. Por ejemplo, podría interesar la identificación de las causas, del agente activo predominante, las formas de la erosión, el riesgo del terreno para este deterioro, o quizá la velocidad a la cual avanza. De manera especial, puede interesar la estimación de la erosión con fines de planeación del manejo de terrenos y cultivos.

En éste último caso, la magnitud medida o estimada de la erosión, se compara con un umbral de pérdida de suelo de referencia y del resultado de esa comparación se pueden derivar criterios y decisiones de planeación; éste umbral de referencia es el "límite permisible de pérdida de suelo por erosión" (LPPS).

El LPPS se define como "la tasa máxima de erosión de suelo que permite que se sostenga un nivel alto de productividad". (Morgan, 1986). Así expresado, este concepto involucra a todos los componentes del suelo que inciden en su productividad, es decir, los físicos, químicos y biológicos, por lo que difícilmente se podría cuantificar tal umbral. Por lo tanto, buscando simplificar este concepto, a fin de utilizarlo en cuestiones prácticas, comúnmente se considera sólo el componente físico del suelo, expresado a través del peso del suelo. Conceptualmente se dice que el suelo se conservará si los procesos de pérdida de suelo no superan en magnitud a los procesos de formación.

La erosión es un proceso natural (erosión geológica); pero simultáneamente y también en forma natural, los procesos de formación del suelo actúan transformando la roca y los residuos orgánicos en suelo. En condiciones naturales, ambos procesos contrarios alcanzan un equilibrio dinámico y el suelo se conserva o tiende a una condición clímax. Sin embargo, en los últimos tiempos ese equilibrio ha sido severamente alterado por el hombre con sus diversas actividades, acelerando la erosión (erosión inducida).

Para establecer el LPPS se partió de la estimación de la velocidad de formación del suelo hecha por investigaciones en EUA, las cuales indicaron que bajo condiciones naturales se requieren unos 300 años para formar una capa de suelo de 25 mm de espesor, mientras que en condiciones de uso agrícola convencional, ese tiempo se reducía a la décima parte, es decir, 30 años

La evaluación de los procesos erosivos es de gran importancia debido a que permite conocer la mecánica del fenómeno y ayuda a implementar las medidas correctivas mas apropiadas para su control, señalando el mejor uso del suelo de acuerdo con su capacidad productiva.

La erosión en su contexto global no solo implica el proceso físico del desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo, sino también la disminución de la potencialidad de producción del terreno, generando muchas veces grandes problemas de acarreo de sedimentos, los cuales son depositados en las partes bajas de las cuencas, afectando terrenos altamente productivos y reduciendo la vida útil de los sistemas de almacenamiento (Oropeza, 1980).

En la cuenca de Cuitzeo se ha detectado la presencia de fenómenos erosivos de considerable magnitud, ésto implica la degradación de vastas áreas de terreno convertidas en zonas inestables e improductivas, lo cual ha provocado su avanzada degradación (Medina, 2002). Por otro lado, los procesos erosivos repercuten en una propiedad de gran importancia para el suelo: la estabilidad de los microagregados, propiedad que se relaciona estrechamente con múltiples factores físicos, químicos y biológicos, que actúan directa e indirectamente causando alteraciones en el comportamiento del suelo (Bedolla, 2007).

5.2. Modelo matemático de la erosión hídrica (EUPS)

Después de numerosos intentos y aportaciones de investigación para desarrollar una herramienta predictiva de la erosión, a principios de los 60's se desarrolló la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS). Esta ecuación es un modelo diseñado para estimar la pérdida promedio de suelo de la erosión por salpicamiento y en canalillos bajo condiciones especificadas y para un tiempo prolongado.

El principal propósito de la EUPS es servir como guía metodológica para la toma de decisiones en la planeación de la conservación del suelo, sobretodo para la selección de

prácticas adecuadas para controlar la erosión en terrenos de cultivo y áreas de construcción (Wischmeier, 1978). De manera más específica, la EUPS se puede utilizar para los siguientes fines (SARH, 1991):

- a) Predecir la pérdida anual de suelo promedio de un terreno con pendiente bajo un uso específico.
- b) Seleccionar sistemas de manejo, cultivos y prácticas de conservación para pendientes y suelos específicos.
- c) Predecir los cambios en pérdida de suelo que ocurrirían al darse un cambio en prácticas de cultivo o conservación para un terreno dado.
- d) Determinar cómo se pueden aplicar o modificar prácticas de conservación para que se tenga un uso más intensivo del terreno.
- e) Estimar las pérdidas de suelo para terrenos diferentes a los agrícolas.
- f) Dar estimaciones de pérdida de suelo a conservacionistas, para determinar necesidades de conservación.

Para tomar decisiones en cuanto al manejo del terreno o el cultivo, una vez estimada la pérdida de suelo con la EUPS, esa pérdida se compara con la "pérdida permisible" y de resultar más alta, se procede a seleccionar una o varias modificaciones en cuanto a manejo, cambio de cultivo o práctica por realizar.

Las decisiones de manejo del suelo generalmente tienen influencia sobre la pérdida de suelo, por afectar a los factores C y/o P de la EUPS; por su parte L y S pueden ser modificados por la construcción de terrazas y obras afines, mientras R y K generalmente son fijos para un sitio dado.

Por otro lado, no obstante la gama de usos arribas mencionados, la EUPS presenta varias limitaciones, entre la cuales las más importantes, de acuerdo con Wischmeier (1976), son las siguientes:

- a) La EUPS no estima adecuadamente la erosión en eventos, estaciones o años específicos.
- b) Sobreestima la pérdida en zonas planas de precipitación abundante.
- c) No estima la erosión que ocurre por la concentración de los escurrimientos superficiales.
- d) No proporciona información sobre tamaño, densidad, área superficial y otras características de los sedimentos, que son importantes para estimar su potencial de adsorción y transporte de sustancias químicas.

Además de las limitaciones anteriores, hay que tomar en cuenta que la EUPS fue desarrollada para las condiciones de EUA, y por lo tanto, puede no ser adecuada para condiciones diferentes (por ejemplo, en el Trópico), en cuyo caso se requiere de la validación y modificación correspondientes. De cualquier manera, se le considera como una valiosa herramienta en la planeación de la conservación del suelo (Foster, 1981).

En la actualidad se evalúan modelos matemáticos para predicción de la erosión y/o planificación de su control., más sofisticados que la EUPS tales como el "Water Erosion Prediction Project"(WEPP) (Lane *et al.*, 1989); sin embargo, su uso requiere de información que por su nivel de detalle generalmente no está disponible en los países en vías de desarrollo, por lo tanto, la EUPS sigue vigente como la principal herramienta numérica para fines de planeación de la conservación de suelos.

5.3. Factores que intervienen en los procesos de erosión

La EUPS agrupa las numerosas interrelaciones de parámetros físicos y de manejo que influyen en la tasa de erosión en seis factores principales, cuyos valores pueden ser expresados numéricamente para un sitio específico, que multiplicados entre sí dan por resultado una estimación de la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie (ha) y tiempo (año). Este modelo tiene la siguiente expresión:

$$A=RKLSCP$$

Donde:

A=pérdida de suelo en ton/ha

R=factor de erosividad de la lluvia

K=factor de erosionabilidad del suelo

LS=factor de longitud y grado de pendiente

C=factor de cultivo o cobertura vegetal

P=factor de prácticas mecánicas

La ecuación básica en este modelo está definida por los factores activo y pasivo de la erosión (el agua que erosiona al suelo), y se expresa por: $A=RK$. Con ella se puede cuantificar la pérdida de suelo cuando el terreno presenta las condiciones estándar para los demás factores, que son:

- a) para L: 22.13 m de longitud de pendiente
- b) Para S: 9% de pendiente o inclinación del terreno.
- c) Para C: condición de terreno desnudo con barbecho continuo
- d) para P: laboreo en el sentido de la pendiente

Estos factores de la ecuación (L, S, C, P) llamados "secundarios", representan la relación de pérdida de suelo entre una condición dada de campo y la condición estándar respectiva para ese factor.

5.3.1. Erosividad de la lluvia (Factor R)

De acuerdo con las investigaciones de diversos autores, ninguna de las características de la lluvia considerada en forma individual, presenta una correlación suficiente para explicar la pérdida de suelo causada por la lluvia. La mejor correlación se encontró con la energía cinética, pero ni aún en este caso, tal relación explicaba suficientemente el proceso erosivo. Finalmente, una correlación aceptable se obtuvo al combinar, como índice de erosividad, a dos características de la lluvia tempestuosa: la energía cinética y la intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos.

El factor de erosividad de la lluvia (R) en la EUPS, se define como el producto de dos características de la lluvia tempestuosa: la energía cinética total de la lluvia (EC) y la intensidad máxima en 30 minutos (EI_{30}).

$$EI_{30}=(Ec)(I_{30})$$

Donde:

EI_{30} =índice de erosividad para un evento (MJ.mm/ha.hr)

Ec=energía cinética total de la lluvia (MJ/ha)

I_{30} =intensidad máxima de la lluvia en 30 min (mm/hr)

A pesar de haber sido desarrollado para condiciones de una región de los EUA, el EI_{30} ha mostrado ser eficiente para estimar las pérdidas de suelo en muchas regiones del mundo.

5.3.2. Erodabilidad el suelo (Factor K)

El término erosionabilidad del suelo K, se usa para indicar la susceptibilidad de un suelo particular a ser erosionado. Este factor refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan a diferentes tasas a igualdad de los demás factores, y se define como la tasa de pérdida de suelo por cada unidad adicional del EI_{30} cuando los factores L, S, C y P permanecen constantes.

La erosionabilidad de los suelos depende de diversas propiedades y características del suelo, siendo las más importantes, de acuerdo con autores citados por SARH (1991), las que se numeran a continuación:

- Distribución de las partículas primarias (arena, limo y arcilla);
- Contenido de materia orgánica
- Estructura del suelo;
- Óxidos de hierro y aluminio

- Uniones electroquímicas
- Contenido inicial de humedad;
- Procesos de humedecimiento y secado de suelo.

5.3.3. Longitud y porcentaje de la pendiente (Factor LS)

El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores L y S, para la longitud (L) y el grado (S) de la pendiente, en este último caso expresado en porcentaje. A medida que ambas características de la topografía se incrementen, su efecto en la pérdida de suelo es mayor. A menudo estos factores son representados con un factor único: LS

La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen de la escorrentía hasta cualquiera de los siguientes puntos:

- a) donde la pendiente disminuye a tal grado que ocurre sedimentación.
- b) donde al agua de escorrentía entra a un canal bien definido.

5.3.4. Cobertura vegetal (factor C)

El factor de manejo y cobertura C de la EUPS representa la cantidad de suelo perdido de un terreno bajo condiciones específicas de uso y vegetación, en comparación con la pérdida de suelo que pudiera presentar el mismo terreno estando desprovisto de vegetación y bajo labranza continua. Aunque C es tratado como una variable independiente en la EUPS, el verdadero valor de este factor es probablemente dependiente de todos los demás factores, por lo que a menudo su valor se necesita establecer experimentalmente.

Como se indicó anteriormente, en la condición estándar (sin cobertura vegetal y con barbecho continuo) condición extrema en cuanto a favorecer la erosión, el valor de "C" es la unidad y será cada vez menor a medida que haya una mejor cobertura vegetal sobre el terreno. Cabe señalar que no es posible evaluar independientemente los factores de manejo y cobertura, debido a que sus efectos están incluidos por muchas correlaciones importantes, entre ellas SARH (1991) menciona las siguientes:

- a) La influencia de la rotación de cultivos en la duración de la cobertura vegetal y su efecto residual sobre el suelo.
- b) Las labores de labranza, que pueden dejar la superficie del suelo con o sin residuos de la cosecha anterior; asimismo, pueden dejarla con diversos grados de rugosidad.
- c) La eficiencia de los resididos vegetales en el control de la erosión depende de la cantidad disponible de los mismos.
- d) La protección de la cobertura aérea de los cultivos depende del tipo de vegetación, su densidad y la calidad del crecimiento vegetal, los cuales varían mucho durante el año.
- e) La eficiencia de un cultivo para evitar la erosión depende de cuánta lluvia erosiva ocurra durante los distintos periodos de crecimiento del cultivo.

5.3.5. Prácticas mecánicas (factor P)

El factor P de la EUPS es la proporción de la pérdida de suelo que se presenta cuando se hace uso de alguna práctica específica, en comparación con la pérdida de suelo ocurrida cuando se cultiva en laderas sin práctica de conservación alguna. Los métodos de control de la erosión incluidos en este factor son generalmente el surcado al contorno, el terraceo y el cultivo en fajas o franjas.

5.4. Obtención de los factores de la EUPS

El factor erosividad de la lluvia (R), como se mencionó anteriormente, se define como el producto de dos características de la lluvia tempestuosa: la energía cinética total de la lluvia (EC) y la intensidad máxima en 30 minutos (I_{30}):

$$EI_{30}=(Ec)(I_{30})$$

Donde:

EI_{30} =índice de erosividad para un evento (MJ.mm/ha.hr)

Ec =energía cinética total de la lluvia (MJ/ha)

I_{30} =intensidad máxima de la lluvia en 30 min (mm/hr)

Wischmeier y colaboradores también analizaron la distribución de los tamaños de las gotas de lluvia y la velocidad terminal de las mismas, determinando una ecuación para calcular la energía cinética de la lluvia a partir de su intensidad, la cual, en forma general se expresa por:

$$Ec=A+B(\log_{10}I)$$

En ésta, los parámetros A y B pueden tomar diferentes valores numéricos, según las unidades que se utilicen para la intensidad de lluvia (pulgadas/ha, cm/hr, mm/hr). La versión más utilizada actualmente es la propuesta por Foster et al. (1981), la cual con base en el sistema internacional de medidas (SI), se expresa como sigue:

$$Ec_i=0.119+0.0873\log_{10}(I_i); \quad I_i=p_i(60/t_i)$$

Donde:

I_i =intensidad de lá lluvia, em el intervalo i, expresada em mm/hr

Ec_i =energía cinética para el intervalo de tiempo i, em MJ/há.mm

T_i =es el tiempo del intervalo en min.

P_i =cantidad de lluvia en el intervalo de tiempo i, en mm.

La ecuación anterior es válida para intensidades de lluvia menores a 76 mm, considerando que a intensidades mayores el tamaño de gotas ya no se incrementa y/o que una parte de

la energía de una masa mayor de lluvia es absorbida por la lámina de agua que sobre la superficie del suelo dejen las lluvias tempestuosas. En los casos en que este umbral de intensidad sea rebasado, se recomienda utilizar un valor constante de E_c para el intervalo correspondiente: $E_{c_i}=0.283 \text{ MJ/ha.mm}$)

Para calcular la energía cinética total de una tormenta es necesario dividir la curva del pluviograma respectivo en varios segmentos, según los cambios de intensidad registrados en el evento. Luego se aplica la ecuación anterior para cada segmento, se multiplica el resultado de cada uno por la cantidad de lluvia que ocurrió a esa intensidad, y se suman los resultados parciales, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$E_c = \sum_{i=1}^n E_{c_i} p_i$$

Donde:

E_c =energía cinética total para el evento, en MJ/ha.

n =número de intervalos con diferente intensidad durante el mismo evento.

E_{c_i} y p_i ya fueron definidos

Con todo el anterior, la expresión algebraica de R es:

$$\sum_{j=1}^m (EI_{30})_j$$

Donde:

R =factor de erosividad de la lluvia o índice de erosividad anual de Wischmeier, expresado en MJ/ha. Año.

m =número de eventos durante el año

Cortés (1991) calculó los valores del factor R para 53 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el país. Con estos datos elaboró el mapa de líneas de erosividad a la escala 1:4,000,000.

De acuerdo con este autor, el índice de erosividad fluctúa entre 500 y 40,000 MJ/ha/año, límites éstos que se localizan respectivamente en el noroeste y el sureste del país.

Dado el escaso número de estaciones con registros pluviográficos en el país y la escala baja del plano mencionado, Cortés (1991) consideró conveniente regionalizar las estaciones, con el propósito de delimitar áreas con características similares de lluvia en cuanto a su erosividad, delimitando así en 14 regiones.

Mediante el análisis de regresión se generaron ecuaciones de aplicación regional, las cuales permiten estimar el factor R de la EUPS en función de la lluvia anual. El plano de isoerodentes y las ecuaciones de aplicación regional constituyen una valiosa herramienta para generalizar el uso de la EUPS en México, pues la falta de información pluviográfica habría restringido por décadas su utilización a muy pocos sitios del país.

No debe olvidarse que esta forma de estimar R carece de precisión puntual, máxime si se considera la enorme variabilidad topográfica de gran parte del país. Por lo tanto, los valores así calculados deberán considerarse solamente como orientativos para fines de planeación. También es importante considerar también su distribución a través del tiempo.

La eficiencia en el control de la erosión en un sistema de cultivo dado depende, en parte, de la forma en que se distribuye la lluvia erosiva a través del año. Por lo anterior, se calcularon los valores decenales del EI_{30} para las 14 regiones descritas por Cortés (1991) y se expresaron como porcentajes del valor total del índice anual.

De esta manera es posible obtener el porcentaje del índice anual de erosión que ocurre en un periodo dado del año, leyendo en la línea apropiada los valores correspondientes a la primera y última fecha del periodo considerado, restando entre sí.

El factor de erodabilidad el suelo (K) puede ser evaluado en lotes experimentales, si se resuelve la ecuación:

$K=A/RSLCP$ para condiciones no estándar de L, S, C, P

$K=A/r$ para condiciones estándar.

Sin embargo, el procedimiento experimental es tardado y costoso, razón por la cual desde la década de los 60 se realizaron estudios para describir el factor K en función de las propiedades del suelo.

Según Wischmeier t Mannering (1969), citados por Mitchell (1984), en esos estudios se involucraron 15 propiedades del suelo y sus interacciones, obteniendo una ecuación de regresión múltiple de 24 términos, la cual resulta bastante complicada para usos prácticos.

Por esta complejidad se optó por la solución nomográfica para obtener el valor de K. Además, en estas investigaciones, se determinaron dos aspectos importantes:

- La fracción limosa se amplió para incluir a las arenas muy finas, mejorando la predicción.
- El porcentaje de arena junto con el de arena fina y limos explica el 85% de la variación en los valores de K observados en los suelos estudiados, lo que hace posible la predicción de la erosionabilidad de un suelo a partir de estos datos de laboratorio.

Para utilizar el nomograma de erosionabilidad, se necesita conocer los cinco parámetros siguientes:

- a) Porcentaje de limos (0.002-0.05 mm) y arenas muy finas (0.05-0.10 mm)
- b) Porcentaje de arena (0.1-2.0 mm)
- c) Contenido de materia orgánica en %
- d) Estructura
- e) Permeabilidad.

De estos parámetros los tres primeros se obtienen a partir del análisis de muestras de suelo en los laboratorios, mientras que la estructura y la permeabilidad se determinan en campo, según la valoración que se da en el nomograma mismo. Cabe mencionar que, si solo se dispone de los tres primeros, puede determinarse una primera aproximación de K.

Los valores de K varían desde cerca de cero hasta casi 0.10, de acuerdo con la versión del nomograma modificado por Foster *et al.* (1981), que es la más utilizada actualmente por estar adaptada al Sistema Internacional de Medidas.

Antes de la modificación de Foster *et al.* (1981) se publicaron otras dos versiones de nomograma de Wischmeier, comunes en la literatura sobre el tema:

- a) La versión original en el sistema inglés.
- b) La adaptación de esa versión al sistema métrico.

Estas versiones presentan una escala de valores de alrededor de 10 veces los obtenidos con la versión modificada por Foster (1981), con un rango de 0.1 a cerca de de 1.0 y con un desfase entre si cerca de 0.3 unidades de K. por lo tanto, como todas estas versiones se pueden encontrar en la literatura afín, se debe tener precaución al escoger la versión a utilizar en un caso dado.

Con ayuda del nomograma, resulta fácil determinar el valor de K, sin embargo, al igual que en el caso de R, desafortunadamente en muchas regiones de diversos países no se cuenta con los datos necesarios para utilizar este procedimiento. Por lo tanto, cuando se

presentan estas circunstancias se recomienda utilizar la metodología propuesta por la FAO (1980) para estimar el valor de K, a partir de la textura superficial y la unidad de suelo según el sistema de clasificación de la propia FAO.

Para el factor de longitud y porcentaje de la pendiente (LS), la L es la proporción entre la pérdida de suelo que puede ocurrir en un terreno con longitud de pendiente "x" y la pérdida ocurrida en un terreno de longitud estándar, permaneciendo constantes lo demás factores, esto es:

$L = \frac{\text{Pérdida de suelo, con longitud } x}{\text{Pérdida de suelo, con longitud estándar (22.01 m)}}$

Para obtener el valor numérico del factor con esta relación, sería necesario contar con datos experimentales para cada caso, lo que limitaría enormemente su uso; sin embargo, se ha desarrollado un procedimiento sencillo de cálculo para este factor, a partir de datos obtenidos con lotes de escurrimiento de longitud estándar (Wischmeier, 1978). De esta manera, el factor L está definido por la relación siguiente:

$$L=(x/22.13)^m$$

Donde:

X=longitud de la pendiente (m).

m=exponente que depende del grado de pendiente.

La magnitud del exponente (m) varía en función de la pendiente del terreno, siendo sus valores entre 0.2 y 0.5, como se indica a continuación (Mitchell, 1984):

m=0.5 si la pendiente del terreno es mayor de 5%

m=0.4 para pendientes entre 3 y 5%

m=0.3 para pendientes entre 1 y 3%

m=0.2 si la pendiente es menor a 1%

Se determina la relación del grado de la pendiente con la erosión, con la siguiente ecuación para calcular el valor del factor S:

$$S= 0.065+0.045s+0.0065s^2$$

Donde:

S=factor de gradiente de pendiente, para usar en la EUPS

s=pendiente del terreno, en porcentaje.

Puesto que en la EUPS dichos factores son multiplicativos, se puede unir ambas ecuaciones obteniendo el valor conjunto del factor por topografía (LS):

$$LS=(x/22.13)^m (0.065+0.045s+00065s^2)$$

La ecuación anterior fue generada para casos de pendientes aisladas uniformes, y solo para esos casos se recomienda su uso con buena precisión. Al respecto, Mitchell (1984) indica que si se usa este procedimiento para el cálculo de LS en pendientes cóncavas el resultado será una sobreestimación de la pérdida de suelo y una subestimación en pendientes convexas.

Para el factor de cobertura vegetal (C) se considera que los cambios en la cobertura efectiva desarrollada por los cultivos es gradual a través del año, para calcular los valores de C en los cultivos, el año se divide en periodos de crecimiento definidos, asumiendo, para simplificación, que tal cobertura es uniforme en cada periodo y considerando la interacción entre la cobertura vegetal y la erosividad de la lluvia.

Convencionalmente, se distinguen los cinco periodos los cuales corresponden al mismo número de fases de cultivo. Como la duración de éstas varía para los diferentes cultivos, las fechas de inicio y término de los periodos deben ser establecidos para cada caso particular.

Para calcular el valor de C, es necesario determinar, por un lado, el porcentaje de erosividad anual correspondiente a cada uno de los periodos arriba indicados y por otro, la porción de C correspondiente a la cobertura presente en esos mismos periodos. Con el producto de ambos valores, expresados como fracción unitaria, se obtienen el valor de C

para cada periodo de cultivo en cuestión y la suma de esos valores parciales será el valor anualizado del factor C.

Cuando se pretende una buena precisión, la estimación de C debe hacerse para cada sistema de cultivo, lo cual es complejo. No obstante, para propósitos de planeación, en

aquellos casos donde se carece de la información detallada requerida, se pueden utilizar los valores reportados en tablas por diversos autores.

Para el factor de prácticas mecánicas (P), de acuerdo con Wischmeier (1978) y otros autores como SARH (1991), los valores del factor P para las prácticas mecánicas mencionadas se localizan en tablas generadas, pero es conveniente hacer las siguientes observaciones:

- a) Dentro de cualquiera de estas prácticas, el valor del factor P es más efectivo para pendientes de 3 a 8% y a partir de este rango su efectividad disminuye gradualmente.
- b) Para pendientes por debajo de 2%, el valor del factor se incrementa con respecto al del rango de 3-8% debido al reducido efecto del método en comparación con cultivar sin la práctica en cuestión. De hecho, para pendientes menores a 2% no tiene sentido usar prácticas mecánicas con fines de control de la erosión.
- c) El factor anotado para la práctica de terraceo es para la predicción de pérdida de suelo total fuera del campo. Si se desea estimar la pérdida de suelo para el intervalo entre terrazas, deberá utilizarse la distancia entre una y otra terraza para el factor L y el valor correspondiente del cultivo al contorno para P.

5.5. Cartografía de la erosión

La superficie de la microcuenca "Rosa de Castilla" se dividió en 139 áreas en base a la pendiente, uso del suelo, tipo y densidad de la vegetación (Figura 30) y en cada una de ellas se estimaron los valores de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).

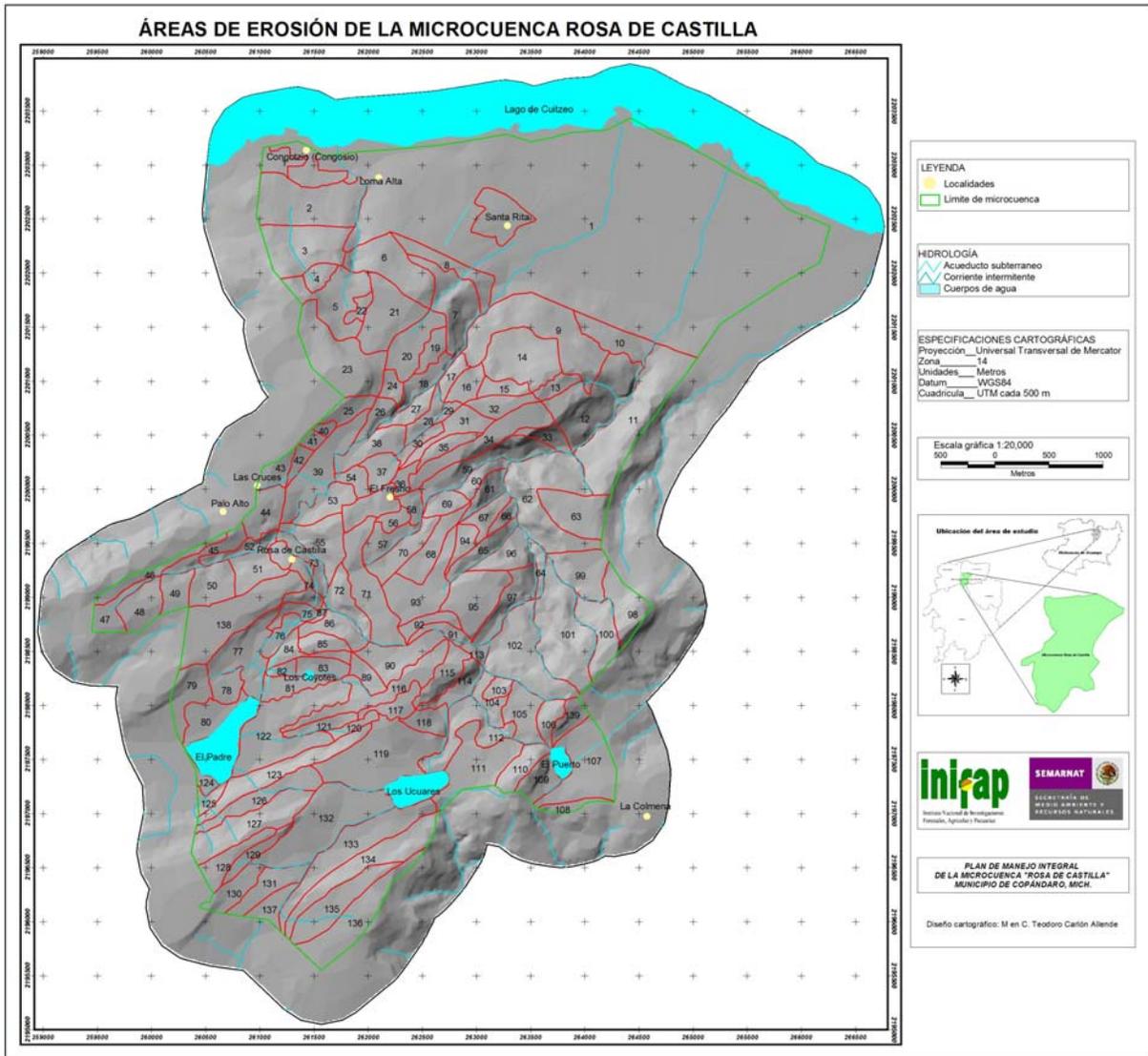


Figura 30. Áreas de erosión en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

5.6. Escenarios de la pérdida de suelos por erosión

En base a las 139 áreas, los resultados indican que en suelos con agricultura de riego la erosión se cuantificó con un promedio de 7.10 en un rango de 6.37 a 7.82 ton/ha; en agricultura de temporal de 24.85 en el rango de 10.48 a 52.09; en bosque de encino 6.20 de 0.82 a 16.97; en matorral subtropical 50.39 de 3.53 a 78.53; en la asociación matorral subtropical-pastizal 12.96 de 1.53 a 32.77; en pastizal de 5.60 de 0.20 a 32.35 y en

plantación de eucalipto 43.27 de 7.55 a 65.06 ton/ha, respectivamente (Figura 31 y Cuadro 49).

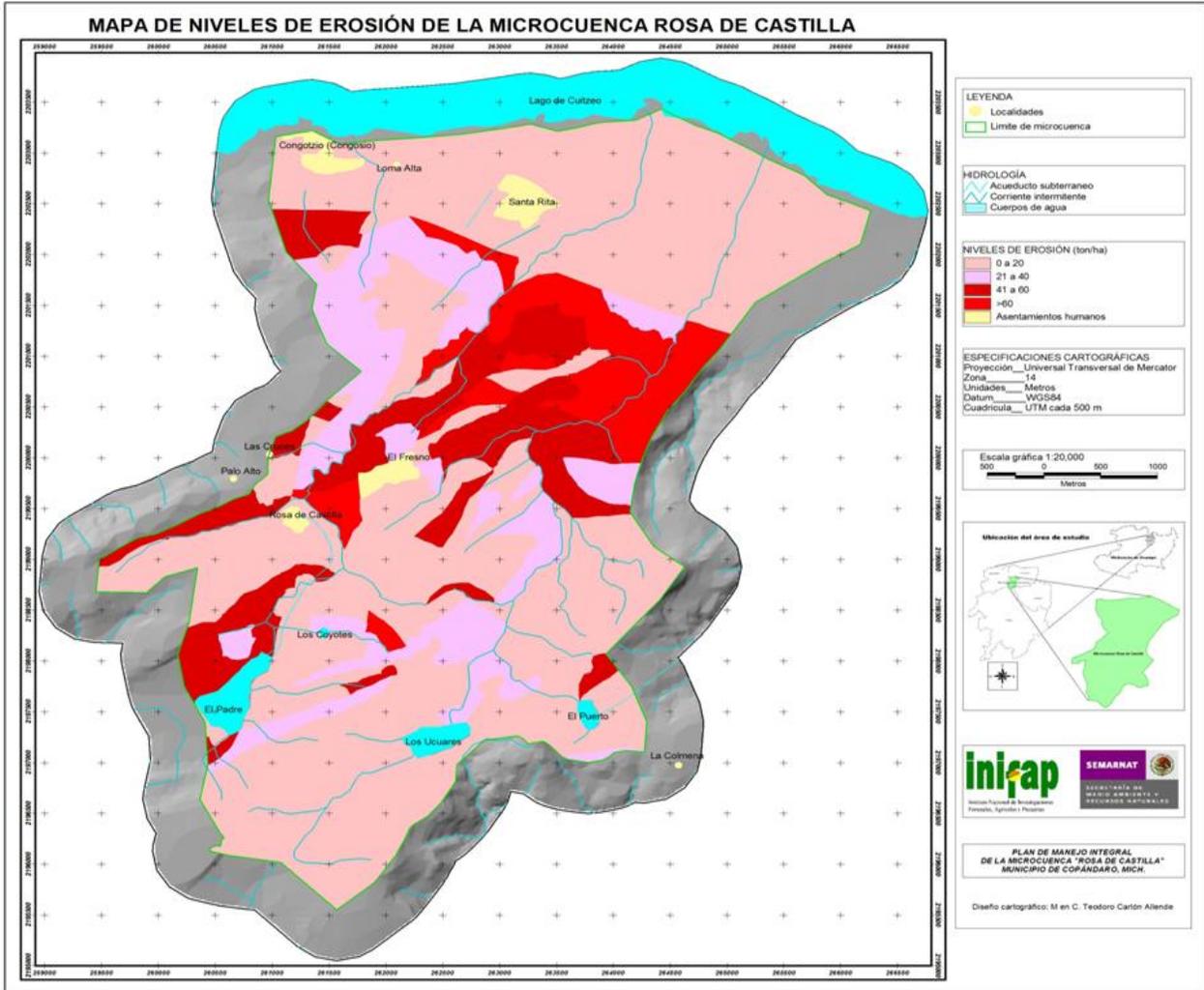


Figura 31. Niveles de erosión en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Cuadro 49. Estimación de la erosión en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Area No.	Uso y/o Vegetación	Pérdida de suelo (ton/ha)
1	Agricultura de riego	7.82
2	Agricultura de temporal	17.34
3	Matorral subtropical	42.54
4	Pastizal	0.32
5	Matorral subtropical	34.43
6	Matorral-pastizal	20.89
7	Matorral subtropical	22.46
8	Matorral subtropical	63.52

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA "ROSA DE CASTILLA"

9	Matorral subtropical	68.7
10	Agricultura de temporal	31.21
11	Matorral subtropical	78.53
12	Matorral subtropical	61.66
13	Matorral-pastizal	7.04
14	Matorral subtropical	57.54
15	Matorral subtropical	65.61
16	Matorral subtropical	40.38
17	Matorral subtropical	60.82
18	Matorral subtropical	65.33
19	Agricultura de temporal	27.66
20	Agricultura de temporal	18.35
21	Matorral subtropical	8.26
22	Agricultura de temporal	10.04
23	Matorral subtropical	34.65
24	Matorral-pastizal	16.64
25	Matorral-pastizal	32.77
26	Matorral-pastizal	9.67
27	Matorral-pastizal y Bosque de encino	20.51
28	Matorral subtropical	57.63
29	Matorral subtropical	57.94
30	Matorral subtropical	58.55
31	Matorral subtropical	61.34
32	Agricultura de temporal	13.65
33	Matorral subtropical	68.75
34	Matorral subtropical	56.06
35	Agricultura de temporal	16.15
36	Agricultura de temporal	10.48
37	Agricultura de temporal	27.97
38	Matorral subtropical	57.28
39	Agricultura de temporal	27.97
40	Agricultura de temporal y Matorral subtropical	18.9
41	Plantación eucalipto	49.22
42	Agricultura de temporal y Matorral subtropical	15.3
43	Matorral subtropical	43.16
44	Matorral-pastizal	9.75
45	Agricultura de temporal y Matorral subtropical	50.76

46	Matorral subtropical	50.63
47	Matorral-pastizal	16.67
48	Matorral-pastizal	17.47
49	Bosque de encino	2.73
50	Matorral-pastizal	8.23
51	Bosque de encino	8.44
52	Matorral subtropical	52.02
53	Matorral subtropical	59.92
54	Agricultura de temporal	52.09
55	Plantación eucalipto	65.06
56	Plantación eucalipto	7.55

57	Matorral-pastizal	11.91
58	Agricultura de temporal	25.61
59	Matorral subtropical	52.47
60	Matorral subtropical	50.49
61	Bosque de encino	7.5
62	Bosque de encino y Matorral subtropical	47.55
63	Pastizal y Agricultura de temporal	21.17
64	Matorral subtropical	3.53
65	Bosque de encino y Pastizal	3.03
66	Bosque de encino y Matorral subtropical	30.91
67	Bosque de encino	8.29
68	Matorral-pastizal y Bosque de encino	41.23
69	Pastizal	0.79
70	Matorral-pastizal	8.5
71	Matorral-pastizal	8.78
72	Bosque de encino	2.41
73	Bosque de encino	6.02
74	Matorral-pastizal	1.53
75	Plantación eucalipto	57.66
76	Agricultura de riego	6.37
77	Bosque de encino y Matorral subtropical	43.16
78	Plantación eucalipto	36.87
79	Matorral subtropical	56.22
80	Agricultura de temporal	41.63
81	Matorral-pastizal	12.77
82	Bosque de encino	4.6
83	Bosque de encino y Matorral subtropical	38.93
84	Matorral-pastizal	14.72
85	Bosque de encino	11.11
86	Matorral-pastizal	13.85
87	Matorral-pastizal	14.02
88	Bosque de encino	5.3
89	Agricultura de temporal y Matorral subtropical	68.65
90	Matorral-pastizal	8.35
91	Matorral-pastizal y Agricultura de temporal	58.04
92	Matorral-pastizal	3.00
93	Matorral-pastizal	37.17

94	Matorral-pastizal y Bosque de encino	37.17
95	Matorral-pastizal	9.32
96	Bosque de encino y Matorral subtropical	35.3
97	Bosque de encino y Matorral subtropical	34.73
98	Bosque de encino	16.97
99	Bosque de encino	7.01
100	Bosque de encino	14.52
101	Bosque de encino	12.77
102	Bosque de encino	7.29
103	Bosque de encino	3.21

104	Bosque de encino	7.29
105	Matorral-pastizal	14.36
106	Bosque de encino	7.29
107	Pastizal	0.44
108	Agricultura de temporal	27.78
109	Bosque de encino	7.29
110	Bosque de encino	2.13
111	Pastizal	0.52
112	Matorral subtropical	21.39
113	Bosque de encino	1.32
114	Pastizal	32.35
115	Agricultura de riego y Matorral subtropical	36.67
116	Bosque de encino y Pastizal	24.2
117	Bosque de encino	5.8
118	Pastizal	0.31
119	Pastizal	0.29
120	Bosque de encino y Matorral subtropical	44.57
121	Matorral subtropical y Pastizal	11.8
122	Pastizal y Agricultura de temporal	12.92
123	Bosque de encino y Matorral subtropical	38.92
124	Pastizal y Agricultura de temporal	11.22
125	Bosque de encino y Matorral subtropical	49.20
126	Pastizal	0.31
127	Bosque de encino	0.82
128	Pastizal	0.2
129	Bosque de encino	2.66
130	Bosque de encino	2.14
131	Pastizal	17.78
132	Pastizal	18.72
133	Pastizal	0.48
134	Bosque de encino	4.74
135	Matorral-pastizal	10.29
136	Pastizal	0.31
137	Bosque de encino	1.43
138	Matorral-pastizal	3.4
139	Bosque de encino y Matorral subtropical	50.25

5.7. Propuestas de manejo de suelos

En general, las cuencas que alimentan a los sistemas de abastecimiento de aguas están sometidas a una fuerte intervención proveniente de actividades agropecuarias, urbanas, turísticas y de vialidad. Esto trae como consecuencia problemas de erosión del suelo, uso competitivo del agua y contaminación por diversos orígenes, que en definitiva repercuten en la disminución de la disponibilidad de agua en calidad y cantidad (Hidroandes, 1995).

La erosión puede ser causada por factores naturales e inducidos; cuando predominan los naturales generalmente el proceso tiene a un equilibrio dinámico con los procesos de formación del suelo, por lo que, en principio, no constituye un problema grave. Por el contrario, la erosión acelerada causada por la actividad del hombre alcanza en la actualidad niveles alarmantes, y a su control deben enfocarse los esfuerzos de todos los países.

Ahora bien, las acciones contra este problema deberían buscar resolver las causas de la erosión, no solo los efectos, y en muchos casos, las causas se ubican en campos de estudio diferentes a los tradicionalmente asignados al agrónomo y demás técnicos responsables de la conservación de suelos.

La erosión inducida está dictada fundamentalmente por aspectos socioeconómicos como las necesidades, la ignorancia y/o el afán de lucro que motivan a los usuarios de la tierra a destruir el equilibrio de los ecosistemas.

El primer objetivo de la conservación de suelos es mantener la productividad potencial de los mismos; pero para que haya éxito, en este propósito también se debe incidir favorablemente en las condiciones socioeconómicas de los productores. De aquí surge un segundo objetivo en la conservación de suelos: causar un mejoramiento en las condiciones de vida del productor.

Por esta razón, siempre será conveniente que las recomendaciones técnicas se integren en las circunstancias particulares del agricultor, puesto que difícilmente acatan recomendaciones que no sean adecuadas para sus circunstancias naturales o socioeconómicas.

El cálculo y/o predicción de la producción de sedimentos es un importante elemento de criterio para la toma de decisiones en el manejo integral de cuencas, pues los sedimentos

provocan el azolve de presas y otros vasos de almacenamiento de agua, reduciendo la vida útil de costosas estructuras y/o programas de desarrollo.

Comúnmente con estas estrategias se pretende alcanzar uno o varios de los objetivos siguientes:

- Protección contra el impacto de la lluvia
- Aumento de la capacidad de infiltración para reducir el volumen de escorrentía
- Mejorar la estabilidad de los agregados, para aumentar su resistencia a la erosión
- Aumentar la aspereza de la superficie para reducir la velocidad de escurrimiento superficial y/o del viento.

Estos objetivos se pueden lograr mediante prácticas biológicas y prácticas mecánicas cada una de las cuales afecta en mayor o menor magnitud a los procesos que intervienen en la erosión, como se indica enseguida:

Las prácticas de control biológicas (vegetativas y agronómicas) utilizan a la vegetación para minimizar la erosión; incluyen el uso de cultivos de cobertera, el aumento en la rugosidad superficial, el manejo de fertilizantes y de prácticas de labranza, entre otras.

Los métodos mecánicos o físicos se basan en la manipulación de la topografía superficial para disminuir el flujo erosivo del agua y el viento, como en el caso de las terrazas y cortinas rompevientos. Con las prácticas mecánicas, se busca controlar la energía disponible para erosión mediante el control de la fase de transporte.

Cabe señalar que las prácticas mecánicas son poco eficientes por sí mismas en la conservación del suelo, debido a que no previenen el desprendimiento de las partículas. De hecho su papel principal es de complemento de las medidas vegetativas y agronómicas, utilizándose para controlar la excesiva velocidad del viento y la magnitud y/o velocidad de los escurrimientos superficiales.

El tipo de medida de conservación que se requiere en cada caso depende de cual sea el problema principal (desprendimiento o transporte), así como del factor activo predominante. En este contexto, las medidas agronómicas y vegetativas a menudo tienen éxito por sí mismas, pero las mecánicas raramente son efectivas sin aquellas. Adicionalmente a lo anterior, las prácticas vegetativas y agronómicas tienen otras ventajas sobre las mecánicas, entre ellas:

- a) Su menor costo
- b) A menudo no requieren maquinaria especial
- c) Generalmente necesitan menos mantenimiento
- d) Se incorporan más fácilmente a los sistemas agrícolas ya existentes

Independientemente de lo anterior, generalmente los mejores resultados se obtendrán mediante una adecuada combinación de prácticas mecánicas y biológicas.

Con otro enfoque de agrupación, Stoking (1985), citado por SARH (1991) define las siguientes modalidades de estrategias de conservación de suelos, las cuales pueden proporcionar alternativas para diferentes circunstancias:

a) Estrategias con técnicas curativas. El término "técnicas" indica que el enfoque depende de la asesoría externa para implementar formas mecánicas, de conservación, mientras el término "curativas" indica que las prácticas se aplican en un área donde el proceso de erosión es ya manifiesto y por lo tanto se aplica un "remedio". Ejemplo de esto son las terrazas. Para adoptar una técnica de conservación curativa se requiere de mano de obra,

recurso y componentes técnicos programados en el tiempo, por lo que generalmente sólo es aplicable en la agricultura empresarial y cuando la tenencia de la tierra está asegurada.

b) Estrategias con técnicas preventivas. Este tipo de técnicas ofrece un paquete de manejo que se concentra en mantener la fertilidad del suelo, la cobertura vegetal la rotación de cultivos, la labranza mínima, etc., fundamentalmente se trata de un enfoque

biológico. La estrategia se aplica a suelo fértiles que tienen valores de erosionabilidad bajos o medios y es muy exitosa en agroecosistemas integrados en donde el ganado complementa la producción de cultivos.

c) Estrategias preventivas no técnicas. Esta estrategia se aplica en áreas con pérdidas graves de fertilidad y de suelo, en las que los productores ya han adoptado algunas medidas de conservación, sea mediante una disminución en la presión sobre la tierra debido a la emigración o un ajuste en sus prácticas agrícolas y cultivos a un nivel más bajo de fertilidad. Esta estrategia utiliza el mismo paquete que la curativa no técnica, pero se da más énfasis a las medidas a largo plazo, como son la educación y la extensión.

d) Estrategias curativas no técnicas. Estas estrategias se aplican en lugares con erosión severa en los que ya existe una concientización de los pobladores locales; en este caso los terrenos todavía son utilizados para la agricultura, pero tienen un nivel de productividad bajo. Esta estrategia requiere de un paquete de mejoras agrícolas y de un complemento de extensión importante, como construcción de obras mecánicas, promoción de prácticas vegetativas, etc.

e) Estrategias de conservación indirectas. Se utilizan medidas simples que promuevan en forma indirecta la conservación del suelo. En general se da preferencia al uso de medidas agronómicas, ya que son menos costosas y se dirigen hacia la reducción del impacto de las gotas de lluvia, aumentar la infiltración, reducir el volumen de escurrimiento y disminuir la velocidad del agua y viento; incluso es más fácil incorporarlas al sistema agrícola existente.

f) Estrategias de rehabilitación. La rehabilitación es un caso especial de la conservación que requiere de un nivel técnico muy alto en un área que ha sido fuertemente erosionada. Un ejemplo de este tipo de estrategias es la recuperación de tepetates para fines agrícolas y/o forestales.

La cobertura vegetal es un factor importante en el control de la escorrentía, a cuya magnitud afecta en una relación inversamente proporcional. En efecto, la vegetación amortigua el impacto de la lluvia sobre el suelo, y además de reducir el efecto erosivo por impacto de la lluvia, favorece la infiltración del agua y reduce la magnitud de la escorrentía. Por otro lado, los residuos vegetales sobre el terreno, los tallos y follaje herbáceo, constituyen un obstáculo físico que reduce la velocidad del escurrimiento y su capacidad erosiva.

El grado de cobertura sobre el terreno puede ser muy variable, dependiendo del tipo de vegetación, su densidad, vigor, etapa fenológica, etc. Por lo tanto, para fines de simplificación, en relación con su efecto amortiguador sobre la escorrentía o efecto hidrológico, comúnmente se le agrupa en categorías para cada uso de la tierra, es decir la cobertura será buena, regular o mala, las cuales corresponden respectivamente a un potencial de escurrimiento bajo, moderado y alto. De manera general, la condición hidrológica del área de drenaje en cuanto a la cobertura vegetal, ha sido clasificada en tres categorías:

- Condición hidrológica buena, si la cobertura vegetal es $> 75\%$
- Condición hidrológica regular si la cobertura vegetal es $50-75\%$.
- Condición hidrológica mala si la cobertura vegetal es $< 50\%$.

El suelo es un sistema heterogéneo, polifásico y dinámico, componente básico de los ecosistemas, y cuyas características pueden ser determinantes en la magnitud y/o modalidad de los escurrimientos superficiales. Algunas de las características del suelo que mas se relacionan con la escorrentía son: la estructura, la textura y el contenido de

materia orgánica; las cuales a su vez se expresan a través de fenómenos como la velocidad de infiltración, la permeabilidad y el drenaje interno del suelo, etc.

En el Cuadro 50 se presentan las características de condiciones de terrenos con diferentes usos.

Cuadro 50. Características de terrenos bajo condiciones de cobertura vegetal.

Uso	Cobertura	
	Buena	Mala
Terrenos de cultivo	Cultivos tupidos, cultivos perennes, rotaciones que incluyen praderas	Cultivos de escardas, terrenos en descanso o compactados por el paso de maquinaria
Terrenos con pastizales	Ligeramente o no pastoreado; cobertura superior al 75% del área total	Fuertemente pastoreado, o con una cubierta inferior al 50% del área total
Terrenos forestales	Con buena cobertura herbácea bajo los árboles, protegida del pastoreo e incendios	Con corte excesivo, y donde se queman y destruyen los materiales de cobertura, fuertemente pastoreados.

A continuación se presentan alternativas de manejo, rehabilitación y conservación de suelos que pueden ser implementados en la microcuenca “Rosa de Castilla”, de acuerdo a los talleres de evaluación rural participativa y el grupo de facilitadores con experiencia agropecuaria y forestal.

Sistemas agroforestales

En los sistemas agroforestales las especies leñosas perennes pueden incrementar los niveles o contenidos de materia orgánica a través de la adición de hojas y partes de la planta al suelo. Así mismo, estas pueden participar activamente en la utilización y el reciclaje de nutrientes, intervenir en la fijación o solubilización del nitrógeno (leguminosas) y en hacer más disponibles los nutrientes, como los fosfatos mediante la interacción microbiana o micorrízica en el suelo (Young, 1989 citado por Garzón *et al*, 1995).

Básicamente se busca introducir modelos de sistemas de producción sostenibles que eviten la erosión y degradación acelerada de los suelos. Por otra parte con las alternativas propuestas se espera incrementar los rendimientos por unidad de área y reducir la compra de insumos costosos, aumentando los ingresos de los productores (Sánchez, 2008).

Su finalidad es mantener y/o aumentar la humedad, la fertilidad y productividad de los suelos, la diversificación de la producción y reducir la erosión. En el caso de la microcuenca "Rosa de Castilla" se recomienda el establecimiento de sistemas silvopastoriles en áreas con matorral subtropical semiabierto y abierto; consiste en la siembra de pastos mejorados intercalados entre los arbustos.

Cultivos en callejones

Una técnica prometedora dentro de los sistemas de producción agroforestal es el sistema de cultivos en callejones. Los cultivos en callejones son arreglos en la cual arbustos y/o árboles son sembrados formando hileras, repetidos a distanciamientos constantes y los cultivos son sembrados entre las hileras de los árboles (Metzner, 1981; Kang et al, 1981).

Los árboles son podados frecuentemente y la biomasa es depositada en el área de los cultivos con la finalidad de adicionar nutrimentos al suelo y muchas veces sirven como controladores de maleza. Si los árboles sembrados son especies leguminosas, el N es el principal elemento aportado por las podas (Kang et al, 1990).

Las hileras de plantas leñosas perennes alternadas con cultivos, generalmente se emplean especies de leguminosas de rápido crecimiento, las cuales se establecen para mejorar la fertilidad del suelo. Se mantiene y aumenta la fertilidad de los terrenos, evitando la erosión en lugares de fuerte pendiente. Aumenta el contenido de humedad de los suelos y proporciona un ingreso extra, aparte del cultivo, a los productores.

La distancia entre hileras de las especies leñosas varía dependiendo de la pendiente y la profundidad del terreno: en un suelo con escasa profundidad y ubicado en fuerte pendiente, la distancia es menor que otro suelo con la misma pendiente pero que posee un suelo profundo. Generalmente las distancias varían de 2 a 6 m entre hileras y se recomienda que los setos no ocupen más de 10% del total del área cultivada.

Los cultivos en callejones, con la siembra de especies arbóreas como barreras, y la siembra de cultivos de ciclo corto entre los callejones, seguido después de la siembra de especies perennes de múltiples usos, parece ser por ahora la alternativa viable, para estabilizar la pendiente y permitir la producción continuada de cultivos. La capacidad de minimizar la escorrentía y erosión de los cultivos en callejones en áreas con pendientes de 15 % fueron comparados con un cultivo continuo de altos insumos, parcelas desnudas y un bosque secundario (Alegre et al, 1991; Alegre, 1993 In: <http://www.fao.org/AG/agL/agll/rla128/inia/inia-i4/inia-i4-08.htm>).

Barreras vivas

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, dispuestas con determinado distanciamiento horizontal y sembradas a través de la pendiente, casi siempre en curvas a nivel. Su finalidad es reducir la velocidad de agua que corre sobre la superficie del terreno, impidiendo así el arrastre de suelo. Con este objeto se utilizan plantas perennes de crecimiento denso, sembradas en hileras continuas o casi continuas, que en el periodo de tiempo más corto posible forman obstáculo efectivo al paso del agua y suelo.

Se utilizan especies nativas o introducidas que deben cumplir con los siguientes requisitos: Rápido desarrollo y crecimiento, que no compita por la luz con los cultivos, que no sean hospederos de plagas, con fuerte desarrollo radicular y que tengan algún uso como abono verde, forraje, leña, etc.

Las barreras vivas cuando se asocian con cultivos que protegen poco el suelo como el maíz, se deben separar menos que cuando se utilizan en cultivos densos o de bosque abierto; en general el distanciamiento puede ser el siguiente:

Como prácticas de mantenimiento, no debe permitirse que las barreras extiendan mucho hasta invadir el terreno. Deben recortarse periódicamente y evitar su excesivo

amacollamiento. Al hacer los deshierbes se acumularán los residuos contra las barreras de manera que se vayan formando barreras (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2008).

Las ventajas de las barreras vivas, son:

- Disminuyen la velocidad de escorrentía
- Retienen suelo
- Mejoran la infiltración de agua en el terreno
- Constituyen una fuente alternativa de forraje
- Sirven de guía para la siembra apropiada de cultivos
- Bajos costos de establecimiento
- Alto porcentaje de aceptación por parte de los agricultores

Los beneficios son:

a) Económicos. Se considera que al establecer barreras vivas, el valor económico del terreno se incrementa.

b) Ambientales. Al disminuir la velocidad de escorrentía y retener mayor humedad en los suelos, las barreras vivas permiten la conservación y restauración de suelos y agua.

c) Sociales. Con un sistema de barreras vivas, se disminuyen los efectos nocivos causados por la escorrentía superficial y por lo tanto, se contribuye a conservar la productividad

Se recomienda:

- No utilizar especies invasoras
- Iniciar el establecimiento en la parte alta de los terrenos
- Podarlas periódicamente, por lo menos dos veces por año

- Utilizar especies de usos múltiples, principalmente forrajeras

Cercas vivas

Son arreglos lineales de vegetación para la delimitación de potreros o propiedades, además, tienen un uso maderable, forrajero o producción de frutos, proporciona un ingreso extra para el productor.

Su finalidad es delimitar áreas agrícolas o potreros para la exclusión. El establecimiento de cercas vivas con leguminosas arbóreas, se hace generalmente utilizando estacas de 5 a 15 cm. de diámetro y de 2.0 a 2.5 m de largo, de manera que los nuevos brotes después de su siembra quedan fuera del alcance del ganado en pastoreo. Estas son ramas de árboles adultos presentes en cercas que no han sido podadas por 12 a 24 meses. La distancia de siembra entre estacas es variables generalmente se usa un espaciamiento de 1 a 2 m.

Labranza de conservación

La finalidad es la conservación del suelo, moviéndolo sólo lo necesario para que se pierda lo menos posible por arrastre de las lluvias, conservación de la humedad ya que con los residuos que se dejan se incrementa la infiltración del agua de lluvia, reducir la erosión, mantener o desarrollar buena estructura del suelo, usar eficientemente la humedad y calidad del agua, proveer alimento y abrigo para la vida silvestre. En éste sistema al

menos 30% de la superficie del suelo se deja cubierta por residuos después de la siembra, para reducir la erosión hídrica. Se emplea en todas las tierras de cultivo, donde la vegetación esté establecida o restablecida y donde se producen suficientes residuos de cultivo. Aplicada a las rotaciones de cultivos que incluyen periodos de barbecho, como también a cultivos anuales.

Prácticas de reforestación y plantaciones comerciales

Se recomienda en aquellos bosques o matorral subtropical con baja densidad o con problemas de regeneración natural. La finalidad es recuperar la cobertura y productividad de la vegetación natural.

Una opción de establecimiento es hacer sistemas de captación de agua ante la problemática de baja sobrevivencia de plantaciones por falta de agua, proporcionar agua a los árboles o arbustos en época de sequía, aumentar el porcentaje de sobrevivencia en áreas con deficiente infiltración y precipitación. Ante la alta demanda de leña, es necesario establecer plantaciones con especies de rápido crecimiento y alto poder calorífico.

Control de cárcavas

La finalidad es disminuir la velocidad del agua en esorrentía, crear condiciones para establecimiento de cobertura vegetal que estabilice totalmente el lecho de la cárcava y proteger obras de infraestructura como caminos y puentes.

Las medidas preventivas y de control de la erosión en cárcavas deben incluir las siguientes acciones:

1. Mejorar el manejo de las cuencas de aportación con prácticas de reforestación y pastización para la reducción del gasto pico y del volumen total escurrido, incluyendo la desviación del escurrimiento aguas arriba de la cabecera
2. Estabilizar las cabeceras y taludes de las cárcavas con base en la vegetación nativa e introducida, y con represas (piedra acomodada, gaviones, costales de polipropileno rociados con esmalte blanco para alargar su vida) u otro material disponible en la zona; el establecimiento de medidas de control directamente en las cárcavas, promueve la sedimentación y el crecimiento de la vegetación nativa, la cual crea nuevas condiciones hidráulicas que modifican la capacidad de transporte en el cauce, siempre y cuando se acompañe con obras de desviación del caudal aguas arriba (Pathak *et al.*, 2005).

Las técnicas vegetativas para el control de la erosión en cárcavas se fundamentan en el efecto de la biomasa, tanto aérea como subterránea, la cual protege al suelo de dos maneras. Los efectos hidrológicos de la biomasa aérea incluyen la reducción de la erosión del suelo por efecto de la intercepción de las gotas de lluvia, además, la reducción de la escorrentía al aumentar la infiltración, y la formación de una rugosidad sobre la superficie del suelo a través de la materia orgánica que aporta la biomasa. El sistema de raíces, por su parte, cohesiona y aumenta la rugosidad e infiltración del suelo, mejorando con ello la resistencia del suelo a la erosión. En diversas regiones del mundo, los pastos han demostrado que ofrecen el control más efectivo de la erosión porque germinan rápido, proporcionan una completa protección superficial del suelo y su denso sistema de raíces cohesiona el suelo (De Baets *et al.*, 2006).

En áreas acarcavadas donde el agrietamiento y la erosión tubular colapsan los taludes, las medidas de control del caudal que se apliquen en el fondo de la cárcava, deberán acompañarse con suavizado de taludes y prácticas de revegetación con pastos. Considerando que la aplicación de medidas de control con base en el uso de la vegetación, produce resultados mínimos porque las áreas acarcavadas son intensamente pastoreadas, para evitar ello, se propone el cercado de estas áreas y el establecimiento de pastos, porque cuando la biomasa aérea desaparece por efecto de incendio o pastoreo, las raíces de los pastos son las únicas que ofrecen resistencia a la erosión. El control de la erosión en cárcavas es muy caro y los productores carecen de los recursos económicos necesarios para ello (Bravo *et al.*, 2007).

6. EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS CAUSADAS POR EL HOMBRE (ASOD)

6.1. Descripción

En septiembre de 1988 se firmó un convenio entre el Programa de Naciones Unidas para el medio Ambiente (PNUMA) y el Centro Internacional de Información y Referencia de Suelos (ISRIC) para la ejecución del proyecto: Evaluación Global de la Degradación del

Suelo (GLASOD). El objetivo fue fortalecer el conocimiento de los que les corresponde tomar las decisiones, de los peligros que resultan del manejo inapropiado de la tierra en forma global y principalmente proporcionar la base para el establecimiento de prioridades en los programas de acción.

La degradación del suelo es un proceso que describe el fenómeno causado por el hombre que disminuye la capacidad presente y/o capacidad futura del suelo para sustentar vida humana.

Definiciones:

El Tipo de Degradación del suelo se refiere al proceso que causa la degradación (desplazamiento de material del suelo por agua y viento, degradación in-situ por procesos físicos, químicos y biológicos).

La Tasa de Degradación del suelo se refiere al estado actual de la degradación (ligera, moderada, y severa).

El Promedio de la Degradación del suelo en el pasado reciente, se refiere a la rapidez aparente del proceso de degradación, estimado y promediado en los últimos 5 a 10 años (lento, medio, rápido.).

6.2. Tipos de degradación

Se reconocen dos categorías de procesos de degradación causada por el hombre:

La primera categoría trata la degradación del suelo por desplazamiento del material de suelo. En ésta categoría se puede distinguir efectos en el sitio, que afectan áreas cercanas al sitio, incluyen los depósitos locales, y los efectos fuera del sitio, que son efectos a una considerable distancia del sitio (por lo menos a un kilómetro de distancia).

La segunda categoría describe los tipos de degradación del suelo como resultado del deterioro interno del suelo. En esta categoría solo se reconocen los efectos *in-situ* en suelos que han sido abandonados o forzados a usos menos intensivos. No se refiere a las fluctuaciones cíclicas de los procesos químicos, físicos del suelo y/o a las condiciones biológicas relativamente estables de sistemas agrícolas, en las que se maneja activamente la tierra para mantener su productividad, tampoco se refiere al cambio gradual en la composición química como resultado de los procesos de formación del suelo.

Otra categoría de degradación del suelo causado por el hombre, se refiere al proceso de degradación relacionado a la vegetación, como la deforestación y sobrepastoreo, que a menudo crea como consecuencia principal la invasión de hierbas y arbustos indeseables. Estos procesos de degradación del terreno causado por el hombre se consideran como factores causativos de las dos categorías de los procesos de degradación del suelo anteriormente indicados.

Los siguientes tipos de procesos de degradación del suelo y de la tierra, pueden ser reconocidos y delimitados en el mapa. Los efectos fuera del sitio, generalmente no se delimitan:

I. Degradación por el desplazamiento del material del suelo

Erosión hídrica

Dentro del sitio:

1. Pérdida de la capa superficial del suelo. Se presenta una pérdida uniforme por deslave de la superficie y erosión laminar.
2. Deformación del terreno. Un desplazamiento irregular de los materiales del suelo, se caracteriza por la presencia de arroyos mayores, barrancas o movimiento en masa.

Fuera del sitio:

1. Depósitos, acumulaciones y sedimentos en los lagos.
2. Inundaciones. Incluye rellenos de materiales no deseables en las márgenes de los ríos, erosión de los depósitos aluviales, acumulación excesiva de sedimentos en las cuencas.
3. Destrucción de arrecifes de coral, sedimentos de conchas y algas marinas.

Erosión eólica

Dentro del sitio:

1. Pérdida de la capa superficial del suelo. Es el desplazamiento uniforme por deflación.
2. Deformación del terreno. Se presentan desplazamientos desiguales, caracterizados por la formación de grandes hondonadas, montículos y dunas.

Fuera del sitio:

1. Tolvaneras, daño de estructuras como caminos, edificios y/o destrucción de la vegetación por la arena.

II. Degradación por deterioro interno del suelo

Degradación química

1. Pérdida de nutrientes. Reduce gravemente la producción. (ejemplo, acidificación acelerada del suelo en el trópico húmedo).
2. Contaminación y acidificación por fuentes bio-industriales. Excesiva aplicación de productos químicos (estiércoles orgánicos, fertilizantes, lluvia ácida, etc.).
3. Salinización. Causada por actividades humanas tal como la irrigación.
4. Discontinuidad de la fertilidad inducida por inundaciones. Este fenómeno ocurre como resultado de cualquier método de conservación, control de inundaciones, lo que trae consigo una discontinuidad en la reposición natural de nutrientes por inundación).

5. Otros problemas químicos. Como la formación de capas de arcilla por el desagüe de algunos pantanos costeros, cambios químicos negativos y desarrollo de toxicidad en campos de arroz. Esto se debe especificar por quien realice el estudio.

Degradación física

1. Encostramiento de la capa superficial del suelo.
2. Compactación. Causada por maquinaria pesada en suelos con débil estabilidad estructural, o en suelos donde el contenido de humus es bajo.
3. Degradación de la estructura. Debido a la dispersión del material de suelo por sales de NA y MG en el subsuelo (edificación).
4. Inundación. Hidromorfismo del suelo causado por el hombre, inundación y sumergimiento (se excluye el agotamiento de los grandes cuerpos de agua).
5. Acidificación cambios causados por el hombre en el régimen de humedad del suelo hacia un régimen arídico, casado por ejemplo, por el abatimiento del nivel freático (se excluye el agotamiento de los grandes cuerpos de agua).
6. Subsistencia de suelos orgánicos por drenaje y oxidación.

Degradación biológica

1. Desbalance de la actividad microbiológica de la capa superficial del suelo. este puede ser causado por la deforestación del trópico húmedo o por la sobre aplicación de fertilizante químico en países industrializados.

Los símbolos cartográficos utilizados para indicar los tipos de degradación del suelo, son:

- W: terrenos afectados por erosión hídrica
- Wt: pérdida de la capa superficial del suelo causada por erosión hídrica.
- Wd: deformación del terreno causada por erosión hídrica
- E: terreno afectado por erosión eólica
- Et: pérdida de la capa superficial del suelo causada por erosión eólica
- Ed: deformación del terreno causada por erosión eólica.
- C: degradación química del suelo
- Cn: pérdida de nutrientes
- Cp: contaminación y acidificación por fuentes bioindustriales
- Cs: salinización
- Cd: discontinuidad de la fertilidad inducida por inundaciones
- Co: otros problemas químicos
- P: degradación de la estructura del suelo debido a la acción dispersante de las sales en el subsuelo.
- Pw: inundación
- Pa: aridificación
- Pl: subsistencia de suelos orgánicos
- B: degradación biológica
- Bb: desvalance de actividades microbiológicas.

6.3. Factores causativos

Los factores causativos de la degradación de suelos son:

- a. Mal manejo del agua
- b. Abandono de terrenos agrícolas
- c. Incendios forestales
- d. Desbordamiento de ríos y/o arroyos
- e. Sobreexplotación de la vegetación para consumo
- f. Deforestación

- g. Sobrepastoreo
- h. Intrusión de agua salina
- i. Sobreexplotación de cultivos intensivos anuales
- l. propagación de lirio acuático
- m. sobreexplotación de mantos acuíferos
- n. fluctuaciones del nivel freático
- p. Labranza postcosecha
- q. Quema de la caña de azúcar
- s. Mal manejo del suelo
- u. Cambio de uso de suelo
- w. Desechos industriales
- x. Explotaciones mineras

Las definiciones de los factores causativos son las siguientes:

- a.- Mal manejo del agua. Dentro de este grupo se consideran a los riegos con agua de mala calidad o muy pesados.
- b.- Abandono de terrenos agrícolas. Se presenta donde la producción agrícola se caracteriza por tener pérdidas.
- c.- Incendios forestales. Están referidos a las causadas por el hombre principalmente.
- d.- Desbordamiento de ríos y/o arroyos. Se presentan durante la temporada de lluvias causando inundaciones.
- e.- Sobreexplotación de la vegetación para consumo. Se refiere a la extracción de leña y troncos que se usan como postes o cercas. Contrario a la deforestación no se remueve toda la vegetación, sin embargo, la que queda no ofrece una protección suficiente contra la erosión del suelo.

f.- Deforestación. Se consideró como la remoción total de la vegetación natural (usualmente de bosque) con propósitos de extracción de madera.

g.- Sobrepastoreo. Además de la excesiva carga animal este factor incluye el pisoteo que propicia la disminución de la cubierta vegetal sobre el suelo e incrementa el riesgo de erosión hídrica y eólica.

h.- Intrusión de agua salina. Se refiere a la entrada de agua de mar a terrenos continentales.

i.- Sobreexplotación de cultivos intensivos anuales. Se considera bajo la perspectiva que el uso intensivo de la tierra en producción de cultivos provoca la pérdida de nutrimentos.

l.- Propagación de lirio acuático. Ocurre en cuerpos de agua contaminados.

m.- Sobreexplotación de mantos acuíferos. Este factor origina que los niveles del agua incrementen su profanidad, ocasionando que los costos de bombeo se incrementen excesivamente, a un grado tal que finalmente se propicie el abandono de esta tierra.

n.- Fluctuaciones del nivel freático. Se presentan en áreas con abundante precipitación y drenaje deficiente.

p.- Labranza poscosecha. Se refiere a manejo que se le da al suelo después de la cosecha dejándolo expuesto a la erosión, principalmente eólica.

q.- Quema en la caña de azúcar. El incremento de la temperatura en la superficie del suelo conduce a la disminución o pérdida de la actividad biológica en el mismo.

s.- Mal manejo del suelo. Se refiere a la falta de atención a problemas de erosión en sus etapas iniciales.

U.-Cambio de uso de suelo. Se refiere a la apertura de nuevas áreas a la agricultura, ganadería y urbanización.

w.- Desechos industriales. Factor que propicia la contaminación del suelo por derrames de petróleo o por el uso de aguas negras.

X.-Explotaciones mineras. Incrementa el riesgo de erosión hídrica al dejar al suelo desnudo y por los subproductos que generan, ya que por sí mismos son fuente de contaminación.

6.4. Grado de degradación

Para las tasas o grados de degradación del suelo se tiene:

Ninguna: No presenta ninguna señal de degradación por erosión hídrica y eólica, ni degradación química, física o biológica, todas las funciones bióticas originales se encuentran intactas.

Ligera: El terreno es satisfactorio para su uso en sistemas de cultivo local, pero con productividad agrícola reducida. La restauración de la productividad completa es posible con modificaciones del sistema de manejo. Las funciones bióticas originales se conservan intactas durante mucho tiempo.

Moderada: El terreno todavía es satisfactorio para su uso en sistemas de cultivo local, pero con productividad agrícola muy reducida. Se requiere implementar obras para restaurar la productividad (drenaje para extracción de agua o para combatir la salinidad, terrazas de control si el suelo es erosionado. Las funciones bióticas son parcialmente destruidas.

Severa: La producción en el terreno no es costeaable. Se requieren grandes obras de ingeniería para la restauración del terreno. Las funciones originales de la biota son permanentemente destruidas.

Extrema: El terreno es imposible de restaurar. Las funciones bióticas originales son destruidas totalmente. El terreno llega a estar sin vegetación y sin uso.

Estas descripciones al ser generalizadas, dejan cierta flexibilidad a quien realiza el estudio regional para determinar la tasa actual de la degradación. Algunos componentes del terreno son.

Para la Tasa de degradación actual debido a la erosión hídrica, se tiene:

Ligera:

En suelos profundos (profundidad de las raíces mayor a 50 cm), parte de la capa superficial del suelo es removida y/o con presencia de arroyuelos poco profundos de 20-50 m de longitud de forma discontinua.

En suelos poco profundos (menor de 50 cm) con presencia de algunos arroyuelos poco profundos de por lo menos 50 m de longitud de forma discontinua.

En regiones ganaderas la cobertura óptima del suelo por plantas originales perennes es mayor de 70%.

Moderada:

En suelos profundos toda la capa superficial de suelo es removida y/o con presencia de arroyuelos poco profundos menores de 20 m de longitud en forma discontinua o con arroyos algo profundos de 20-580 m de longitud en forma discontinua.

En suelos poco profundos parte de la capa de superficial de suelo fue removida y/o con presencia de arroyuelos poco profundos de 20-50 m de longitud en forma discontinua.

En regiones ganaderas la cobertura óptima del suelo por plantas originales perennes es entre 30 y 70%

Severa:

En suelos profundos toda la capa superficial de suelo y parte del subsuelo se han perdido y/o con presencia de barrancas algo profundas con menos de 20 m de longitud en forma discontinua.

En suelos poco profundos toda la capa superficial del suelo se ha perdido con presencia de fase Lítica o Séptica o con Duripan expuesto.

En regiones ganaderas la cobertura óptima del suelo por plantas originales perennes es menor de 30%.

Para la Tasa de degradación actual debido a la erosión eólica, la caracterización es:

Ligera:

En suelos profundos parte de la capa superficial del suelo se ha perdido y/o con presencia de arroyuelos (10-40% del área) de profundidad mínima (0-5 cm).

En suelos poco profundos, presencia de pocos arroyuelos (10% del área afectada) de profanidad mímica (0-5 cm).

En regiones ganaderas la cobertura óptima del suelo por plantas originales perennes es mayor de 70%.

Moderada:

En suelos profundos parte de la capa superficial del suelo se ha perdido y/o con presencia de arroyuelos (40-70% del área) poco profundos (0-5 cm) o pocos arroyuelos (10-40% del área), algo profundos (5-15 cm).

En suelos poco profundos la capa superficial se ha eliminado en parte y/o con presencia de pocos arroyuelos 10-40% del área) de profundidad mínima (0-5 cm).

En regiones ganaderas la cobertura óptima del suelo por plantas originales perennes es entre 30 y 70%.

Severa:

En suelos profundos toda la capa superficial del suelo y parte del subsuelo se ha eliminado y/o con presencia de muchos arroyuelos (70% del área) de poca profanidad (0-5 cm) o con presencia moderada de arroyuelos (40-70% del área), algo profundos (5-15 cm) o pocos arroyuelos (10-40% del área) profundos (15 cm)/ tolveneras.

En suelos poco profundos toda la capa superficial del suelo ha sido eliminada. Presencia de fase Lítica o Lética o con Duripan expuesto.

En regiones ganaderas la cobertura óptima del suelo por plantas originales perennes es menor de 70%.

Para la Tasa de degradación actual debido a la salinización:

La salinización puede ser considerada como el cambio gradual producido en los últimos 50 años en el grado de salinidad del suelo, se define de la siguiente manera:

No salino: Conectividad eléctrica menor de 5 dSm, PSI 15%, pH 8.5.

Ligeramente salino: Conductividad eléctrica menor de 5-8 dS/m, PSI 15%, pH 8.5

Moderadamente salino. Conductividad eléctrica menor de 9-16 dS/m, PSI 15%, pH 8.5

Severamente salino: Conductividad eléctrica menor de 16 dS/m, PSI 15%, pH 8.5.

La tasa actual de la salinización causada por el hombre puede identificarse como un cambio en el grado de salinidad, tal como sigue.

Ligera: De no salino a ligeramente salino; de ligeramente a moderadamente salino o de moderadamente salino a severamente salino.

Moderada: De no salino a moderadamente salino o de ligeramente salino a severamente salino.

Severa: De no salino a severamente salino.

Para la Tasa de degradación actual debido a pérdida de nutrientes:

Los criterios para evaluar a tasa de degradación actual es el contenido de materia orgánica; material parental y condiciones climáticas. La pérdida de nutrientes por lixiviación o extracción por las raíces de la planta, sin el reemplazo adecuado, se identifica por una baja en el contenido de materia orgánica P, XIC (CA, Mg, K)

Ligera:

Aclareo de vegetación y pastizales cultivados o sabanas sobre suelos pobres en regiones tropicales.

Aclareo de vegetación o plantaciones forestales cultivadas anteriormente en suelos arenosos de regiones templadas o en regiones tropicales (húmedas) sobre suelos con material parental rico en nutrientes.

Moderada:

Aclareo de vegetación y pastizales cultivados o sabanas en regiones templadas, en suelos con alto contenido de materia orgánica, cuando ésta tiene una marcada tendencia a declinar debido a la mineralización (oxidación).

Aclareo de vegetación o plantaciones forestales cultivadas en la actualidad sobre suelos con material moderadamente rico en regiones tropicales húmedas, donde los cultivos anuales pueden ser sostenidos con fertilización adecuada.

Severa:

Aclareo de vegetación y plantaciones forestales cultivada anteriormente en regiones tropicales húmedas sobre suelos con material parental pobre en nutrientes (tierras con CIC baja) donde se elimina toda la biomasa que cubre el suelo y donde la producción de

las cosechas subsecuentes es bajo o no existe y no puede mejorarse ni con aplicaciones de fertilizante nitrogenado.

Extrema:

Aclareo anterior de las tierras arboladas, toda la biomasa es eliminada en suelos con material parental pobre, donde no hay producción de cosecha y la regeneración del bosque no es posible.

La evaluación de la tasa promedio de la degradación del suelo en el pasado reciente causada por el hombre depende de la densidad de población local humana y animal, también depende de la agresividad climática y su relación con el grado de mecanización en el pasado reciente. Puede ser interesante una estimación de la tasa de degradación del suelo en periodos intermedios. La evaluación de la degradación del suelo durante periodos críticos debe ser total y realizar el promedio de los últimos 5 a 10 años para definir si la tasa es lenta, media o rápida. En la memoria que debe acompañar al mapa, las razones para indicar varias tasas deben ser explicadas con tanto detalle como sea posible.

Los símbolos cartográficos utilizados para indicar el promedio de la degradación del suelo causada por el hombre en el pasado reciente:

- 1.- Lenta
- 2.- Media
- 3.- Rápida

Los símbolos cartográficos utilizados para indicar la extensión de terreno afectado:

- 1.- Poco frecuente: (1-5% del terreno es afectado)
- 2.- Común: (6-10% del terreno es afectado)
- 3.- Frecuente: (11-25% del terreno es afectado)

- 4.- Muy frecuente: (26-50% del terreno es afectado)
- 5.- Dominante: (más de 50% del terreno es afectado).

6.5. Cartografía de la degradación

Para evaluar la degradación de suelos en la microcuenca "Rosa de Castilla" con la metodología de la Evaluación Global de la Degradación del Suelo (GLASOD), se dividió la superficie en 52 áreas llamadas Unidades Fisiográficas (Unidades ASOD) que presentan homogeneidad en cuanto a topografía, clima, vegetación, geología, suelo y uso del suelo (Figura 32).

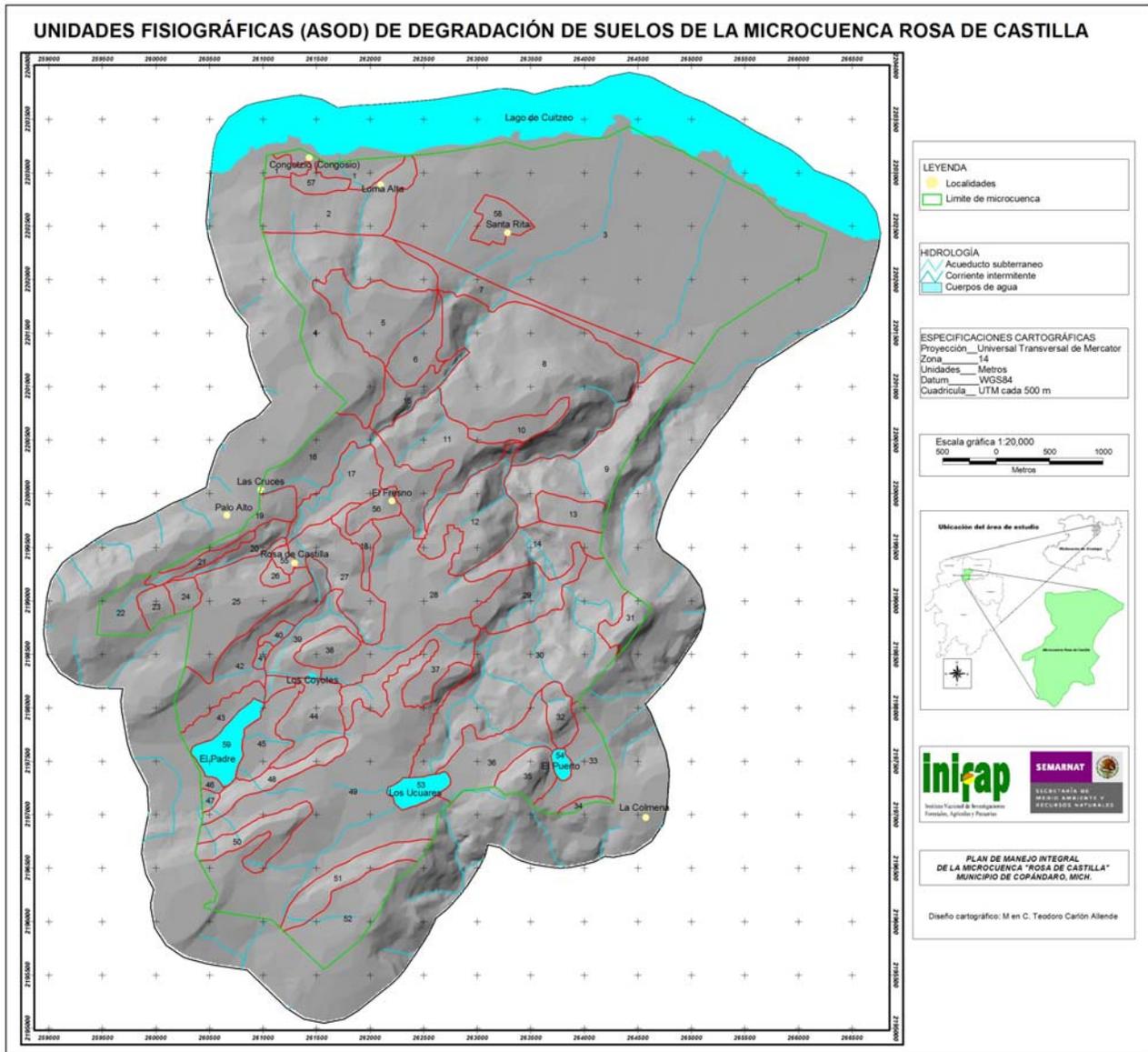


Figura 32. Mapa de unidades fisiográficas para evaluación de la degradación de suelos en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. de Copándaro, Mich.

Para cumplir con lo anterior, fue necesario recorrer cada tipo de degradación y determinar su grado de afectación, sus causas y su extensión dentro de la unidad cartográfica.

6.6. Unidades ASOD en la microcuenca

Para la determinación de la degradación de suelos en la microcuenca, se realizaron recorridos de campo para determinar si la unidad fisiográfica delimitada presentaba algún tipo de degradación del suelo causado por el hombre, así como la tasa promedio de degradación del pasado reciente y la extensión de la unidad fisiográfica que está afectada. El resultado del proceso de evaluación es un símbolo por proceso relevante de degradación, su tasa, extensión y promedio del pasado reciente. A cada unidad cartográfica se le asignó un número único, relacionado con la Figura 33 que corresponde al mapa de unidades fisiográficas (ASOD) para la evaluación de la degradación de suelos en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich. (Cuadro 51).

Cuadro 51. Unidades de degradación de suelos en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Unidad cartográfica	Símbolo	Descripción de la Degradación				
		Tipo	Grado	Extensión	Causa	Tasa
1	Wt 2.4 i+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobreexplotación de cultivos intensivos	Media
	b1(Cn 2.5 i*	Pérdida de nutrientes	Moderado	Dominante	Sobreexplotación de cultivos intensivos	Rápida
2	Wt 2.4 i+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobreexplotación de cultivos intensivos	Media
	Wt 2.4 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Media
3	Wt 1.4 i+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Sobreexplotación de cultivos intensivos	Media
	Wt 2.5 a+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Mal manejo del agua	Media
4	Wt 2.4 f+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Deforestación	Media
5	Wt 2.4 f+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Deforestación	Media
	Wt 2.3 u+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Frecuente	Cambio de uso del suelo	Media
6	Wt 2.4 i+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobreexplotación de cultivos intensivos	Media
	Cn 2.4 s+	Pérdida de nutrientes	Moderado	Muy frecuente	Mal manejo del suelo	Media
7	Wt 2.3 u*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Frecuente	Cambio de uso del suelo	Rápida
8	Wt 1.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
9	Wt 1.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
10	Wt 1.5 s	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Mal manejo del suelo	Lenta
	Wd 2.1 s+	Erosión hídrica con deformación del terreno	Moderado	Poco frecuente	Mal manejo del suelo	Media
11	Wt 2.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
12	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
13	Wt 1.5 s	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Mal manejo del suelo	Lenta
14	Wt 1.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
	Wt 1.4 f+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Mal manejo del suelo	Media
15	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
	Wt 1.3 c+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Mal manejo del suelo	Media
16	Wt 2.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
	Wt 2.5 s	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Mal manejo del suelo	Lenta
17	Wt 1.3 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Sobrepastoreo	Lenta
	Wt 1.1 u	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Poco frecuente	Cambio de uso del suelo	Lenta
18	Wd 1.5 u*	Erosión hídrica con deformación del terreno	Ligero	Dominante	Cambio de uso del suelo	Rápida
	Wt 2.4 g*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Rápida

19	Wt 1.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
20	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
	Wd 1.2 f*	Erosión hídrica con deformación del terreno	Ligero	Común	Deforestación	Rápida
21	Wt 2.4 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Media
22	Wt 2.4 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Lenta
	Wt 2.4 u	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Cambio de uso del suelo	Lenta
23	Wt 2.5 f	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Deforestación	Lenta
24	Wt 2.5 f	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Deforestación	Media
25	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
26	Wd 1.5 g*	Erosión hídrica con deformación del terreno	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Rápida
	Wt 1.3 f+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Deforestación	Media
27	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
	Wt 1.3 f+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Deforestación	Media
28	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
	Wt 3.1 c	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Fuerte	Poco frecuente	Incendios forestales	Lenta
29	Wt 1.3 u+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Cambio de uso del suelo	Media
	Wt 1.3 s+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Mal manejo del suelo	Media
30	Wt 1.4 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Lenta
	Wt 1.4 f	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Deforestación	Lenta
31	Wt 1.5 g*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Rápida
	Wt 1.3 u+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Cambio de uso del suelo	Media
32	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
33	Wt 1.5 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Media
34	Wt 2.5 s+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Mal manejo del suelo	Media
35	Wt 1.5 f+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Deforestación	Media
36	Wt 1.4 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Lenta
	Wd 2.2 u	Erosión hídrica con deformación del terreno	Moderado	Frecuente	Cambio de uso del suelo	Lenta
37	Wt 1.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
38	Wd 1.5 f*	Erosión hídrica con deformación del terreno	Ligero	Dominante	Deforestación	Rápida
	Wd 1.4 g*	Erosión hídrica con deformación del terreno	Ligero	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Rápida
39	Wt 1.5 f*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Deforestación	Rápida
	Wt 1.4 g*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Rápida
40	Wt 2.5 u*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Cambio de uso del suelo	Rápida

41	Wt 1.5 a+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Mal manejo del agua	Media
	Wt 1.5 s+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Mal manejo del suelo	Media
42	Wt 2.4 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Media
43	Wt 2.5 s	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Mal manejo del suelo	Lenta
44	Wt 2.5 g*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Dominante	Sobrepastoreo	Rápida
45	Wt 1.3 s+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Mal manejo del suelo	Media
	Wt 1.4 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Media
46	Wt 1.5 s	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Mal manejo del suelo	Lenta
	Wt 1.3 b	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Abandono de terrenos agrícolas	Lenta
47	Wt 1.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
	Wt 1.3 f	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Frecuente	Deforestación	Lenta
48	Wt 1.4 f+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Deforestación	Media
	Wt 1.4 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Lenta
49	Wt 1.5 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Dominante	Sobrepastoreo	Lenta
	Wd 1.2 f*	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Ligero	Común	Deforestación	Rápida
50	Wt 2.4 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Media
51	Wt 2.3 g	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Frecuente	Sobrepastoreo	Lenta
52	Wt 2.4 g+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Muy frecuente	Sobrepastoreo	Media
	Wt 2.2 s+	Pérdida de suelo superficial por erosión hídrica	Moderado	Común	Mal manejo del suelo	Media

7. PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE LA DEGRADACIÓN DE RECURSOS NATURALES

7.1. Análisis espacial y prácticas recomendadas

En cada una de las Unidades ASOD, se cuantificó su superficie y se registraron las propuestas planteadas para el control de la degradación en el Cuadro 52.

Cuadro 52. Superficie de las unidades ASOD y propuestas de manejo para el control de la degradación de los recursos naturales en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Unidad ASOD No.	Superficie (ha)	Labranza de conservación	Surcado en contorno	Análisis de suelos	Despiedre parcelas	Abonos orgánicos
1	21,292	x	x	x	x	x
2	59,883	x	x	x	x	x
3	517,999	x	x	x	x	x
4	117,895					
5	52,361	x	x	x	x	x
6	22,526	x	x	x	x	x
7	38,412					
8	188,084					
9	78,006					
10	16,472	x	x	x	x	x
11	57,837					
12	56,147					
13	17,018	x	x	x	x	x
14	36,528					
15	20,492					
16	63,188	x	x	x	x	x
17	33,085					
18	10,839					
19	16,815					
20	13,691	x	x	x	x	x
21	8,795	x	x	x	x	x
22	19,024	x	x	x	x	x
23	9,441					
24	8,088					
25	64,836					
26	4,228					

27	42,936					
28	99,976					
29	38,174	x	x	x	x	x
30	151,164					
31	12,594					
32	13,670					
33	34,536					
34	3,304	x	x	x	x	x
35	19,534					
36	42,103					
37	45,120					
38	15,451					
39	26,379					
40	3,906					
41	2,731	x	x	x	x	x
42	52,575					
43	16,745	x	x	x	x	x
44	38,666					
45	25,254	x	x	x	x	x
46	3,111	x	x	x	x	x
47	2,663					
48	21,618					
49	225,984					
50	26,751					
51	30,820					
52	46,475					

Continuación Cuadro 52.....

Unidad fisiográfica No.	Sistema de riego tecnificado	Cultivos mejorados	Cercas vivas	Reforestación	Barreras vivas	Reconversión de uso de suelo
1	X	X	X			
2		X	X			
3	X	X	X			
4				X		X
5				X		X
6		X				
7				X		X
8				X		
9				X		
10		X	X			
11				X		
12				X		
13		X				
14				X		
15				X		X
16				X		
17				X		
18				X		X
19				X		
20		X	X			
21		X	X			
22						
23				X		
24				X		
25				X		
26				X	X	

27				X		
28				X		
29		x	x	X		
30						
31				X		x
32				X		
33						
34		x	x			
35				x		
36						
37				x		
38				x		
39				x		
40				x		x
41		x	x			
42				x		x
43		x	x			
44				x		
45		x	x			
46		x	x			
47				x		
48				x		
49						
50				x		
51				x		
52						

Continuación Cuadro 52.....

Unidad fisiográfica No.	Sistema silvopastoril	Pastos mejorados	Control de pastoreo	Detener deforestación y/o cambio de uso del suelo	Control de cárcavas
1					
2					
3					
4					
5				X	
6				X	
7	X			X	
8					
9					
10					
11			X		
12					
13		X			
14		X	X		
15	X		X		
16		X			
17			X	X	
18			X		
19	X		X		
20			X		
21	X		X		
22		X			
23					
24			X		
25			X		
26					
27					

28	x		x		
29					
30			x	x	
31	x		x		
32			x		
33		x	x		
34					
35			x		
36	x	x	x		
37			x		
38			x		
39	x			x	
40			x		
41					
42			x		
43					
44	x		x		
45		x			
46		x			
47			x		
48					
49		x	x		x
50			x		
51			x		
52		x	x		x

7.2. Descripción de prácticas recomendadas

La implementación de las prácticas mencionadas en el capítulo de Erosión, las que se enlistan para la problemática de alta migración y baja calidad de vida en el capítulo de Evaluación rural participativa y las que se mencionan a continuación, impactará en la reducción de la erosión, la conservación y restauración de los recursos naturales, en el mejoramiento productivo para recuperar la capacidad productiva de la microcuenca y elevar los ingresos económicos y calidad de vida de la población rural.

Sistemas de captación de agua

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso (Hernández y Villa, 2008).

Son un conjunto de prácticas destinadas a un mejor aprovechamiento de precipitación pluvial, aumentando la disponibilidad de agua para las plantas, ganado, fauna silvestre y la conservación del suelo.

Su finalidad es proporcionar agua a las plantas que crecen en época de sequía aumentar el porcentaje de prendimiento de especies arbustivas y leñosas en áreas de deficiente y mala distribución de la lluvia, así como reducir la erosión de los suelos.

Bancos de proteínas

Mediante la reforestación de especies de leguminosas en bloques compactos y alta densidad, con miras a maximizar la producción de follaje con alto contenido proteínico. Su finalidad es generar forraje de alta calidad proteica para el consumo animal.

Además de mejorar el suelo por la fijación del nitrógeno atmosférico, característica de las leguminosas.

Cuando se establecen bancos de proteína con leñosas perennes sembrado por semilla, el crecimiento inicial tiende a ser muy lento, lo que les hace menos competitivas contra malezas. Por esto se recomienda que cuando se opta por esta técnica se trabaje en la producción de plántones a nivel de vivero, para luego transportarlos a campo, aún cuando ello va a representar mayores costos.

Los bancos de proteínas también se pueden utilizar bajo un sistema de "ramoneo" (defoliación ejercida directamente por los animales), por lo cual los animales ingresan en un esquema de rotación, generalmente de varios días de uso de cada banco. Los aspectos claves en el sistema, es el de prevenir que siempre quede follaje residual para favorecer un rebote rápido y vigoroso.

Canales interceptores de agua

Es un canal construido perpendicularmente y la pendiente con un bordo de apoyo en el lado más bajo. Su finalidad es desviar el exceso de agua de áreas críticas a sitios donde puede ser aprovechada y disponer de ella sin riesgo. Esta práctica se aplica a sitios donde el exceso de agua de áreas altas está dañando tierras de cultivos, pastizales, granjas, comederos o prácticas de conservación como terrazas.

Los interceptores de protección de terrenos agrícolas y los que son parte de un sistema de abatimiento de la contaminación deben tener un diseño mínimo con la capacidad de acarrear el escurrimiento máximo de agua de una tormenta con frecuencia de retorno cada diez años, con un bordo libre no menor de 10 cm.

El canal puede ser parabólico, con figura en V o trapezoidal. Los interceptores deben ser diseñados para estabilizar los lados de las laderas. La parte más alta del bordo debe incluir un factor de asentamiento racional y debe tener un mínimo de ancho en la cima de 1.2 m a la elevación diseñada.

El mínimo de sección de cruce debe reunir las dimensiones especificadas. La cima del bordo construido no debe ser más baja en algún punto que la elevación diseñada más lo especificado para sobrellenado por el asentamiento.

La pendiente del canal puede ser uniforme o variable. La velocidad del agua en el canal no debe exceder a la considerada erosiva para el suelo y el tratamiento planeado. Cada interceptor debe tener un desagüe subterráneo. El desagüe debe llevar el agua a un punto donde la salida no cause daño.

Obras de Drenaje

Consiste en la remoción de los excesos de agua que se acumulan sobre la superficie del terreno a causa de lluvias muy intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables, mediante zanjas que se pueden construir con zanjadora tirada por tractor agrícola, con la cuchilla niveladora o con retroexcavadora.

Su finalidad es la eliminación de los excesos de agua de los suelos, a fin de proporcionar a los cultivos de medio adecuado para su normal desarrollo.

Un suelo necesita drenaje cuando: el agua se estanca en la superficie del terreno por periodos mayores de 24 horas; el color de subsuelo comenzando desde los 20 hasta los 40 cm, es gris o azul con moteado marrón y amarillo, cuando existe un estrato compactado en el subsuelo o aparece la vegetación acuática en depresiones del terreno.

Alternativas ganaderas

La ganadería se desarrolla bajo un sistema de tipo familiar en condiciones de libre pastoreo en mayor grado, luego en forma semi-intensiva con ganado de doble propósito en ambos casos e intensivamente en menor grado con razas para producir carne.

Las dos primeras formas de producción basan su alimentación principalmente en los pastos nativos producidos en los agostaderos durante la época de lluvias y los esquilmos agrícolas principalmente de maíz, así mismo utilizan granos, forrajes de corte como avena de variedades criollas, sin utilizar una tecnología apropiada para la producción de forraje y desde luego los concentrados, aunque éstos solamente lo hace una minoría de productores.

La producción ganadera se puede mejorar e incrementar sustancialmente si se realiza un mejor uso de los recursos disponibles y aplicando o utilizando nuevas tecnologías en la producción de forrajes como:

Uso de especies y variedades mejoradas adaptables a la región

Mejoramiento genético del ganado

Establecimiento de programas de sanidad, reproductivos y de alimentación

Almacenamiento de forraje verde en silos

Mejoramiento de la infraestructura

Rotación de Pastoreo

El concepto de rotación también es aplicado con frecuencia a terrenos de uso pecuario. En este caso, se deja el ganado en un predio durante algunos días o semanas y luego es cambiado a otro con el fin de posibilitar la recuperación de la cobertura de pasto en el terreno pastoreado favoreciendo con ello la conservación de la productividad de la tierra.

De acuerdo con Fournier (19729 citado por Morgan (1986), un terreno de pastoreo no debería explotarse en más de un 40-50% de su producción de forraje y al llegar a ese punto se debería trasladar el ganado a otro terreno y permitir una regeneración suficiente para proporcionar una cobertura mayor del 70%, a fin de evitar problemas de deterioro de la tierra. En caso de mayor explotación del pastizal, ello constituirá sobrepastoreo, y seguramente problemas de erosión.

Los terrenos de pastizal deben ser cuidadosamente manejados, pues el sobrepastoreo puede deteriorar el pastizal y provocar erosión, pero por el lado contrario el poco pastoreo podría propiciar la pérdida de especies palatables, lo que no conviene al ganadero. Para evitar el sobrepastoreo es básico determinar, establecer y cumplir los coeficientes de agostadero, indicador que expresa la relación entre el número de animales y la extensión de terreno en que éstos pastan.

Cultivos básicos

Para incrementar la productividad de los cultivos agrícolas, se requiere utilizar variedades criollas mejoradas y/o maíces híbridos mejorados, además de proporcionar a los agricultores alternativas para la obtención de granos y forraje.

Cultivos forrajeros

Una de las opciones para producción de forrajes es el establecimiento de cultivos como variedades mejoradas de avena y pastos, con la finalidad de proporcionar al productor alternativas para la obtención de forraje con especies y/o variedades con alta productividad y que se adapten a las condiciones de la microcuenca, ante la alta necesidad de producción de forraje de buena calidad y contenido de proteína.

7.3. Cartografía

Las alternativas para la reducción de la erosión, la conservación y restauración de los recursos naturales, mejoramiento productivo y elevar los ingresos económicos y calidad de vida de la población rural, se ubican en el mapa de Unidades ASOD de degradación de suelos en la microcuenca "Rosa de Castilla" (Figura 34), tal como se mencionó en el capítulo anterior.

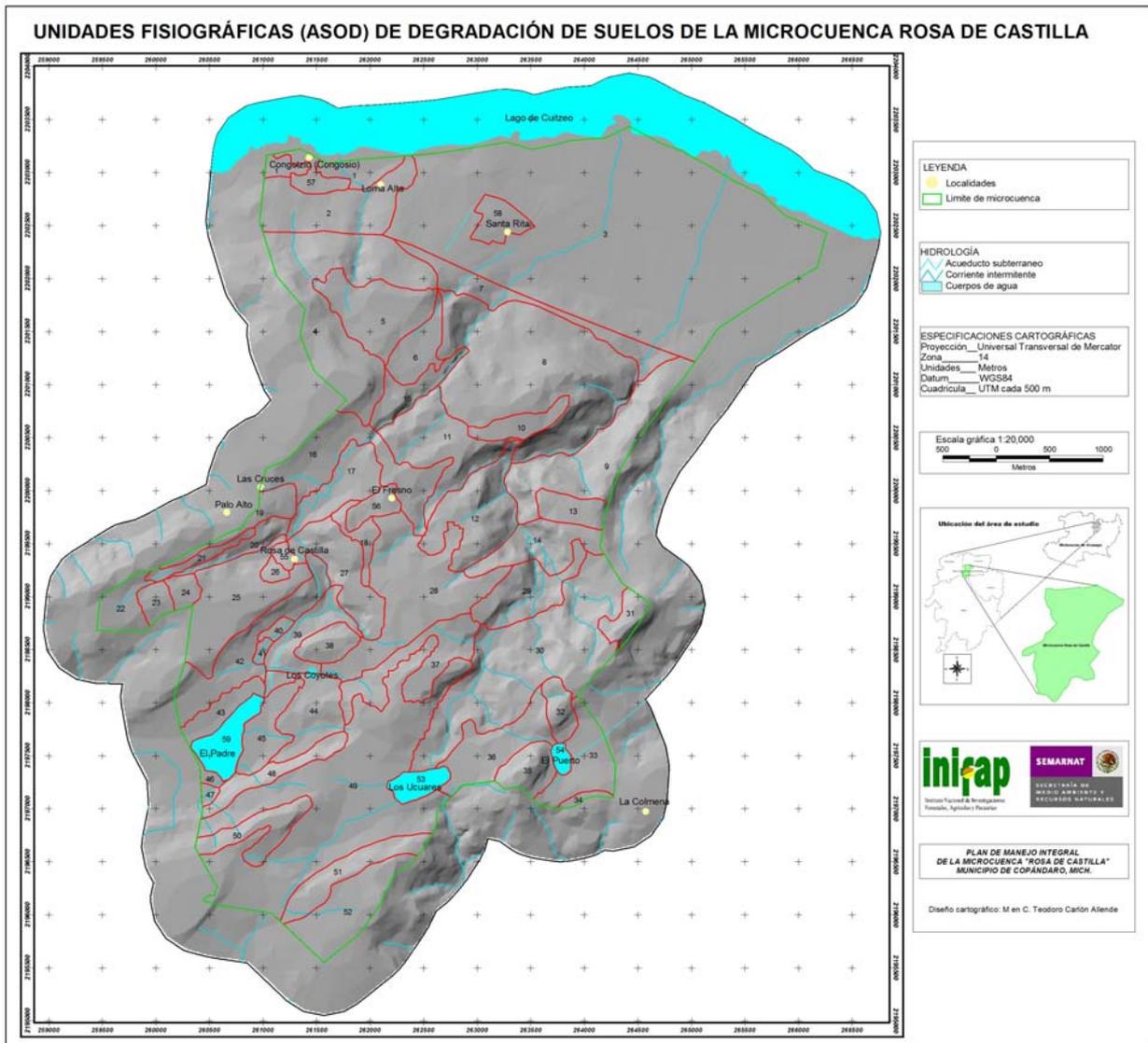


Figura 34. Ubicación de las unidades fisiográficas de degradación de suelos.

8. INTEGRACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

8.1. Generalidades

El término Manejo de Cuencas fue adoptado por primera vez en USA importado de los países de los Alpes europeos. Los europeos denominan Manejo de Cuencas, Control de Torrentes, lo cual se orienta principalmente al control de inundaciones y material de arrastre en las corrientes de montaña. En USA el énfasis principal ha sido la protección y manipulación de la cuenca para la producción de agua y control de inundaciones, más recientemente para calidad del agua.

El concepto de desarrollo de la cuenca comprende las tres fases resumidas en un proceso de: ordenamiento, habilitación y manejo de los recursos de la cuenca, orientado a cubrir ciertas necesidades que demandan los habitantes de la cuenca, sin menoscabo de las condiciones ambientales (sustentabilidad). Dentro de la concepción de desarrollo de la cuenca, se usa el término gestión como sinónimo de dirección o conducción del proceso de desarrollo. Los conceptos de aprovechamiento o construcción indican simplemente que las acciones correspondientes pertenecen a la fase intermedia cuando se trata de un proyecto de inversión, esta fase intermedia se denomina ejecución.

El manejo de la cuenca se concibe como el conjunto de acciones de gestión en la fase permanente del proceso de desarrollo a todos los recursos, sean éstos naturales o contruidos por el usuario, incluye por lo tanto, manejo de suelos agrícolas, fauna silvestre, silvicultura, pastos, cuerpos de agua y áreas ribereñas, esorrentía, sitios de construcción urbana, minería y vías de comunicación.

De acuerdo con lo expuesto, en el manejo de cuencas, se pueden diferenciar dos tipos de alcances diferentes: Uno que se refiere exclusivamente al recurso agua, es la concepción hidrológico-forestal, y el otro que abarca todos los otros recursos de la cuenca o concepción integral.

El primero se orienta básicamente a la protección, conservación y desarrollo de los recursos hídricos; mientras el segundo se refiere a la protección y conservación de dichos recursos con el fin de proporcionar bienestar a los usuarios, garantizando hasta donde sea posible una producción sostenida a lo largo del tiempo; incorpora acciones que se orientan al paisaje y a la preservación de las especies. Ambos rasgos de manejo de cuencas contribuyen a la sustentabilidad ambiental de la cuenca y constituyen acciones previas o paralelas a la gestión ambiental.

El concepto de manejo de cuencas comprende una gran variedad de definiciones, que se agrupan de acuerdo con el tipo de tareas que comprenden:

- a) Acciones de manejo de cuencas cuyos fines son la conservación y protección que se logran mediante medidas como terrazas, uso de suelo según su capacidad y prácticas de conservación: combinan acciones mecánico estructurales para controlar cárcavas, regular torrentes y estabilizar taludes, mediante el uso de medidas agronómicas, silvícolas y pastoriles.

- b) Acciones de manejo de cuencas con fines proteccionistas. Las tareas se orientan a la protección de los recursos naturales y al control de inundaciones, deslizamientos y degradación de la calidad del agua mediante la adopción de medidas mecánico-estructurales de ingeniería elevada.

- c) Acciones de manejo de cuencas orientadas hacia el desarrollo regional microregional o municipal. Este enfoque es el menos difundido. Al nivel municipal, apenas existe un interés incipiente en la ordenación, conservación y habilitación de cuencas y microcuencas dentro de su respectiva jurisdicción; mayormente propiciado por grupos ambientalistas u organizaciones no gubernamentales.

Existe también una variedad de definiciones académicas sobre manejo de cuencas, tales como:

- Es el arte y la ciencia de manejar los recursos naturales de una cuenca con el fin de controlar la descarga de agua, tanto en cantidad, como en calidad y tiempo de ocurrencia.

- Es el conjunto de técnicas que se aplican para el análisis, protección, rehabilitación, conservación, y uso de la tierra de las cuencas hidrográficas con fines de controlar y conservar el recurso agua.

- Es una acción de desarrollo integral para aprovechar, conservar y proteger los recursos naturales de una cuenca, teniendo como fin la conservación y el mejoramiento de la calidad medio ambiental y los sistemas ecológicos.

- Es la gestión con un sentido empresarial-social que el hombre realiza al nivel de cuenca para aprovechar y proteger los recursos naturales que le ofrece con el fin de obtener una producción óptima y sostenida.

Una definición integradora de los conceptos discutidos podría ser de manejo de la cuenca para obtener ciertos resultados, o más específicamente, uso, regulación y tratamiento de los recursos agua, suelo y vegetación dentro de la cuenca para lograr objetivos preestablecidos, los cuales incluyen los tres elementos fundamentales del manejo de cuencas, tierra, hombre y manejo. Tierra se refiere a las unidades geomórficas, incluyendo suelo, agua, flora, fauna y todos los otros recursos conectados; tierra es un elemento tridimensional de diversas formas y calidad variable. Dentro de una cuenca existen muchos tipos de uso de la tierra e infraestructura que afectan al Manejo de Cuencas. El elemento hombre se refiere a los habitantes de la cuenca y aquellos ubicados aguas abajo, relacionados con la cuenca; en ambos casos, con diferentes condiciones sociales, culturales y económicas que inciden en el Manejo de Cuencas.

La colaboración y participación de la población podría facilitarse involucrando a los propios municipios en las acciones de manejo de cuencas. Sólo se lograrán efectos tangibles si se ataca simultáneamente en amplios frentes, sobre la base de apoyo a los intereses de la población local y mediante técnicas simples, cuyos resultados sean inmediatos. Las acciones más complejas y que requieren de investigación previa, deben iniciarse en forma paralela teniendo presente que su aplicación será a mediano o largo plazo.

Los enfoques sobre manejo de cuencas han evolucionado en todos los países; de una visión centrada en el control de agua (volumen, frecuencia y oportunidad) se está pasando paulatinamente a considerar el uso múltiple del recurso, al manejo de las áreas de captación y a la explotación de todos los recursos naturales e incluso a la consideración de acciones para el desarrollo integral del usuario en las cuencas.

Esta concepción integral del sistema de cuenca como un todo, produce mayores beneficios que la simple sumatoria de los beneficios de cada elemento considerándolo aisladamente del conjunto.

Desde el punto de vista filosófico a esa visión integral de manejo de cuencas se denomina aproximación holística; desde el punto de vista técnico el término más adecuado sería el de manejo de cuencas bajo el enfoque de usos múltiples. Etimológicamente hay una diferencia entre holístico y usos múltiples. Pero desde el punto de vista práctico, no es posible o sería sumamente complejo considerar absolutamente todos los elementos del sistema cuenca, por ello, es preferible utilizar el término usos múltiples para denotar la inclusión de aquellos recursos que previsiblemente intervienen en la creación del bienestar y la prosperidad de los usuarios de una cuenca, a través del manejo integral.

La clave está en diseñar estrategias de manejo de las cuencas altas, que diversifiquen e incrementen los ingresos a través de la producción agrícola y la explotación de los recursos naturales, pero promoviendo los objetivos de conservación del suelo, agua y vegetación.

En el caso de la microcuenca "Rosa de Castilla", el propósito de éste Plan de Manejo Integral es incidir en los aspectos de conservación, restauración y protección de los recursos naturales y las acciones a implementar con el fin de revertir la degradación de los recursos naturales y elevar la calidad de vida de los pobladores de la misma. Una de las actividades del plan de manejo fue la realización de una serie de talleres de evaluación participativa con los productores de las diferentes localidades que integran la microcuenca, para identificar los proyectos, los cuales pueden ser apoyados por instituciones de los tres niveles de gobierno, buscando así el desarrollo humano sustentable en base a la coordinación, integralidad y concurrencia.

En resumen, la microcuenca "Rosa de Castilla" se localiza en los municipios de Copándaro, Morelia, Chucándiro y Tarímbaro; en ella se asientan siete localidades: Congotzio, Loma Alta, Santa Rita, Las Cruces, El Fresno, Palo Alto y Rosa de Castilla, en el municipio de Copándaro, Mich.

El tipo de clima es C (W₁) (W) y corresponde al templado subhúmedo, con lluvias en verano, la precipitación es de 786.2 mm anuales y la temperatura media es de 18.4 con una máxima de 28.4 y una mínima de 8.4 °C. La altitud media es de 2,100 a 2,200 msnm; su superficie se distribuye en planicies, laderas y barrancas; los tipos de suelo presentes en la microcuenca son el vertisol pélico y feozem. El uso de suelo y/o tipos de vegetación son la agricultura de riego y temporal, bosque de encino, matorral subtropical y pastizal.

En la microcuenca, las parejas de mayor de edad tienen de 6 a 10 y las parejas jóvenes de 2 a 3 hijos. El 40 % de las familias tienen menos de 5 hijos, el 30 % de 5 a 7 y el 20 % más de 7 hijos. La migración es alta ya que el trabajo en las localidades es de autosuficiencia y no hay alternativas de trabajo. El salario es de \$150.00 por día y comentan que se quedarían si ganaran \$ 250.00 por día en forma constante. Los migrantes envían recursos económicos generalmente para alimentación y un bajo porcentaje para infraestructura y actividades productivas.

Pocos cuentan con seguro popular o seguro social y las enfermedades más frecuentes son: diabetes juvenil y en adultos mayores a 40 años, hipertensión, colesterol, cáncer de próstata, mama, matriz y piel, enfermedades de los ojos como glaucoma, cataratas, carnosidades, enfermedades del riñón, cirrosis, enfermedades de pulmones y dentales.

La microcuenca es una zona de captación de agua en presas o represas y recarga de acuíferos, base de la producción agropecuaria bajo riego y agua para consumo humano, lo cual refleja la importancia de la conservación y manejo forestal como prioritarios, sin embargo, la actividad principal de los productores de la microcuenca es la ganadería, seguida de la agricultura de riego y temporal.

El ganado bovino es de doble propósito, aunque algunos productores se dedican a la engorda de ganado con razas mejoradas y éstas actividades representan un bien de capital o fuente de ahorro.

Los productores de la microcuenca, siembran hortalizas como coliflor, cebolla, tomate, chile, calabacita, garbanzo, repollo, lechuga, pepino y cilantro, también cultivan maíz,

frijol y sorgo, además de forrajes como alfalfa y avena. La asesoría es esporádica, faltan estudios de fertilidad de suelos para una eficiente fertilización y no aplican abonos orgánicos aunque algunos esparcen el estiércol directamente en sus parcelas.

El recurso forestal principalmente es aprovechado para consumo de leña y las especies más usadas son: jara pólvora, palo dulce, huizache, encinos, tejocote, acebuche y perimo, entre otras. El otro recurso importante es el agua, tanto en la microcuenca como en el municipio de Copándaro, el 84.68 % del agua dulce disponible proviene de fuentes subterráneas y el resto de fuentes superficiales, de las cuales se cuantificaron 19 pozos.

8.2. El plan de manejo de la microcuenca como modelo de trabajo

Se plantea que éste plan de manejo, sea modelo de trabajo para la microcuenca "Rosa de Castilla" y del resto de las microcuencas del estado de Michoacán, delimitadas por IMTA-FIRCO, realizando las modificaciones pertinentes de acuerdo al diagnóstico y necesidades de cada región en particular.

El enfoque metodológico que se plantea representa una aproximación al manejo de cuencas, ya que como proceso se considera que la planificación no debe ser un paso principal separado del manejo de cuencas y distante del tiempo de la etapa de implementación, sino que tanto la planificación como la implementación deben actuar una siguiendo a la otra y retroalimentándose a través de la información obtenida.

Debe considerarse el manejo de la microcuenca como un sistema planificado de medidas de gestión:

Clara distinción entre las medidas de manejo y las herramientas de implementación, incluyendo la determinación de quién hará las acciones de manejo de recursos y quién aplicará las herramientas de implementación.

Considerar los programas institucionales dentro del campo del sistema planificado. Esto sirve para visualizar su participación, lo cual es clave en el éxito o fracaso de la

implementación de los planes de manejo de cuencas o microcuencas. Un efectivo manejo de cuencas requiere que los problemas, herramientas de implementación y las instituciones sean considerados en la etapa de planificación, con las medidas de manejo físicamente orientadas.

8.3. Definición del marco conceptual del plan de manejo

El presente documento debe conceptualizarse como un instrumento de planeación para orientar las políticas y directrices de la conservación y restauración de los recursos naturales, y un instrumento de gestión en la Microcuenca "Rosa de Castilla", que permita la coordinación y articulación de acciones, así como la aplicación programas y proyectos de Instituciones.

En el Plan de Manejo Integral se involucran los aspectos ambientales, sociales y económicos para que conduzca al desarrollo sustentable, considerando en las soluciones tanto las causas como los efectos. Además, fue importante el componente social al involucrarse a los pobladores y poseedores de la microcuenca con la participación técnica de personal con experiencia en diagnóstico y manejo de recursos naturales y socioeconómicos.

8.4. Alcances del plan de manejo

En éste plan de manejo se plantea que al mismo tiempo se afronten los síntomas del deterioro y las causas, mediante la ejecución de prácticas sustentables, así como la implementación de las políticas ambientales y de desarrollo humano de las Instituciones, en un marco de coordinación, integralidad y concurrencia, tanto municipales, estatales y federales, que tienen que ver con los recursos naturales como fuentes de financiamiento para todas la actividades, incluyendo la creación de un comité de microcuenca para la toma de decisiones y gestión.

De acuerdo al diagnóstico, se plantean acciones que beneficien a todos los miembros de las localidades. Además de los proyectos forestales y agropecuarios, son importantes los proyectos de pago de servicios ambientales, el potencial de la zona para el

desarrollo del ecoturismo, involucrando y beneficiando a la población, además de su promoción y capacitación.

Es de suma importancia que la SEMARNAT y otras Instituciones de los tres niveles de gobierno, conformen una estructura que contribuya al fortalecimiento de la gestión, que incida permanentemente con asesoría, capacitación y apoyo en las decisiones de las comunidades, es decir, que sea responsable de la implementación de éste plan de manejo de la microcuenca "Rosa de Castilla", de tal manera que se tenga mayor posibilidad de éxito.

Una vez implementado el plan de manejo, es necesario que los tomadores de decisiones realicen evaluaciones de las alternativas de manejo y conocer si es necesario seleccionar una mejor ruta de acciones para alcanzar los objetivos de manejo establecidos, es decir, implementar la retroalimentación.

Es importante considerar que puede haber normas políticas y conflictos institucionales, los cuales deben ser resueltos antes de que un proyecto o programa se haga operacional. Además, el manejo integrado de cuencas construido desde lo micro a lo macro, apuesta a la creación de paradigmas de organización social como instrumento de mercado, por sus distintas funciones naturales.

8.5. Decisiones y acciones inmediatas

Para la implementación del plan de manejo se requiere de forma inmediata:

1. Definición de la o las Instituciones que serán responsables de la implementación y seguimiento de resultados del plan de manejo.
2. Consolidación y fortalecimiento de la organización de los ejidos y habitantes de las localidades.

3. Conformación del Consejo de la microcuenca "Microcuenca Rosa de Castilla", que sería el organismo que tomaría decisiones y participaría en la gestión de recursos económicos. Este puede formarse a partir de los Comités de cada localidad, los cuales se eligieron durante el proceso de los talleres de evaluación rural participativa.

4. Conformación de un Comité o Gerencia Técnica que dé asesoramiento técnico para la implementación de las acciones del plan de manejo. Una opción es que el Grupo Especializado de Sustentabilidad de la Cuenca del Lago de Cuitzeo se encargue de ésta responsabilidad o bien conformar otro para la microcuenca.

5. Presentación del plan de manejo a las Instituciones con posibilidades de que contribuyan con recursos económicos para la implementación de proyectos y las que tengan relación directa o indirectamente con la conservación de los recursos naturales y el bienestar social.

6. Un aspecto de gran relevancia es el de socializar con mayor énfasis el plan de manejo, situación que se llevó a cabo en los talleres de evaluación rural participativa, pero se considera es necesario continuar con la presencia Institucional para que no se llegue al desánimo de la población.

7. Por lo anterior, es de suma importancia iniciar con la implementación de algunas acciones de forma inmediata para elevar la calidad de vida y conservación de los recursos naturales.

8.6. Orientación del plan de manejo

El rezago social es sin duda materia de programación de los planes de gobierno; sin embargo, estos evidentemente no se ven reflejados o no se avanza con el ritmo deseado, las razones son también multicausales y están interrelacionadas formando

una compleja red causa-efecto. La estrategia tendría que ser el actuar paralelamente en varios frentes, es decir, atendiendo varios sectores a la vez y conduciendo procesos de acompañamiento paralelos como organización, concientización, capacitación, entre otros.

Un enfoque de cuencas hidrológicas incorpora la conservación del suelo y la planeación del uso del suelo dentro de un concepto lógico y más amplio, el cual considera los siguientes aspectos:

Las personas son afectadas positivamente y negativamente por las interacciones del agua con otros recursos naturales y en cambio las personas influyen la naturaleza y la severidad de esas interacciones por la forma e intensidad en que usa los recursos naturales. Los efectos de esas interacciones siguen los límites naturales de la cuenca, no límites políticos, esto es, el agua fluye pendiente abajo sin considerar como los manejadores definen sus fronteras de responsabilidad. Como consecuencia lo que es efectuado en un área de manejo de la parte alta de la cuenca puede afectar otra unidad de manejo que ocupa un posición pendiente abajo a aguas debajo de la cuenca.

Debido a que esas interacciones cruzan límites de manejo, lo que puede ser un uso adecuado de los recursos naturales desde el punto de vista de una unidad de manejo, puede no ser un adecuado de los recursos naturales desde un punto de vista social, debido a los efectos indeseables producidos pendientes abajo a aguas abajo.

De acuerdo a los niveles operativos y capacidad de gestión política, la microcuenca es la unidad de planificación socioeconómica territorialmente expuesta a un sin número de cambios, que con el tiempo se modifican paulatina e irremediamente.

El manejo de la microcuenca está orientado a prácticas en el uso del suelo, cobertura vegetal y otras acciones estructurales y no estructurales que son tomadas para lograr objetivos y metas específicas de manejo en la microcuenca, como son la protección de los recursos suelo y agua o rehabilitación de áreas degradadas.

Las propuestas mencionadas en el plan de manejo pretenden contribuir al manejo sustentable de los recursos naturales y elevar la calidad de vida de los pobladores de la microcuenca "Rosa de Castilla".

8.7. Concertación de un plan rector

Una vez presentado y determinado la Institución o Instituciones responsables de la implementación de éste plan de manejo, es necesario buscar los mecanismos de coordinación para la planeación estratégica que permita la concertación de acciones y la gestión para la inversión y la aplicación de programas institucionales.

Es importante un Plan Rector en el cual se identifique claramente las metas a mediano y largo plazo, con una visión para el desarrollo de la microcuenca, a través de talleres y reuniones entre las instituciones y los pobladores en las que se concierten los ejes estratégicos de acción, identificando acciones concretas y los responsables.

8.8. Inicio de obra

El Plan de Manejo y la Coordinación Institucional están obligados a ser el medio para dinamizar el desarrollo y crear oportunidades iguales para todos los habitantes. Estos expresan que la atención de sus necesidades tiene que ser a partir de la intervención del gobierno vía programas de asistencia; en el aspecto productivo con asistencia técnica que les permita mayores rendimientos en sus cosechas, además de los apoyos directos a la producción, también muy demandados.

En los aspectos de salud, educación, comunicaciones y servicios, identifican ámbitos también de intervención gubernamental asistiendo a la obligación que tiene éste último para proporcionárselos.

Este eje estratégico se resolverá en la medida de transitar en el desarrollo social buscando la coparticipación gobierno y sociedad, teniendo presente que es uno de los ejes que requiere de mayor atención y que sus resultados se harán presentes en el mediano y largo plazo, con la participación del mayor número de dependencias, organismos e instituciones de los tres niveles de gobierno.

En este sentido es que se enlistan una serie de líneas de acción (Cuadros 52 a 58) que deben ponerse en práctica con la participación de los propios beneficiarios, involucrados desde la misma fase de su concepción, otorgándoles la oportunidad para ser autogestores de su propio desarrollo social.

Cuadro 52. Alternativas de solución a la problemática de alta migración en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Alta Migración										
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013	INSTITUCIONES
Tienda comunitaria	X		X						X	SEDESOL SEDECO SAGARPA FIRCO SEE H. AYUNTAMIENTO ONG'S SECRETARÍA DE ECONOMÍA SRA SEMARNAT CONAFOR BANCA PRIVADA
Curso de panadería		X				X		X		
Capacitación e infraestructura de costura (gancho, punto de cruz, bordado y deshilado, compra de máquinas de costura)						X		X	X	
Microempresas: aves de corral (Pollos, gallinas ponedoras, codorniz, encubadora)	X	X	X	X		X	X		X	
Capacitación en: Administración y gestión de proyectos ecoproductivos Formulación de proyectos comunitarios para mujeres Desarrollo de cadenas productivas		X							X	
Molino de nixtamal		X						X		
Capacitación en: belleza (corte de pelo), tejido de 2 agujas			X						X	
Capacitación en conservas Crédito productivo para mujeres Ahorrando contigo	X							X	X	
Capacitación en huertos familiares	X								X	
Curso de confección de ropa			X		X		X		X	
Cooperativa de producción					X				X	

agropecuaria										
Producción de champiñón					X					X
Secadora de productos del campo					X					X
Empacadora de pepino y productos del campo					X					X
Organización de pescadores					X			X		
Empleo a jóvenes					X					X
Proyecto de ecoturismo en la ribera del lago					X	X				X
Proyecto de ecoturismo en la Presa del Padre					X					X
Créditos microempresariales						X				X
Proyecto de Ecoturismo en la Presa de los Caballos						X				X

Cuadro 53. Alternativas de solución a la problemática de baja calidad de vida en la microcuenca “Rosa de Castilla”, Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Calidad de Vida										
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013	INSTITUCIONES
Pavimentación de camino de Santa Rita a la localidad	X	X	X	X					X	SEDESOL CNA SCOP SEE ONG'S SSA SEE SEDECO TELMEX CFE H. AYUNTAMIENTO BANCA PRIVADA
Agua potable			X	X				X	X	
Rehabilitación del sistema de drenaje		X				X		X	X	
Diagnóstico del sistema de agua potable (mantenimiento, filtros, módulo roto, llave de paso, tubería, etc.).		X						X		
Pisos a viviendas, rehabilitación y ampliación	X	X	X	X		X	X			
Construcción de salón de usos múltiples	X	X	X			X	X	X	X	
Acondicionamiento de área de reunión con muro de contención		X							X	
Construcción o acondicionamiento de cancha deportiva	X	X	X						X	
Alumbrado público	X		X	X				X	X	
Empedrado de calles		X	X				X			
Gestión Legalización del predio “La Pala” y servicios básicos						X		X		
Telefonía	X	X	X	X		X	X	X	X	
Construcción o acondicionamiento del Centro de Salud	X	X	X				X		X	
Promoción e implementación de campañas sobre prevención y control de Diabetes, Hipertensión, Colesterol, Vista, Oídos,	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Parálisis Cerebral, Cáncer de próstata, mama y matriz									
Asistencia médica y suministro de medicamentos	X	X	X				X	X	X
Cursos de cocina y nutrición		X				X			X
Cursos de manejo de la tercera edad					X	X			X
Implementación del Seguro Popular	X	X	X			X	X	X	X
Acondicionamiento de bordo de contención de la presa y abrevadero para ganado, Puente desagüe de presa y entrada al poblado	X								X
Estímulos de becas para estudiantes de secundaria y superiores	X		X	X					X
Telesecundaria			X	X					X
Transporte para estudiantes y personas	X							X	X
Desayunador en escuela	X								X
Escuela primaria: Impermeabilización de aulas Bomba para aljibe Pisos en aulas Techado de la cancha (auditorio deportivo)						X		X	X
Preescolar: Control de plaga de hormigas Reparación de chapas en puertas Reparación de volantín Bancas en área de recreo Pintado de bardas						X		X	
En Primaria (priorizadas): 1. Reparación de sanitarios		X						X	X

2. Impermeabilizado y pintado de aulas. Barandal en el puente ubicado a la salida de la escuela 3. Construcción de cancha deportiva 4. Construcción de aljibe 5. Acondicionamiento de aulas (aplanado, protección, luz, ventanas) 5. Butacas individuales 5. Máquina de escribir 5. Equipo de sonido										
Escuela Primaria: En aula, cambio de techo de lámina por concreto Plantación de árboles frutales Arreglo de entrada y patio							X	X	X	
En Preescolar: Acondicionamiento de área de juegos Reforestación en áreas exprofeso							X		X	
Telesecundaria: Construcción de barda perimetral Actualización de equipo de cómputo Equipamiento de laboratorio Techado de la cancha (auditorio deportivo) Reforestación en áreas ex profeso Pintura y herrería en salones						X		X	X	

Cuadro 54. Alternativas de solución a la problemática de deforestación y fauna silvestre en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Densidad de Recursos Forestales (Deforestación) y Fauna Silvestre										
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013	INSTITUCIONES
Estufas ahorradoras de leña	X (15)	X (25)	X (13)	X (7)		X (200)	X (36)	X		SEMARNAT CONAFOR FIRCO COFOM SEDESOL H. AYUNTAMIENTO SUMA INIFAP
Reforestación	X				X	X			X	
Represas en cárcavas				X	X				X	
Establecimiento de cercas vivas en linderos de parcelas y caminos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Reforestación y limpieza de barrancas	X							X	X	
Colecta de semilla y establecimiento de un vivero con especies nativas					X	X		X		
Detener la deforestación y cambio de uso del suelo	x	x	x	x	X	x	x	X		

Cuadro 55. Alternativas de solución a la problemática de baja productividad de cultivos agropecuarios en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Productividad de Cultivos Agropecuarios										
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013	INSTITUCIONES
Revestimiento de caminos y apertura de brechas a predios	X	X	X			X	X	X	X	SAGARPA INIFAP SEDRU SEMARNAT SEDESOL H. AYUNTAMIENTO FINANCIERA RURAL
Despiedre y nivelación de parcelas	X	X	X			X		X	X	
Capacitación sobre: Elaboración de abonos orgánicos, cultivo del										

maíz, producción de forrajes y ensilaje, mejoramiento genético y dietas en ganado vacuno (doble propósito), control de plagas en cultivos agrícolas, aplicación de agroquímicos, Prácticas ecológicas sustentables (manejo de excretas)	X	X	X	X	X	X	X	X		
establecimiento de parcelas demostrativas	X	X	X	X	X	X	X	X		
Control de la plagas agrícolas, prioridad el chocho	X	X	X	X	X	X	X	X		

Cuadro 56. Alternativas de solución a la problemática de baja productividad ganadera en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Baja Productividad Ganadera										
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013	INSTITUCIONES
Siembra de pastos	X	X	X	X					X	SAGARPA SEDRU
Sistemas silvopastoriles	X	X				X			X	

Construcción de silos	X	X	X	X	X	X	X	X		H. AYUNTAMIENTO FINANCIERA RURAL INIFAP
Picadora para ensilaje		X				X		X		
Construcción y/o rehabilitación de instalaciones ganaderas	X	X	X	X		X	X	X	X	
Adquisición de pie de cría (chivas y/o terneras, cerdos)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Campaña de prevención y control de enfermedades	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Cuadro 57. Alternativas de solución a la problemática de contaminación ambiental en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Contaminación Ambiental										
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013	INSTITUCIONES
Construcción o Acondicionamiento del sistema de drenaje o	X	X	X	X			X	X	X	SUMA H. AYUNTAMIENTO SEMARNAT

fosas secas										CONAGUA INIFAP SEDESOL SSA
Construcción de planta tratadora de aguas residuales		X			X	X	X	X	X	
Campaña para uso adecuado y deposición de envases de agroquímicos	X	X	X	X	X	X	X	X		
Capacitación en: Contaminación ambiental Ecosistemas y áreas naturales protegidas Manejo de residuos sólidos Manejo del agua		X						X		
Clausura de basurero y reubicación en relleno sanitario					X	X		X		
Campaña de manejo de la basura	X					X		X		
Campaña de análisis de suelos								X		
Campaña de agua limpia y cloración de agua	X					X	X	X		

Cuadro 58. Alternativas de solución a la problemática de falta de agua en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. Copándaro, Mich.

Problemática: Falta de Agua										
SOLUCIÓN	EL FRESNO	ROSA DE CASTILLA	PALO ALTO	LAS CRUCES	EJIDO COPÁNDARO	SANTA RITA	CONGOTZIO	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013	INSTITUCIONES
Construcción, ampliación y/o desasolve de represas para captación de agua y producción piscícola	X	X	X	X		X	X	X		SAGARPA SEDRU H. AYUNTAMIENTO SUMA CNA
Cercado de la Presa de los Caballos						X		X		COMPESCA SEMARNAT

										SEDESOL
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------

En el caso de las acciones de conservación y/o restauración de los recursos naturales, su implementación se hará en las unidades ASOD de la microcuenca (Cuadro 59 y Figura 35), así como el plazo estimado (Cuadro 60), con base en las siguientes consideraciones:

Es urgente detener la deforestación y el cambio de uso del suelo, principalmente para agricultura y plantaciones de eucalipto. Para éste se recomienda su sustitución paulatina con especies nativas, de alto poder calorífico o fuente de forraje como son las leguminosas.

Para la reforestación, cercas y barreras vivas, se requiere primero el establecimiento de uno o dos viveros para propagar las especies registradas en la microcuenca, tanto del bosque de encino como de matorral subtropical, las cuales actualmente no se reproducen en algún vivero.

Para realizar la labranza de conservación, surcado en contorno, abonos orgánicos, control de pastoreo y cárcavas, se requiere la implementación de programas de capacitación.

Un programa de análisis de suelo es básico para aplicar las dosis de fertilización adecuadas a cada cultivo y fertilidad del suelo, sea con abonos químicos u orgánicos; éste último es el recomendable para disminuir la contaminación y reducir costos, ya que los químicos además de ser una fuente de contaminación, actualmente tienen un costo muy alto.

Para el establecimiento de sistemas silvopastoriles, pastos y cultivos mejorados es necesario parcelas de validación y demostración para incentivar el interés de los productores a la diversificación productiva con especies de mayor productividad.

Cuadro 59. Propuestas de manejo para el control de la degradación de los recursos naturales en las unidades ASOD de la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

Unidad ASOD No.	Labranza de conservación	Surcado en contorno	Análisis de suelos	Despiedre parcelas	Abonos orgánicos
1	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X
4					
5	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X
7					
8					
9					
10	X	X	X	X	X
11					
12					
13	X	X	X	X	X
14					
15					
16	X	X	X	X	X
17					
18					
19					
20	X	X	X	X	X
21	X	X	X	X	X
22	X	X	X	X	X
23					
24					

25					
26					
27					
28					
29	X	X	X	X	X
30					
31					
32					
33					
34	X	X	X	X	X
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41	X	X	X	X	X
42					
43	X	X	X	X	X
44					
45	X	X	X	X	X
46	X	X	X	X	X
47					
48					
49					
50					
51					
52					

Continuación Cuadro 59.....

Unidad fisiográfica No.	Sistema de riego tecnificado	Cultivos mejorados	Cercas vivas	Reforestación	Barreras vivas	Reconversión de uso de suelo
1	X	X	X			
2		X	X			
3	X	X	X			
4				X		X
5				X		X
6		X				
7				X		X
8				X		
9				X		
10		X	X			
11				X		
12				X		
13		X				
14				X		
15				X		X
16				X		
17				X		
18				X		X
19				X		
20		X	X			
21		X	X			
22						
23				X		
24				X		
25				X		

26				X	X	
27				X		
28				X		
29		X	X	X		
30						
31				X		X
32				X		
33						
34		X	X			
35				X		
36						
37				X		
38				X		
39				X		
40				X		X
41		X	X			
42				X		X
43		X	X			
44				X		
45		X	X			
46		X	X			
47				X		
48				X		
49						
50				X		
51				X		
52						

Continuación Cuadro 59.....

Unidad fisiográfica No.	Sistemas silvopastoriles	Pastos mejorados	Control de pastoreo	Detener deforestación y/o cambio de uso del suelo	Control de cárcavas
1					
2					
3					
4					
5				X	
6				X	
7	X			X	
8					
9					
10					
11			X		
12					
13		X			
14		X	X		
15	X		X		
16		X			
17			X	X	
18			X		
19	X		X		
20			X		
21	X		X		
22		X			
23					
24			X		
25			X		

26					
27					
28	X		X		
29					
30			X	X	
31	X		X		
32			X		
33		X	X		
34					
35			X		
36	X	X	X		
37			X		
38			X		
39	X			X	X
40			X		X
41					
42			X		
43					
44	X		X		
45		X			
46		X			
47			X		
48					
49		X	X		X
50			X		
51			X		
52		X	X		X

Continuación Cuadro 59.....

Unidad fisiográfica No.	Forrajes anuales mejorados	Bancos de proteína	Canales interceptores de agua	Obras de drenaje	Sistemas de captación de agua
1	X		X	X	
2	X		X	X	X
3	X				
4					X
5	X				X
6	X		X	X	
7		X			
8					
9			X		X
10		X			
11					X
12		X			
13					
14					
15					
16	X				
17					
18		X			
19					X
20					
21	X				
22		X			X
23		X			
24					
25		X			X
26					

27					
28		X			X
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43	X				
44					
45	X				
46	X				
47	X				
48					
49					
50					
51					
52					

Cuadro 60. Plazo de implementación de acciones del plan de manejo en la microcuenca "Rosa de Castilla, Mpio. de Copándaro, Mich.

ACCIÓN	CORTO PLAZO (2008-2009)	MEDIANO PLAZO 2009-2013
Labranza de conservación	X	X
Surcado en contorno	X	X
Análisis de suelos	X	
Despiedre parcelas	X	X
Abonos orgánicos		X
Sistema de riego tecnificado	X	X
Cultivos mejorados		X
Cercas vivas	X	X
Reforestación y plantaciones comerciales		X
Barreras vivas		X
Reconversión de uso de suelo		X
Sistemas silvopastoriles		X
Pastos mejorados		X
Control de pastoreo (Rotación)		X
Detener deforestación y/o cambio de uso del suelo	X	X
Control de cárcavas		X
Sistemas de captación de agua	X	X
Bancos de proteína		X
Canales interceptores de agua		X
Obras de drenaje		X
Forrajes anuales mejorados		X

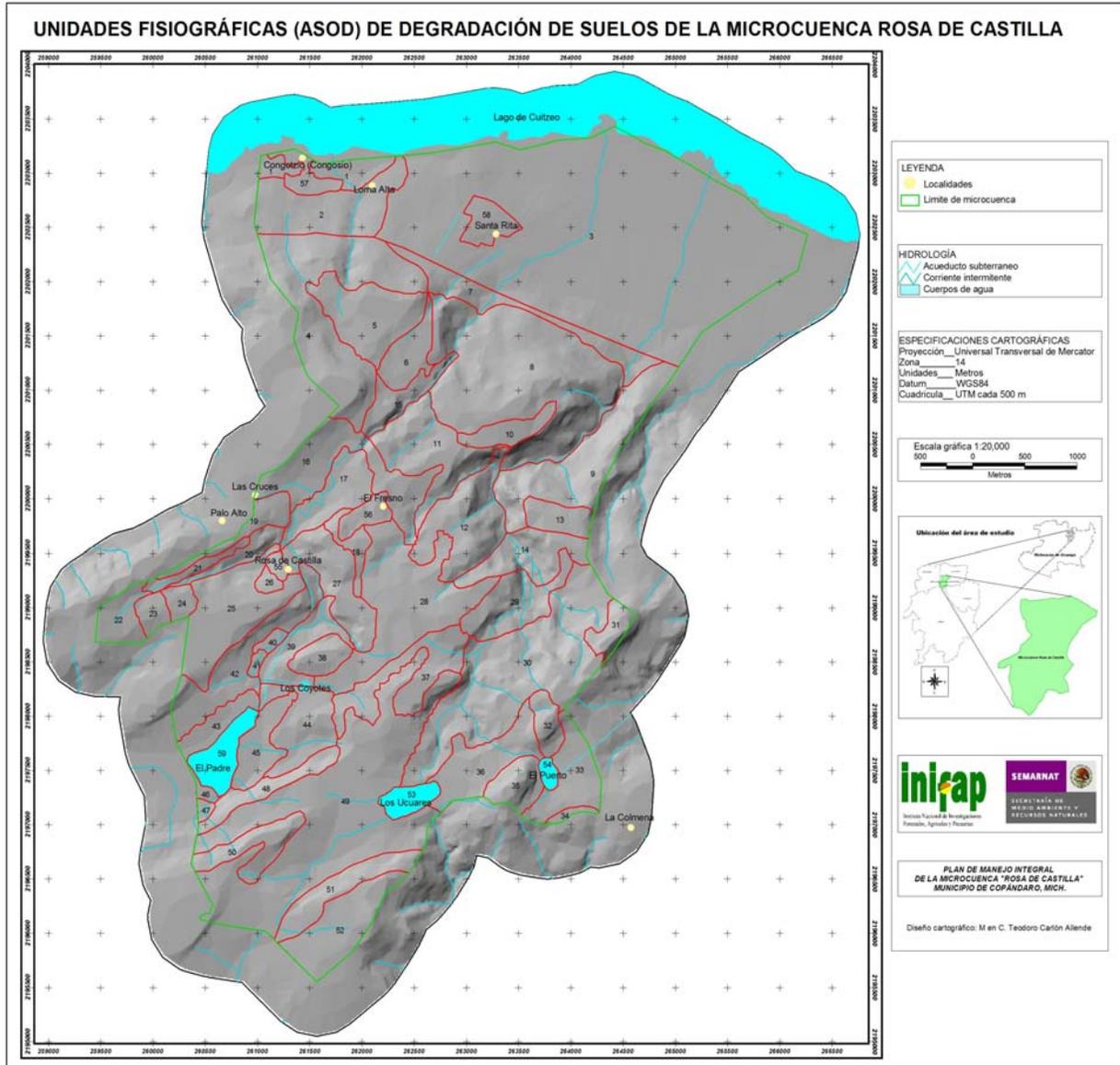


Figura 35. Mapa de unidades fisiográficas para evaluación de la degradación de suelos en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

8.7. Programas y políticas con efecto en el mediano y largo plazo

Existen dos tipos de limitaciones que determinan el grado de éxito en las prácticas de manejo de cuencas hidrológicas. Una son las limitaciones naturales, las cuales implican un amplio rango de relaciones biológicas y físicas, y las limitaciones institucionales, las cuales son tan importantes como las anteriores en la planeación e implementación de prácticas para un manejo sustentable de las cuencas hidrológicas.

Las limitaciones institucionales, a diferencia de las limitaciones naturales, son establecidas por la gente para alcanzar condiciones específicas y además, pueden ser modificadas por la misma gente en respuesta a cambios en las situaciones sociales, económicas y políticas.

Los costos y beneficios de un programa sobre manejo de cuencas o microcuencas que es designado para incrementar el uso de los recursos, resolver las necesidades sociales deben ser determinados. Es probable que los puntos de vista locales, regionales y nacionales deban ser adoptados para que la gente pueda determinar de una manera mejor cómo un programa va a afectarlos individual y colectivamente.

Un gran problema que confrontan los tomadores de decisiones y que buscan un buen manejo de cuencas hidrológicas es el desarrollo de un marco institucional responsable a través del cual las áreas de las cuencas hidrológicas puedan ser manejadas. Para que sea efectivo, un plan debe trabajar dentro de la estructura institucional existente.

El apoyo financiero es una parte medular para el arranque de cualquier proyecto, para la organización de los productores y la asistencia técnica y difusión de tecnologías apropiadas, es necesario financiar proyectos y encontrar los mecanismos de apoyo económico. También es de suma importancia que los habitantes de la microcuenca, las organizaciones o cooperativas de productores desarrollen esquemas de colaboración y autofinanciamiento una vez establecido un determinado proyecto.

En el Cuadro 61 se citan Instituciones y sus programas que pueden apoyar con recursos económicos, asistencia técnica y capacitación en la implementación de las acciones de éste plan de manejo:

Cuadro 61. Instituciones y programas posibles de apoyo para la implementación del plan de manejo en la microcuenca "Rosa de Castilla", Mpio. de Copándaro, Mich.

INSTITUCIÓN	PROGRAMA (S)
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) Programa "Hacia la igualdad de Género y la Sustentabilidad Ambiental" Programa de Capacitación Rural Programa Ambiental de la Juventud Programa Cambio Climático Programa de Cultura Ambiental Residuos Sólidos (México limpio) Programa Escuela Limpia
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	ProArbol PROCYMAF II: Silvicultura Comunitaria Compensación Ambiental Desarrollo Forestal (PRODEFOR) Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN) Programa Nacional de Reforestación (PRONARE)
Comisión Nacional del agua (CONAGUA)	Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego Programa de Desarrollo Parcelario Programa de Uso Eficiente del Agua y Energía Eléctrica Programa de Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU) Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales Programa de Agua Limpia Programa de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	Opciones Productivas Desarrollo Local Microrregiones Iniciativa Ciudadana 3x1 Empleo Temporal (PET) Hábitat Programa de Desarrollo Humano Oportunidades Programa de Ahorro, Subsidio y Crédito para la Vivienda Progresiva "Tu Casa" Programa de Atención a Adultos Mayores en Zonas Rurales Programa de Atención a Jornaleros Agrícolas Programa Vivienda Rural

<p>Secretaría Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)</p>	<p>Programa de Desarrollo Rural Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestrabilidad Recurrente Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera Programa de Apoyo a las Organizaciones Sociales Agropecuarias y Pesqueras (PROSAP) Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas Programa de Promoción Comercial y Fomento a las Exportaciones de Productos Agroalimentarios y Pesqueros Mexicanos "PROMOAGRO" Introducción y Desarrollo del Financiamiento al Medio Rural Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria Programa Soporte Atención a Problemas Estructurales (Apoyos Compensatorios) Atención a Contingencias Climatológicas Apoyo a la Participación de Actores para el Desarrollo Rural (Fomento a la Organización Rural) Programa de Fomento Ganadero</p>
<p>Secretaría de Salud (SSA)</p>	<p>Vivir Mejor Semana Nacional de Vacunación Vacunación Antirrábica Equidad de Género y Salud Reproductiva Nuevo Seguro Médico Salud Bucal Cólera Programa Comunidades Saludables Adultos Mayores</p>
<p>Secretaría de Economía</p>	<p>Fondo de Apoyo para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (Fondo PYME)-Ecoturismo y Turismo Rural. Programa de Mujeres Campesinas</p>
<p>Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)</p>	<p>Fondo de Apoyo a Proyectos Productivos Agrarios (FAPPA) Programa de la Mujer en el Sector Agrario (PROMUSAG) Programa Joven Emprendedor Rural y Fondo de Tierras</p>

Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)	Agronegocios Microcuencas Energía Renovable Financiamiento
Secretaría de Educación Pública (SEE)	Programa Escuela Segura Programa de Escuela Tiempo Completo Programa Ver Bien para Aprender Mejor Escuelas de Calidad Programa Oportunidades
Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO)	Empleo Formal Jornaleros Migratorios Acciones de Vinculación Financiamiento de Proyectos productivos del Sector Rural (FOGAMICH) Apoyo a microempresarios con créditos directos (FIRDEMICH) Comercio al detalle Instalación y desarrollo de Empresas (SERVIRTE) Fondo PYME Asesoría y Gestión Agroindustrial Programas de Apoyo Financiamiento Empleo Comercio al Detalle Exportación Apertura de Empresas Proyectos Productivos Capacitación Asesoría y Gestoría
Secretaría de Desarrollo Rural (SEDRU)	Programa de Asistencia Técnica Diesel Agropecuario Fondo de Atención a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC)
Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA)	Producción Social del Hábitat Contención del Deterioro Ambiental Conservación del Patrimonio Natural Participación Ciudadana
Secretaría de Salud Michoacán (SSA-Michoacán)	Programa de Vacunación Universal Programa de Atención de Salud a la Infancia y Adolescencia Programa Estratégico de Vigilancia Nutricional Programa de Hospital Seguro Programa de Tuberculosis Programa de Prevención y Tratamiento del Cáncer
Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM)	Plan de Desarrollo Forestal Sustentable Sistema de Información Forestal

	Prevención y Control de Incendios Forestales Sanidad Forestal Fauna Silvestre Programa Estatal de Reforestación Programa Integral de Educación y Cultura Forestal Fondo para el Desarrollo Forestal de Michoacán (FIDEFOMI)
--	---

9. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre R.; Acosta A y Torres A. 2007. Gestión del ordenamiento ecológico territorial de la cuenca del Lago de Cuitzeo. In: Simposio Acciones y resultados para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Trabajos en extenso. INIFAP-COECYT-SEDAGRO-UMSNH-UNAM-IRD-SAGARPA-CONAFOR-COFOM-SEMARNAT-OOAPAS. Morelia, Mich. 10 p

Alatorre., G. 1995. in: <http://base.d-p-h.info/es/fiches/premierdph/fiche-premierdph-1885.html>

Amante O., A. 1985. Evaluación de ecuaciones paramétricas para la predicción de la erosión eólica en el área de estudio del CREZAS-CP. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México, 145 pp.

ANALISIS GEOESPACIAL CHAPALA In:http://www.centrogeo.org.mx/internet2/chapala/dinamicaespacial/ler_cha_s/lerma_pp.htm.

Arias R., H. 1980. El factor R de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Barajas M. G. A.; Zarazúa S. R. y Fuentes R. E. Programa de rehabilitación y mantenimiento del Lago de Cuitzeo. In: Simposio Acciones y resultados para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Trabajos en extenso. INIFAP-COECYT-SEDAGRO-UMSNH-UNAM-IRD-SAGARPA-CONAFOR-COFOM-SEMARNAT-OOAPAS. Morelia, Mich. 19 p

Becerra M., A. 2005. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 375 pp.

Bedolla, O. C. 2007. Dinámica de la erosión en una cárcava de la microcuenca de Atécuaro, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Biología, UMSNH. Morelia, Mich.

Bedolla O. A. et al. 2007. Dinámica de la erosión en una cárcava en la cuenca de cuitzeo, Michoacán, México. Dynamic of gully erosion in the basin of cuitzeo, michoacan, mexico. Facultad de Biología, U.M.S.N.H. México.

Beltrán Morales et al. Evaluación rural participativa: uso de los recursos naturales en la reserva de la biosfera El Vizcaíno, BCS, México. Vol. 2I, Núm 08. pp. 2 465, 12-040786, 451-476 451

Bravo-Espinosa, M., B. E. Serrato-Barajas, L. Medina-Orozco, y L. E. Fregoso-Tirado. 2007. Rehabilitación de taludes en cárcavas de la subcuenca de Cointzio, Michoacán. In: Sánchez Brito, C., M. Bravo Espinosa y L. E. Fragosó Tirado (eds.). Bases Metodológicas para el Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas. Avances de Investigación en Agricultura Sostenible IV. Campo Exp. Uruapan, INIFAP. Uruapan, Mich. México (en prensa).

Bocco, G., J. L. Palacio y C. Valenzuela. 1991. Erosión en cárcavas en el Sistema Volcánico Transversal. Un modelo utilizando percepción remota, sistemas de información geográfica y análisis geomorfológico. Bol. Inst. Geografía 22: 1-24.

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 2008.
In:<http://www.centa.gob.sv/html/mision.html>

Comisión Nacional del Agua. Programa Hidráulico Regional: Lerma-Santiago-Pacífico, 2000-2006. Datos del año 2002, Programa Hidráulico Regional 2000-2006, CNA. In: http://redlerma.uaemex.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=20 (disponible 21 de noviembre de 2007).

Cortés T., H. G. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Montecillos, México, 168 pp.

Cotler. H. UQ. In: <http://www.planetaazul.com.mx/www/2007/02/26/urgen-una-cruzada-para-rescatar-cuenca/>(disponible 21 de noviembre de 2007).

Chacón T. A. 2006. La cuenca del Lerma Chapala. In: <http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2006/02/15/02n1cien.html> (disponible 21 de noviembre de 2007).

FAO-PNUMA. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 pp.

Figueroa S., B. 1975. Pérdida de suelo y nutrimentos y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. 209 pp.

Flores H., R. 1991. Recomendaciones y propuestas de acciones para el manejo integral de cuencas. En: memoria del seminario sobre Conservación de agua y suelo (manejo integral de cuencas). IMTA. Tlaxcala, México. Pp. 207-212.

<http://www.edomexico.gob.mx/cemapemParamos/paramo7/htm/p7La%20politica%20publica%20del%20agua.htm> (disponible 21 de noviembre de 2007).

<http://www.systemcsa.com/lama/articulos/Articulo%20Evaluaci%F3n%20Rural%20Participativa.pdf>).

http://www.cmq.edu.mx/documentos/Revista/revista26/revista_26_6.pdf

http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=23204_201&ID2=DO_TOPIC

<http://www.geocities.com/autogestion/metodologia/PRA.html>

La Evaluación Rural Participativa: una planeación comunitaria como base para conservar los recursos forestales. In: <http://www.mexicoforestal.gob.mx/nota.php?id=427>

Martínez M., M. R. 1985. Estimación de escurrimiento en cuencas pequeñas. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

Mazari, M. UNAM. In: <http://www.planetaazul.com.mx/www/2007/02/26/urgen-una-cruzada-para-rescatar-cuenca/>(disponible 21 de noviembre de 2007).

Mendoza, C. E. M., E. López, G. Bocco. 2004. Erosión en la cuenca del Lago de Cuitzeo: Un análisis espacial a nivel regional. pp. 80-88. En: Garduño, V. H. (ed.) Contribuciones a la Geología e Impacto Ambiental de la Región de Morelia. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH. Morelia, Mich

Mitchell, J. K y G. D: Bubenzer, 1984. Estimación de pérdida de suelo. En: Kirkby, M. J. y R. P. C. Morgan (compiladores). 1984. erosión de suelos. LIMUSA. México. Capítulo 2.

Pulido M., L. y R. Medina M. 1991. La conservación del agua y el suelo en el manejo integral de cuencas. En: Memoria del seminario sobre Conservación de agua y suelo (manejo integral de cuencas). IMTA. Tlaxcala, México. Pp. 192-198.

Rodríguez T., F. 1974 Elementos de escurrimiento superficial. Memorándum técnico. No 330. SRH. México. 224 pp.

Rodríguez V. J.; Martínez R. M.; García O. F.; Arizaga F.; Martínez R. J.; Pérez P. M y Quijas S. 2007. Comunidades vegetales, su variación estructural y florística en la cuenca de Cuitzeo: un análisis de su estado de conservación y aprovechamiento. In: Simposio Acciones y resultados para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Trabajos en extenso. INIFAP-COECYT-SEDAGRO-UMSNH-UNAM-IRD-SAGARPA-CONAFOR-COFOM-SEMARNAT-OOAPAS. Morelia, Mich. 6 p

UAEM. 2007 Recuperación de cuenca Lerma-Chapala-Santiago tarea de academia, sociedad y gobierno. Curso taller Internacional de Planificación para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. In: PODEREDOMEX. Martes, 27 de Noviembre de 2007

Vargas U. G.; Merlos A. H.; Topete B. A.; Santos C. A. y Carrillo A. J. C. 2007. Perspectivas de solución a los problemas ambientales de la cuenca del Lago de Cuitzeo. In: Simposio Acciones y resultados para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Trabajos en extenso. INIFAP-COECYT-SEDAGRO-UMSNH-UNAM-IRD-SAGARPA-CONAFOR-COFOM-SEMARNAT-OOAPAS. Morelia, Mich. 11 p

Vargas V. S. 2007. La política pública del agua; condiciones para la gobernabilidad del agua en la gestión por cuenca hidrológica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Rey C. J. 1996. Manual para el diagnóstico y monitoreo de la erosión. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos. Chapingo, México. 22 pp.

Sánchez T, M. H. 2008. Cultivo en Callejones: Sistema Alternativo de Producción Sostenible en Zona de Ladera del Oriente Caldense Corpoica Regional Nueve Creced Magdalena Medio Caldense. Colombia. In: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/P-Sanchz.htm>

Sánchez V., A. 1987. Conceptos elementales de hidrología superficial. Agua, cuenca, vegetación. División de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 149 pp.

SARH. 1977. manual de conservación del suelo y del agua. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 584 pp.

SARH. 1991. manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados/CREZAS. 116 pp.

Torres r., E. 1984. Manual de conservación de suelos agrícolas. 2ª. Edición. DIANA. México.

Vázquez A., V. 1986. La erosión y conservación del suelo en México. Realidades y perspectivas. Revista TERRA. 4(2):158-172.

Wischmeier, W. H. 1976. Use and misuse of the Universal soil Loss Equation. Journal of Soil and Water Cons. 31: 5-9 pp. 97-103.