



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

“EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA EL CULTIVO DE TRUCHAS EN
LA MICROCUENCA DEL RÍO LA HACIENDA, RESERVA DE LA
BIOSFERA MARIPOSA MONARCA.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A

LUIS ANTONIO CONTRERAS ESTRADA



ASESOR: Dr. JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

FACULTAD DE FILOSOFÍA
Y LETRAS

MÉXICO, D. F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A todas aquellas personas que dedicaron parte de su tiempo y confianza para compartir sus conocimientos conmigo. A todos mis profesores, ¡gracias!

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por todo lo que representa y el orgullo que significa ser parte de esta gran institución, gracias por brindar tanto a lo largo de mi formación profesional y personal.

Al Instituto de Geografía de la UNAM y al programa de becas “María Teresa Gutiérrez de MacGregor”, por brindar un estímulo económico para lograr mi titulación.

Al Proyecto PAPIIT IN 303010 "Pago por servicios ambientales y multifuncionalidad en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca", por facilitar los insumos y recursos necesarios para el trabajo de campo y el desarrollo de la tesis en general.

Especialmente, a mi asesor y director de tesis el Dr. José López García por la confianza, apoyo y paciencia con la que he sido tratado a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Al jurado de mi tesis: Dra. María del Carmen Juárez Gutiérrez, Mtra. Mary Frances Rodríguez Van Gort, Dra. Leticia Gómez Mendoza y Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez. Gracias por su tiempo y apoyo pero, sobre todo, por sus observaciones, que mejoraron esta tesis.

A Diego González y su familia, por las atenciones brindadas en cada visita a la Reserva de la Mariposa Monarca, y por su invaluable apoyo en el trabajo de campo; así como al Sr. José Félix Moreno Argueta, productor trutícola de la región.

Destacado agradecimiento a mis amigos Geog. Hazziel Padilla y Biól. Pablo Leautaud por brindar todos sus conocimientos y un apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo. Así como a todo el equipo de tesistas en el IGg: Biol. Alfonso Carbajal, Mavie Sarai, Alex Galindo Canito, Matilde Cruz, Lupita, Grace, Jesús y Gema.

Finalmente, pero no menos importante, a Marcela Jiménez Moreno, por ayudarme en la revisión de la tesis y por todos los momentos que necesité de sus comentarios y observaciones.

Dedicatoria

A mi madre, la mujer que ha entregado su vida entera al mejor sentimiento vertido en mí, es imposible describir lo agradecido que me siento ante los valores, la confianza y cariño con el cual me has hecho vivir y crecer. Para ti, mamá, es este pequeño logro en mi carrera por la vida.

A toda mi familia, que son el motor y el ejemplo a seguir, con todo lo bueno que tienen siempre para compartir.

A cada uno de mis tíos y tías, que siempre me consintieron y regalaron tanto amor y enseñanzas.

A mis primos y primas: Miguel A. Cabrera, Marcela Suárez, David Suárez, Mónica Hernández, Eduardo Contreras, Israel Estrada, Carolina, Gibrán, Hugo, Angie, Dayna, Adrián y Manolete. Los cuales convivieron conmigo durante toda mi vida. ¡Gracias a todos por estar y crecer conmigo!

A Marcela Jiménez Moreno, por estar a mi lado, por ser la persona que con cariño y paciencia despertó en mí los mejores motivos para ser una mejor persona. ¡Eres tan importante en mi vida, gracias por todo lo que me has entregado!

A Elio Alfonso Rodríguez S., por ser esa personita tan respetable y poner en alto los más grandes esfuerzos de su padre. Te quiero hermano, no cambies por nada tus ideales; estoy contigo siempre.

A mis amigos de la vida: Aldo Sánchez, Orestes Job, Jorge Erick "Pacho", Hazziel Padilla, Pablo Letó, Moni Gaona, Mario y Mariana Orozco, Mara y Luis, Ricardo Hernández, Rogelio Adán, Luis Calvo, Gabriela Luna, Abril Cid, Alberto "Torti", Diana Guerrero, Alejandra Cuevas, Adriana Rocha, Edgar Parra, JC Molina, Brenda de la Fuente y Yahel. Por ser parte importante en mi vida, todos y cada uno de ustedes, los llevo en mi corazón, siempre.

Quiero dedicar este esfuerzo, especialmente, a las personas que me quisieron tanto y que lamentablemente ya no están conmigo: José Luis Contreras Cruz, Porfirio Estrada Langagne, María García, José Contreras, Pedro Figueroa, Alejandro Estrada y Alfonso Rodríguez Tovar. ¡Gracias por Todo!

EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA EL CULTIVO DE TRUCHAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO LA HACIENDA, RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA

CONTENIDO

Introducción.....	1
Objetivos.....	2
CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	3
1.1 Localización y características del medio físico.....	3
1.1.1 Localización geográfica.	3
1.1.2 Geología y geomorfología.	5
1.1.3 Clima.....	7
1.1.4 Hidrología.....	8
1.1.5 Suelos.....	10
1.1.6 Vegetación y fauna silvestre.....	11
1.2 Caracterización socioeconómica.	16
1.2.1 Población y su estructura.	18
1.2.2 Economía.	20
1.2.3 Aspectos político-administrativos.	20
1.2.4 Servicios.	23
1.3 Antecedentes históricos en la región.	23
1.3.1 Ocupación del territorio en la época prehispánica.	23
1.3.2 Periodo colonial.	24
1.3.3 Eventos relevantes en la región a partir de 1930.....	25
1.3.4 Origen de la truticultura como actividad económica en la región.....	26
CAPÍTULO 2. MARCO CONTEXTUAL DE LA PRODUCCIÓN TRUTÍCOLA.....	28
2.1 Conceptos básicos para el cultivo de trucha arcoíris.....	28
2.1.1 Aspectos biológicos.....	28
2.1.2 Acuicultura.....	31

2.2 Técnicas en truticultura.	33
2.2.1 Truticultura extensiva.....	33
2.2.2 Truticultura semintensiva.....	34
2.2.3 Truticultura intensiva.....	34
2.2.4 Siembra de crías.....	35
2.2.5 Capacidad de carga en estanques trutícolas.....	35
2.2.6 Alimentación.....	36
2.2.7 Cosecha.....	37
2.2.8 Sanidad en la truticultura.....	38
2.3 Requerimientos ambientales para la producción trutícola.....	40
2.4 Fundamentos legislativos vigentes para la producción trutícola.....	44
2.4.1 La Ley de Pesca y el Reglamento de la Ley de Pesca.....	44
2.4.2 Dependencias oficiales.....	44
2.4.3 Concesión de aguas nacionales para el uso acuícola.....	45
2.4.4 Residuos.....	48
2.4.5 Sanidad e inocuidad.....	49

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL MEDIANTE EL USO DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y TECNOLOGÍA GEOESPACIAL.....50

3.1 Marco teórico metodológico.....	50
3.1.1 Estudio de cuencas hidrográficas.....	50
3.1.2 Percepción Remota y fotointerpretación.....	53
3.1.3 Uso de Sistemas de Información Geográfica.....	55
3.2 Materiales.....	57
3.3 Métodos para determinar el estado de conservación.....	58
3.3.1 Delimitación de la microcuenca.....	58
3.3.2 Identificación y verificación de las características del drenaje.....	59
3.3.3 Elaboración de mosaicos ortocorregidos.....	60
3.3.4 Uso de suelo.....	63
3.3.5 Determinación de clases de densidad de cobertura forestal.....	63

3.3.6 Análisis de la densidad de cobertura entre 2009-2010.....	68
3.3.7 Determinación del estado de conservación de la microcuenca.....	70

CAPÍTULO 4. ESTADO DE CONSERVACIÓN Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN TRUTÍCOLA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO LA HACIENDA72

4.1 Comparación y cambios de la densidad de cobertura forestal entre 1971-2010.....	72
4.1.1 Coberturas forestales de 1971 y 2003.....	72
4.1.2 Coberturas forestales de 2009 y 2010.....	78
4.1.3 Comparativa 1971-2010.....	84
4.2 Estado de conservación.....	87
4.2.1 Superficies alteradas.....	88
4.2.2 Superficies semialteradas.....	88
4.2.3 Superficies conservadas.....	89
4.3 Superficie afectada por flujos de lodo y escombros en febrero del 2010.....	91
4.4 Sistema de producción trutícola.....	92
4.4.1 Establecimiento de las granjas productoras de truchas.....	93
4.4.2 Distribución espacial de las granjas trutícolas.....	93
4.4.3 Caracterización de los estanques de trucha.....	94
4.5 Alteraciones en la producción trutícola asociadas a cambios en la cobertura y flujos de lodo en el periodo 2009-2010.....	97
Discusión.....	99
Conclusiones.....	104
Bibliografía.....	106
Anexos.....	110

Índice de Figuras

1.1 Localización.....	4
1.2 Geología.....	6
1.3 Geomorfología.....	7
1.4 Hidrología superficial.....	10
1.5 Bosques de coníferas de la RBMM.....	11
1.6 Vegetación y uso de suelo.....	13
1.7 Gavilán pecho rufo.....	14
1.8 Mariposas Monarca.....	15
1.9 Agricultura en la zona de estudio.....	18
1.10 Tenencia de la tierra.....	22
2.1 Países productores de trucha.....	32
2.2 Truticultura tradicional.....	33
2.3 Estanques de concreto.....	34
3.1 Fotogrametría básica.....	58
3.2 Modelo digital de elevación (MDE).....	59
3.3 Medición de volumen de estanques.....	60
3.4 Mosaico aereofotográfico 2009.....	62
3.5 Mosaico aereofotográfico 2010.....	62
3.6 Polígono con cobertura forestal “Cerrada”.....	65
3.7 Polígono con cobertura forestal “Semicerrada”.....	65
3.8 Polígono con cobertura forestal “Semiabierta”.....	66
3.9 Polígono con cobertura forestal “Abierta”.....	67
3.10 Polígono con cobertura forestal “Deforestada”.....	67
3.11 Polígono con uso de suelo no forestal “Agrícola e infraestructura”.....	68
3.12 Muestréos circulares en campo.....	70
4.1 Densidad forestal 1971.....	74
4.2 Porcentajes por categoría año 1971.....	74
4.3 Densidad forestal 2003.....	75
4.4 Porcentajes por categoría año 2003.....	77
4.5 Densidad forestal 2009.....	79

4.6 Porcentajes por categoría año 2009.....	80
4.7 Densidad forestal 2010.....	82
4.8 Porcentajes por categoría año 2010.....	83
4.9 Cambios en la cobertura forestal 1971-2010.....	86
4.10 Transformación de las coberturas forestales entre 1971, 2003, 2009 y 2010.....	87
4.11 Estado de conservación de la microcuenca La Hacienda.....	90
4.12 Unidades de producción trutícola.....	94

Índice de cuadros

1.1 Especies de vertebrados bajo protección de SEMARNAT.....	15
1.2 Localidad Manzana San Luis: PEA por sector, 2010.....	19
1.3 Dotación de tierras.....	21
1.4 Eventos relevantes entre 1830–1930.....	25
2.1 Requerimientos del agua para la producción trutícola.....	43
3.1 volumen del cause principal.....	60
3.2 Tipos de coberturas forestales.....	64
4.1 Hectáreas por categoría año 1971.....	73
4.2 Hectáreas por categoría año 2003.....	76
4.3 Matriz comparativa entre coberturas 1971-2003.....	78
4.4 Matriz comparativa entre coberturas 2003-2009.....	81
4.5 Matriz comparativa entre coberturas 2009-2010.....	84
4.6 Hectáreas por categorías en los distintos años analizados.....	85
4.7 Estado de conservación por categoría.....	89
4.8 Estado de conservación por categoría y por ejido.....	91
4.9 Granjas trutícolas en la microcuenca La Hacienda.....	95

INTRODUCCIÓN

Las actividades económicas que durante varias décadas se han llevado a cabo en las zonas montañosas entre el Estado de México y Michoacán, han continuado en la ahora Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca estas, son de importancia en el paisaje, ya que su ejecución requiere la modificación del entorno natural, además, son relevantes para la población que habita la zona ya que en ellas, la población ha encontrado un sustento y forma de vida en un equilibrio cada vez mas frágil. Las actividades características de esta región, antes de los decretos de protección, eran el aprovechamiento forestal, la resinación y la ganadería extensiva, que se vieron restringidas con la entrada en vigor del primer decreto de protección (Diario Oficial, 1980).

Una de las actividades productivas en apoyo a la declaratoria de Área Natural Protegida (ANP) como una alternativa de usufructo es la producción de truchas, esta se lleva a cabo gracias a las condiciones físicas y ambientales del lugar, principalmente, la disposición de agua proveniente de los afluentes de las cañadas y las favorables condiciones climáticas semifrías subhúmedas que prevalecen en la región. La producción trutícola se presenta como una alternativa a actividades como el turismo, el aprovechamiento forestal y la agricultura; Sin embargo, el aprovechamiento forestal desmedido y la deforestación de las cabeceras de cuenca, aunado a eventos climáticos extraordinarios como lluvias intensas y prolongadas derivan en deslizamientos y flujos de suelo, eventos que han modificado el modo de producción afectando el corredor de granjas productoras de trucha, el número de granjas y también el modo de vida de las personas que durante más de diez años han dedicado su trabajo al cultivo de truchas.

Este trabajo pretende crear una estructura solida de conceptos relacionados entre si, que van desde las características propias del cultivo de truchas, hasta la evolución del territorio y los elementos que lo conforman, mismos que permitan identificar la importancia que tiene el aprovechamiento racionado de los recursos. La presente investigación integra un análisis espacial mediante tecnologías como sistemas de información geográfica y fotografías aéreas así como trabajo en campo, demostrando un deterioro ambiental en un periodo de 39 años. Alteración que ha sido detonante de la afectación más severa a dicha actividad y a la población en general en la región.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar las condiciones físicas y socioeconómicas de la microcuenca del Río La Hacienda, Ocampo Michoacán, con relación a su aprovechamiento para el cultivo de truchas.

Objetivos particulares

- Conocer los antecedentes, físicos y sociales que influyen en la configuración espacial actual del área de estudio.
- Determinar, por medio de un análisis comparativo, los cambios en las condiciones del bosque entre 1971 y 2010.
- Conocer las características generales y modos de organización de las granjas productoras de trucha en el sitio de estudio.
- Identificar la problemática en diversos ámbitos que presenta el cultivo de truchas en la microcuenca así como su afectación por los deslizamientos de febrero del 2010.
- Obtener un diagnóstico del estado de conservación de la cuenca del río La Hacienda.

CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

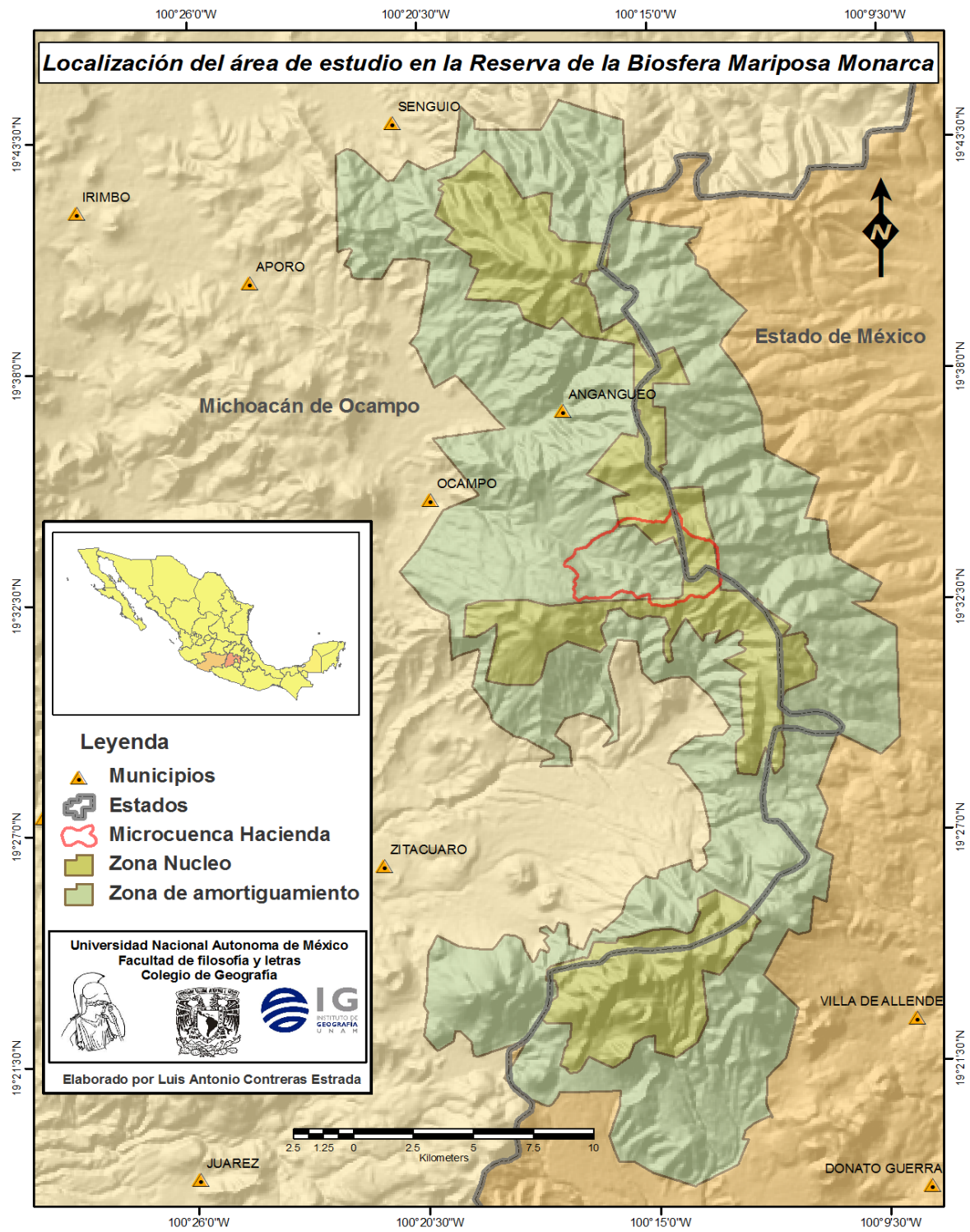
1.1 Localización y características del medio físico

1.1.1 Localización geográfica

La microcuenca del río La Hacienda se encuentra localizada en la porción central de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca entre los Estados de México y Michoacán con mayor superficie en este último. Las coordenadas geográficas extremas entre las que se encuentra la zona de estudio son: 19°34'38" al 19°32'20" latitud Norte y 100°17'6" a 100°13'22" longitud Oeste (Figura 1.1).

La microcuenca La Hacienda se localiza a 97 kilómetros de distancia de la ciudad de Morelia al oriente de la misma; tiene una distancia en relación a la ciudad de Toluca de 72 kilómetros, hacia el noroeste. El área delimitada por la microcuenca La Hacienda tiene una extensión de 1814 hectáreas equivalente a 18.1 kilómetros cuadrados. La zona en estudio forma parte de la provincia fisiográfica del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). Los rasgos físicos más importantes de la microcuenca La Hacienda se muestran a continuación.

Figura 1.1 Localización



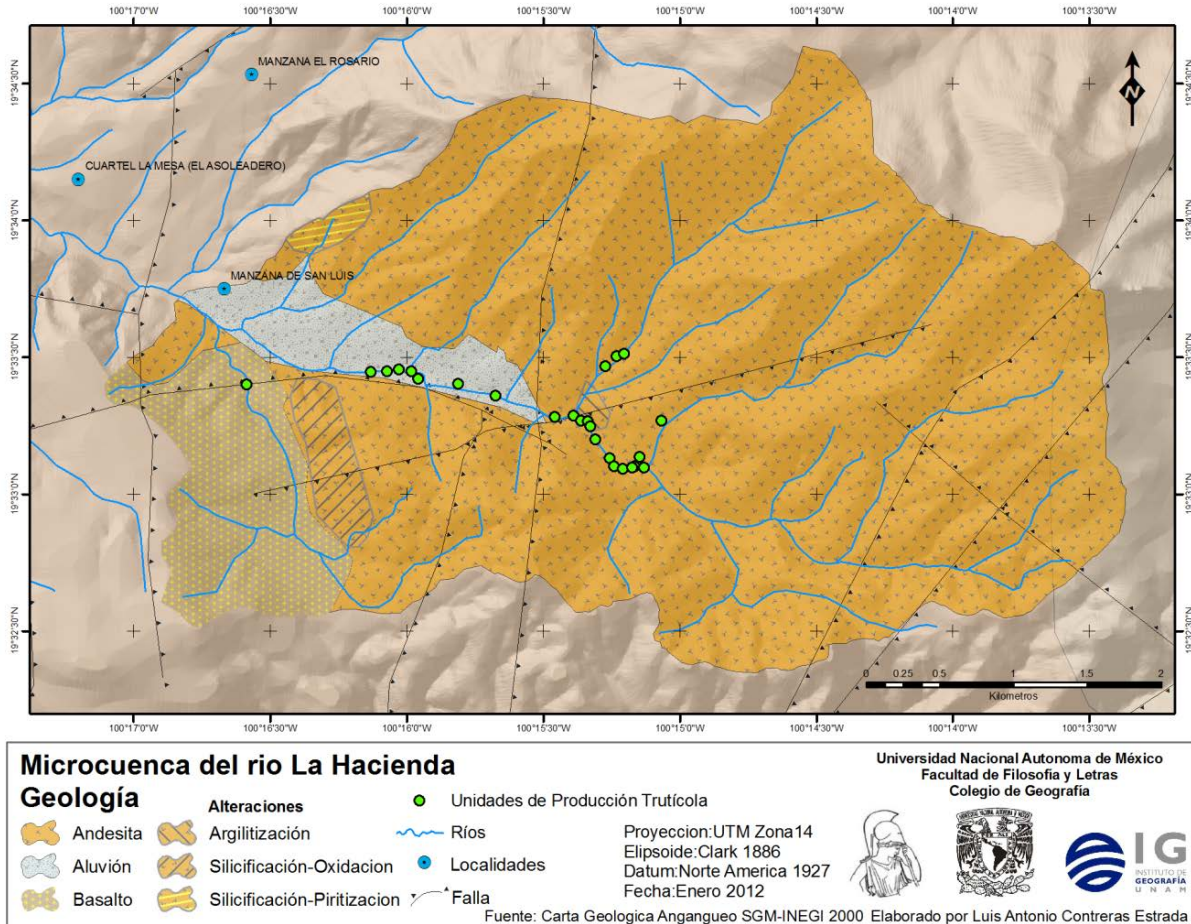
Fuente: Elaboración propia a partir de información de capas vectoriales INEGI 2010.

1.1.2 Geología y geomorfología

La unidad litológica más representativa que se encuentra en la microcuenca la Hacienda, es la roca Andesita “Anganguero”, definida así por ser una sucesión de derrames volcánicos que se localiza en toda la porción occidental de la carta geológica de Anganguero del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Este sustrato litológico se origina en el periodo Terciario Cenozoico, en el Mioceno. Ésta es una roca ígnea que presenta una composición intermedia, lo que significa que la proporción de silicatos es de al menos 25%, generalmente plagioclasa, piroxena y hornblenda. Esta roca no presenta feldespatos y los colores que se pueden encontrar en el área de estudio van de los grises y amarillos hasta los tonos rosas (INEGI-SGM, 2000).

Siguiendo en orden de importancia se considera el basalto, roca formada en la región, en el Pleistoceno. Este concentrado de roca volcánica se localiza al poniente de la microcuenca. El siguiente sustento litológico que se encuentra en la zona en estudio y en el cual se localizan el mayor número de estanques de cultivo de trucha son los depósitos aluviales y de planicie (Qal yQal1). Esto se define como todos los materiales sin consolidar, originados por la erosión de rocas preexistentes, transportados y posteriormente depositados en las partes bajas durante un periodo geológico corto del Cuaternario; estos depósitos están compuestos por limos, arcillas, arenas y gravas, sin consolidar. En menores proporciones se presenta la formación de minerales de origen en contactos litológicos. Los productos volcánicos originados por el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) afloran en casi la totalidad del área de estudio y la composición de los productos emitidos abarca todos los rangos, desde los miembros más básicos hasta los más ácidos (SGM, 2000) (Figura 1.2).

Figura 1.2 Geología



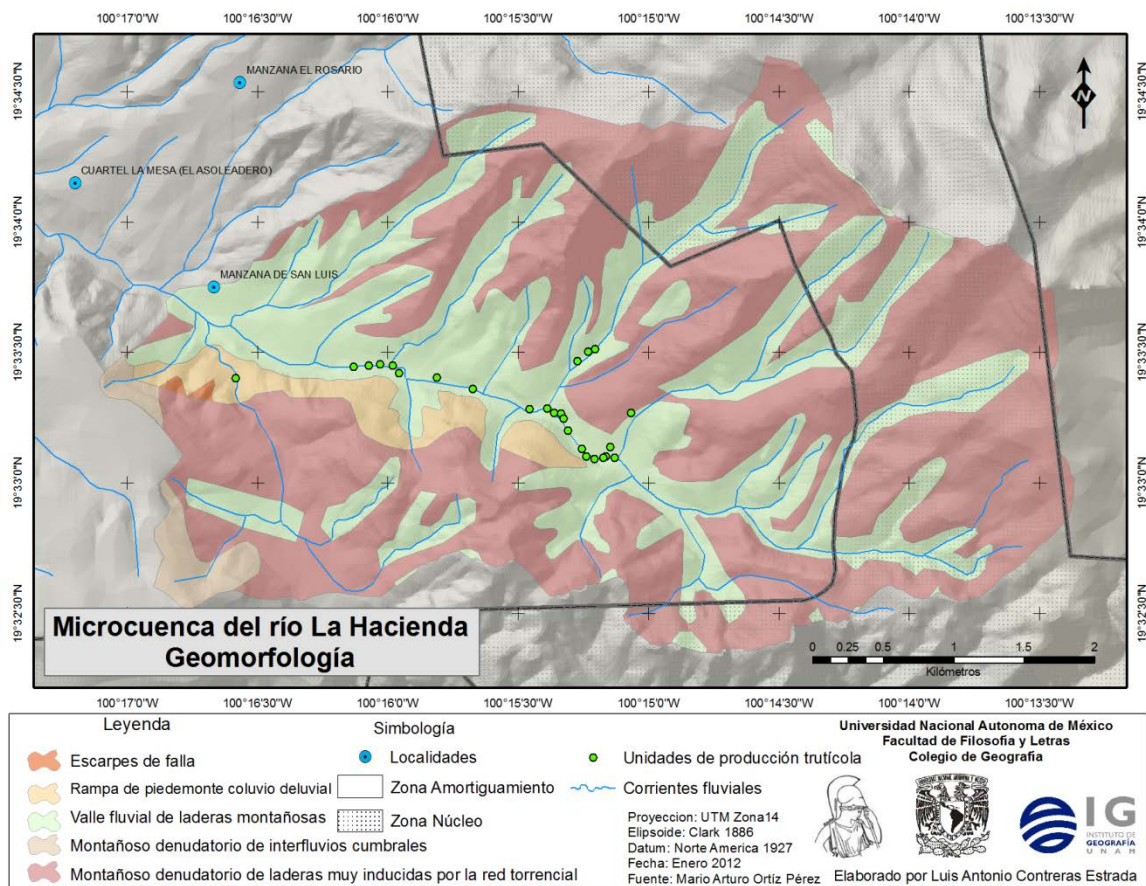
En lo que al relieve corresponde, la microcuenca La Hacienda tiene en su cota más alta una elevación de 3640 metros sobre el nivel del mar; el menor valor que se registra en la zona de estudio corresponde a la cota de 2740 metros. La dirección de la principal corriente fluvial y, por lo tanto, de la elevación del terreno, es de oriente a poniente.

Presenta un relieve accidentado con nueve principales valles fluviales de laderas montañosas, y elevaciones montañosas denudatorias muy inducidas por la red torrencial. Geomorfológicamente, estos son los términos que dan forma al relieve de la microcuenca La Hacienda.

Otros elementos geomorfológicos que determinan el relieve en el área de estudio, son las rampas de piedemonte coluvial diluvial, las cuales se ubican en la zona con menor altitud de la cuenca y forman pendientes importantes. Asociadas a esta geomorfología se identifican

dos escarpes de falla, que demuestran la existencia de un sistema de fallas en el área central de la microcuenca (SGM, 2000) (Figura 1.3)

Figura 1.3 Geomorfología



1.1.3 Clima

En lo que a las condiciones climatológicas se refiere, tanto en la microcuenca como en el resto la reserva, corresponde, según la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García, el clima tipo C(w2)(w)(b'(i'')), es decir, el más húmedo de los climas templados subhúmedos con lluvias en verano que es fresco y largo. La temperatura del mes más caliente es cercana a los 22 °C, con baja oscilación térmica, entre 5 y 7 °C (UNAM-Cetnal, 1970). Sin embargo, el ámbito altitudinal de más de 1300 m de esta reserva permite

la existencia de tres zonas mesoclimáticas predominantes: fresca-subhúmeda, semifría-subhúmeda y fría-subhúmeda (CONANP, 2001).

En lo respectivo a la precipitación, ésta generalmente tiene mayor presencia durante el verano, y oscila entre los 800 y 1200 mm anuales. Mayo es normalmente el mes más seco, con lluvias menores a 40 mm y el porcentaje de lluvia invernal varía entre el 5 y 10.2% del total anual (García, 1998).

Sin embargo, en la zona de estudio debido a la diferencia altitudinal que existe entre las parte alta de la cuenca y las bajas en los valles intermontanos, así como por la abundancia o ausencia de la vegetación, se presentan diferencias climáticas, por lo que una clasificación mesoclimática se ajusta mejor. A este nivel se identifican dos zonas mesoclimáticas en la cuenca, divididas en función de la altura sobre el nivel del mar:

- Semifría-Subhúmedo, entre 2500 y 3000 msnm.
- Frío-Subhúmedo, mayor de 3000 msnm.

La zona semifría- subhúmeda ocupa una franja altitudinal entre los 2500 y 3000 m, cuyo desnivel incluye formas abruptas como montañas, laderas de piedemonte y valles interfluviales, que en conjunto poseen pendientes que varían entre los 10° y 25°. Dichas características favorecen temperaturas entre los 14°C y los 16°C, así como una oscilación de la precipitación entre los 800 y 1200 mm anuales.

La zona fría-subhúmeda queda marginada a las elevaciones de mayor importancia en la zona, por encima de los 3000 msnm; corresponde a las cimas elevadas y cabecera de cuencas caracterizadas por temperaturas inferiores a 14°C y donde la precipitación en ocasiones supera los 1200 mm anuales (Melo-Gallegos y López García, 1989).

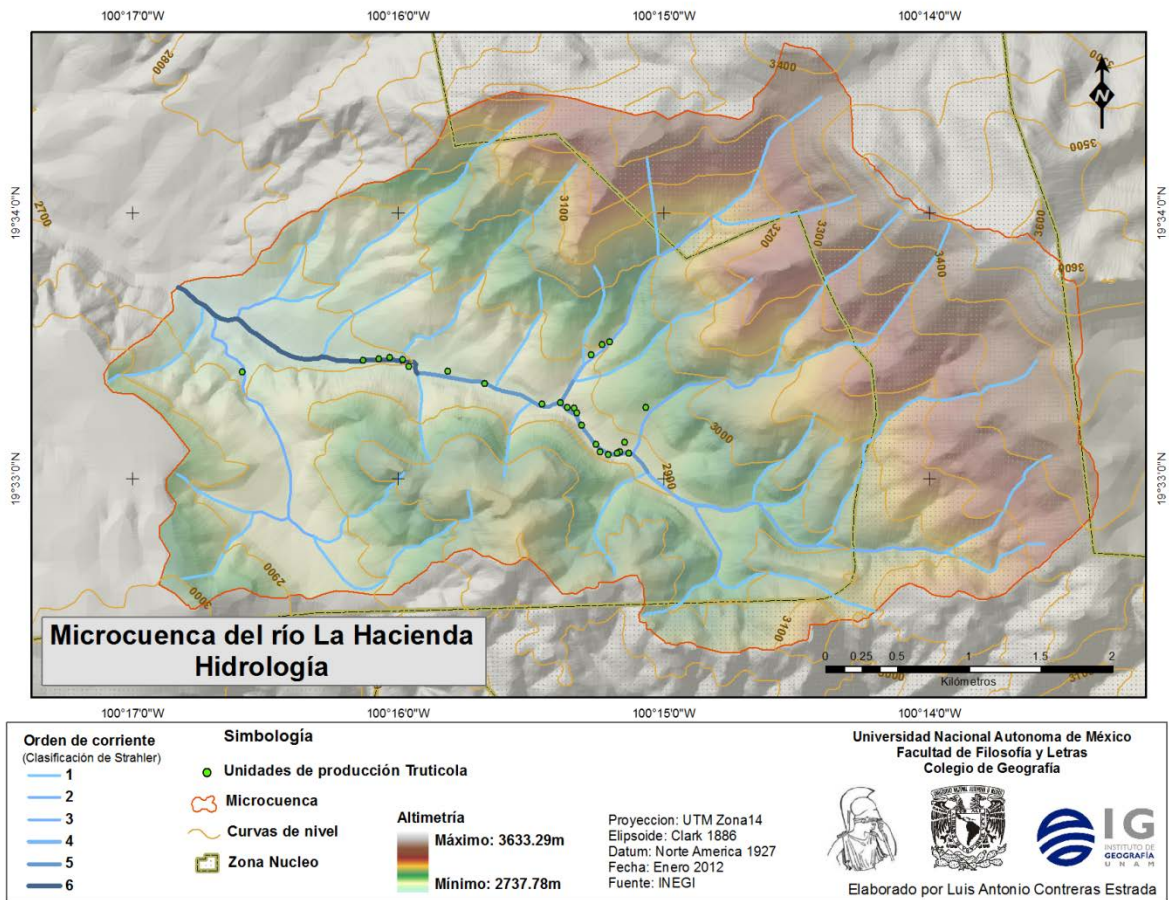
1.1.4 Hidrología

La altitud y lo accidentado del relieve hacen de la región una importante zona de captación pluvial y recarga acuífera, que opera también como minúsculo parteaguas de los dos principales sistemas hidrográficos del país, las cuencas del Lerma y del Balsas. (SPP, 1985).

El escurrimiento consolida un patrón de drenaje de tipo dendrítico ramificado considerablemente e integrado. En vertientes superiores, el denso cubrimiento de vegetación contribuye a fijar el suelo e impedir la erosión, lo que repercute en la baja disección vertical del terreno, sólo expresada por minúsculos e intermitentes cauces que confluyen y forman algunos arroyos de régimen permanente. Sin embargo, se pueden identificar algunas zonas o polígonos en los que esta descripción no corresponde, debido a alteraciones en la cubierta vegetal.

Dichos escurrimientos dan origen al cause más importante de la cuenca, conocido como río, La Hacienda, donde también se localizan las granjas de cultivo trutícolas, en las cuales esta investigación hace énfasis. En su totalidad, la red fluvial de esta microcuenca tiene una longitud de 40.8 kilómetros. De acuerdo con un cálculo realizado en campo durante el mes de octubre del 2011, por ella fluyen $6.4\text{m}^3/\text{min}$. En la microcuenca se tienen localizados alrededor de diez manantiales, lo que demuestra la existencia de una red importante de flujo subterráneo de agua. Estos manantiales tienen su ubicación en las zonas altas de la microcuenca (Figura 1.4)

Figura 1.4 Hidrología superficial



Fuente: Elaboración propia a partir de capas de información vectorial de INEGI, 2000.

1.1.5 Suelos

Por su parte, la formación de los suelos responde tanto a los intensos y acelerados procesos de descomposición de la abundante materia orgánica, como a la composición litológica de la zona que incluye andesitas, basaltos, esquistos y tobas, lo que determina la presencia predominante de andosoles húmico y órtico y, en menor extensión, acrisoles y planosoles, feozem, litosoles y luvisoles, así como cambisol, regosol y vertisol en menor proporción, todos ellos derivados de cenizas volcánicas, muy ligeros y con alta capacidad de retención de agua y en especial los andosoles cuando se encuentran en pendientes mayores de 10° son más apropiados para el cultivo silvícola que para la agricultura y el pastoreo. Sin embargo el potencial ecológico que brinda el recurso edafológico en la región es sin duda invaluable (CONANP, 2001).

1.1.6 Vegetación y fauna silvestre

El área forma parte de una zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical, adscrita a la provincia de las Serranías Meridionales, pertenecientes a la Región Mesoamericana de Montaña, lo cual se expresa en la gran biodiversidad de la zona. Lo complejo del conjunto de elementos abióticos y los procesos biogeográficos ha dado lugar a varios tipos de vegetación en donde destacan la presencia de asociaciones importantes entre algunas especies de coníferas:

Figura 1.5 Bosques de coníferas de la RBMM.



Fuente: Foto tomada en trabajo de campo 2011.

El bosque de oyamel se distribuye desde los 2400 hasta 3640 msnm en donde se registra la cota más elevada en la microcuenca. Es la comunidad más representativa de la zona núcleo, lo que significa cerca del 30% del total de la superficie de la zona de estudio se caracteriza por la predominancia de *Abies religiosa* y constituye el hábitat característico de la mariposa Monarca. En las áreas perturbadas, principalmente en las laderas, se

encuentra un conjunto arbóreo inferior con especies de los generos: *Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Salix* y *Prunus*. El conjunto arbustivo y herbáceo se encuentran representados por los géneros *Juniperus*, *Senecio*, *Eupatorium*, *Stevia* y *Archibaccharis*. El estrato rasante está dominado por musgos como *Thuidium* y *Minium* y hongos basidiomicetos en las épocas de lluvias (Figura 1.5).

El bosque de pino y oyamel, se encuentra en una franja altitudinal entre los 2400 y 3000 m; su distribución en la microcuenca es en la porción oriental y en un gran polígono en el suroeste suman un total de 244.9 Ha y su diversidad florística es muy amplia, a tal grado que

está conformado por cuatro subdivisiones bien definidas. El primero constituido por *Abies religiosa* y especies del género *Pinus*; en segundo plano están especies como *Arbutus grandulosa*, *Salix paradoxa*, *Alnus firmifolia* y *Quercus spp.*, en el estrato herbáceo destacan especies como *Senecio prenanthoides*, *S. tolucanus*, *S. sanguisorbae*, *Acaena elongata*, *Oxalis sp.*, *Geranium sp.*, *Satureja macrostema*, *Salvia elegans* y *Asplenium monanthes*, en el cuarto estrato se presentan diversas especies de musgo, así como *Viola sp.*, *Sibthorpia pichinchensis*, *Oenothera sp.* y *Oxalis spp.* Entre los hongos se tienen reportados *Amanita muscaria*, *Lactarius sanguiflus*, *Russula brevipes*, *Lycoperdon spp.*, *Gomphus spp.*, *Ramaria sp.*, *Clavariadelphus truncatus*, *Morchella spp.*, *Helvella crispa* y *Boletus sp.*, siendo algunos de importancia para la economía doméstica de los habitantes de la zona principalmente para el autoconsumo.

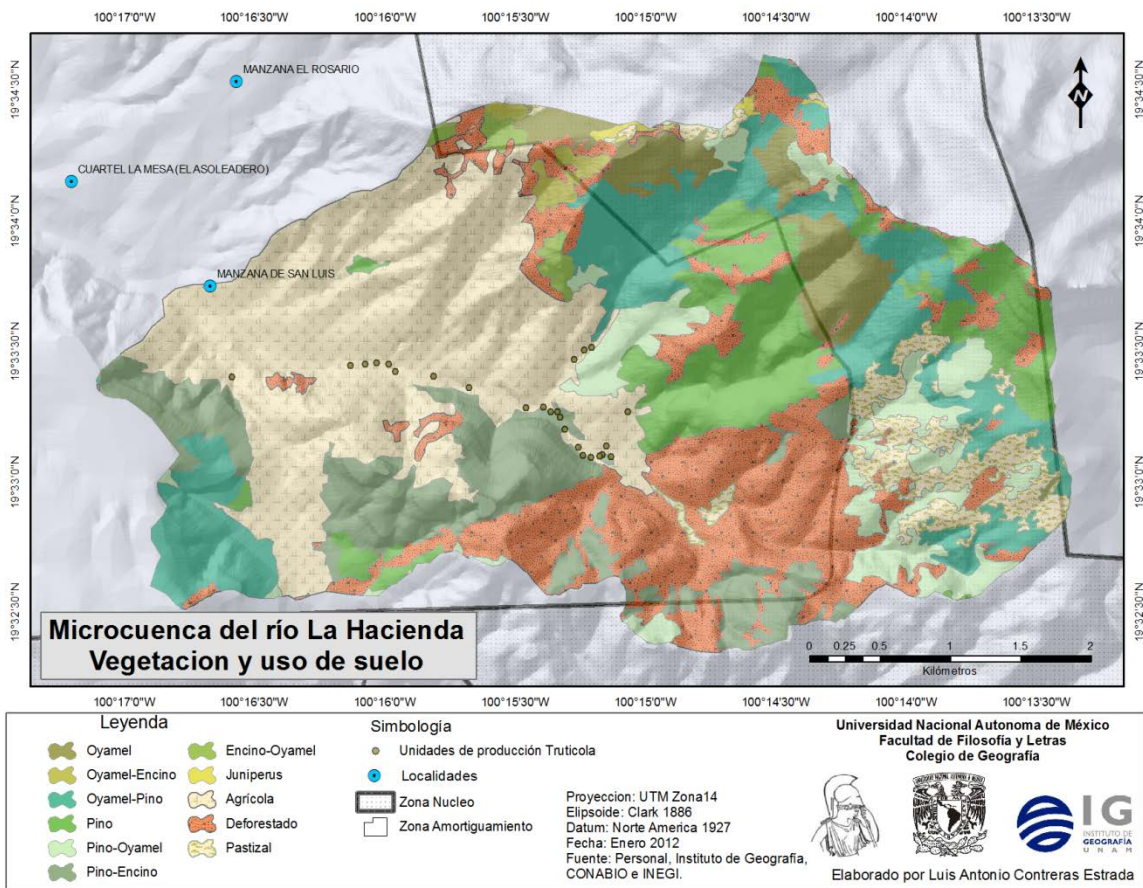
El bosque de pino, se presenta en polígonos de importante dimensión en la porción central y cabecera de cuenca, la mayor parte de ellos se desarrollan a altitudes entre 2400 y 3000 m; asociados a los sitios más húmedos o en declives fuertes, como es el caso de las cañadas, por debajo de los 3000 msnm, en el primer caso predomina el *Pinus pseudostrobus*, en suelos más someros o en condiciones secas se da lugar a asociaciones de *Pinus rudis* y *Pinus teocote*, así como *Pinus oocarpa* y *Pinus michoacana* en las partes medias y bajas más escarpadas. Esta comunidad es una de las más afectadas en el área de estudio y en las que se ha observado un cambio importante en la densidad de cobertura.

El bosque de encino está asociado a procesos de sucesión en áreas desprovistas de su vegetación natural, por lo que se distribuye debajo de la cota de los 2900 msnm. aunque en algunos lugares se llega a encontrar hasta los 3100 msnm y en general se encuentra compartiendo espacio con pequeños manchones de cipreses. En el estrato arbóreo las especies que destacan son: *Quercus laurina*, *Clethra mexicana*, *Alnus firmifolia*, *Salix paradoxa*, *Buddleja cordata*, *Buddleia parvifolia*, *Ternstroemia pringlei*, y también es posible encontrar *Abies religiosa*, *Cupressus lindleyi* y *Pinus michoacana* (Figura 1.6).

El área es rica en biodiversidad. Se tienen registradas más de 400 especies de plantas vasculares y casi 50 especies de hongos (CONANP, 2001). Existen seis especies de hongos con protección especial (NOM-059): *Amanita aesarea*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*,

Morchella conica, *Morchella elata* y *Morchella esculenta* y una especie de hongos que, además de protegida, se encuentra amenazada, ésta es *Amanita muscaria*. En plantas vasculares, cuatro de ellas, *Cupressus benthamii*, *Juniperus onticola*, *Fraxinus uhdei* y *Pinus martinezii*, tienen protección especial; *Carpinus caroliniana* está amenazada al igual que *Acer negundo* var, *Mexicanum Arbutus occidentalis* var y *Villosa Gentiana spathacea*, estas últimas, clasificadas como raras o endémicas. Por último, la especie *Tilia mexicana* se encuentra en peligro de extinción (CONABIO, 2010).

Figura 1.6 Vegetación y uso de suelo



Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONABIO e INEGI 2010.

La zona de estudio, al estar dentro de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, se encuentra igualmente representada por una gran diversidad de especies de fauna silvestre.

Al localizarse dentro de un área donde confluyen dos grandes regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, se tienen especies representativas de ambas regiones.

Existen registradas 198 especies de vertebrados, de las cuales sólo se han reportado cuatro de anfibios que corresponden a ajolotes *Ambystoma ordinarium*, ranas *Hyla lafrentzi* y salamandras *Pseudoeurycea belli* y *P. Robertsii*, y seis reptiles, entre ellos: *Sceloporus aeneus*, *Storeria stererioides* y *Crotalus triseriatus*. No obstante, cabe mencionar que dichos registros se han obtenido en investigaciones no especializadas en estos grupos de fauna. Actualmente se realiza un trabajo de tesis referente al tema de los reptiles y anfibios dentro de la reserva de la Mariposa Monarca, esto enriquecerá y actualizará los datos mostrados en este apartado.

Figura 1.7 Gavilán pecho rufo

Respecto a las aves, se han reportado 132 especies, entre las que destacan rapaces como: *Accipiter striatus*, *Buteo jamaicensis* (*Gavilán pecho Rufo*), *Falco sparverius*; colibríes *Colibrí thalassinus*, *Hylocharis leucotis*, *Cathartes aura*, *Caprimulgus vociferus*, *Picoides villosus*, *Sialia mexicana*, *Troglodytes brunneicollis*, *Myoborus miniatus*, *Myadestes occidentalis*, *Wylsonia pusilla*, *Regulus calendula* (CONANP, 2001).

El número de mamíferos en la zona de interés suman 56 especies, entre ellos *Didelphis virginiana* (Zarigüeya común), *Sorex saussurei* (musaraña de Saussure), *Pteronotus parnelli* (murciélago),



Fuente: ifondos.net

Glossophaga mexicana (Murciélago de lengua larga), *Sylvilagus floridanus* (conejo), *Dasyurus novencinctus* (armadillo), *Sciurus aureogaster* (ardilla), *Peromyscus aztecus* (rata de campo), *Canis latrans* (coyote), *Mephitis macroura* (zorrillo), *Lynx rufus* (lince rojo) y *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca). El cuadro 1.1 contiene las especies de vertebrados protegidos por la NOM-059.

Cuadro 1.1 Especies de vertebrados bajo protección de SEMARNAT.

ESPECIES DE VERTEBRADOS BAJO CATEGORIA POR LA NOM-059-ECOL-1994				
Protección especial	Amenazadas	Raras	En peligro de extinción	Endémicas
AMPHIBIA <i>Ambystoma ordinarium</i>	<i>Pseudoeurycea belli</i> <i>Pseudoeurycea robertsi</i>			<i>Ambystoma ordinarium</i> <i>Pseudoeurycea belli</i> <i>Pseudoeurycea robertsi</i>
REPTILIA		<i>Sceloporus gramicus</i> <i>microlepidotis</i>		
AVES <i>Buteo jamaicensis</i> <i>Myadestes occidentalis</i>	<i>Accipiter striatus</i> <i>Parabuteo unicinctus</i> <i>Falco peregrinus</i> <i>Regulus calendula</i> <i>Melanotis caerulescens</i>	<i>Catherpes mexicanus</i> <i>Henicorhina leucophrys</i> <i>Myioborus pictus</i> <i>Myioborus miniatus</i> <i>Glaucidium gnoma</i>	<i>Pipilo erythrophthalmus</i> <i>Dendrortyx macroura</i>	<i>Regulus calendula</i> <i>Melanotis caerulescens</i> <i>Pipilo erythrophthalmus</i> <i>Dendrortyx macroura</i>

Fuente: CONANP, 2001.

Figura 1.8 Mariposas Monarca

En el área destaca la presencia de la mariposa Monarca, *Danaus plexippus*, ésta habita los bosques de oyamel en la temporada de invierno como parte de su ciclo migratorio y de vida. Debido a la existencia de este fenómeno biológico, el área se ha convertido en un lugar de gran interés para múltiples disciplinas a escala tanto nacional como internacional.



Como consecuencia de la Fuente: Foto tomada en trabajo de campo 2011.

importancia de este fenómeno, se decreta en México la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

1.2 Caracterización Socioeconómica

1.2.1 Población y su estructura

La población es un aspecto de gran relevancia en la presente investigación, ya que es quien aprovecha los recursos existentes en la cuenca, ejerciendo una presión sobre el ambiente. De tal forma, es importante conocer la estructura, distribución y los sectores económicos en los que se ocupa la población para hacer, de una forma integral, un análisis que permita obtener una imagen apegada a la realidad de la zona en estudio.

La población de la microcuenca La Hacienda está representada por una subdivisión del ejido El Rosario, esta porción se denomina Manzana de San Luis, y constituida prácticamente por el 50% de la población total del ejido. La población se encuentra distribuida en el espacio de forma dispersa en comunidades aisladas al oeste y centro de la microcuenca, aunque por sus condiciones rurales, también se pueden encontrar viviendas en partes cada vez más elevadas y con características distintas al habitacional.

El número de habitantes en la microcuenca en el año 2010, de acuerdo con el INEGI, era de 2996 personas, de los cuales 1497 son habitantes de sexo masculino y 1499 habitantes de sexo femenino lo que indica una proporción muy equilibrada de 99.8 hombres por cada 100 mujeres. Se registraron 254 habitantes entre cero y dos años, lo que representa el 8.4% de la población total; la población entre cero y quince años corresponde a 1216 habitantes, el 40.5% del total; los habitantes entre 18 y 65 años son 1413 y sólo 127 tienen 65 o más, siendo únicamente el 4.2% de la población que habita en la zona en estudio. Cabe destacar que la población entre 18 y 24 años es de 447 habitantes, lo que representa casi el 15% de la población total; este estrato es importante en futuras referencias, ya que es el rango de edades con la mayor posibilidad de migrar. El promedio de hijos nacidos vivos por mujer es del 3.26 esta cifra está por encima del promedio nacional que es de 2.3 . La población en la microcuenca ha presentado un incremento relativamente lento, pero debe tomarse en cuenta que se trata de una comunidad rural, la tasa de crecimiento en diez años es de 0.4%, lo que da una razón de crecimiento del 40% respecto al número de habitantes que se tenían en el año 2000. En cuanto a los aspectos de educación, INEGI, 2010, registra que el 12% de la población de 15 años y más es analfabeta, es decir, 362 personas.

En contraparte, se tiene que 498 habitantes de más de 15 años tienen la primaria terminada, 258 tienen la secundaria terminada, y solo 62 habitantes tienen estudios en algún grado superior a secundaria, ya sea bachillerato o preparatoria, o educación profesional. Para la población masculina el grado promedio de escolaridad es el 5to de primaria; el de la población femenina es de 4to año. Por último, se tiene que el número de habitantes de entre 6 y 11 años que no asiste a la escuela es de 36, y de 12 a 14 años es de 42 personas, esto contrasta con los adolescentes de edades entre 15 y 17 que sí asisten a la escuela, los cuales son 79 y otros 23 alumnos de entre 18 y 24 años (INEGI, 2010).

La población es mestiza y su origen se sitúa en la cultura mazahua (Martínez, 2004), actualmente su riqueza cultural se ve reflejada en usos y costumbres basados en las festividades religiosas. El 99% de la población practica la religión católica. Prueba de ello es que hay once capillas en el ejido.

En lo que corresponde a sanidad, en la microcuenca La Hacienda, la población que no tiene derecho a servicios de salud es de 1844 habitantes, el 61.5% de la población total. Otro 38.2% sí tiene acceso a servicios médicos, estos pueden ser de instituciones públicas o privadas, como: el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE e ISSSTE estatal), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR), el Sistema de Protección Social en Salud u otras. 782 de estas personas son derechohabientes del IMSS, 8 personas están afiliadas al ISSSTE y 357 personas se benefician con los servicios del “Seguro Popular” o “Servicio Médico para una Nueva Generación”.

Las viviendas que se tienen registradas en la microcuenca La Hacienda, para el año 2010, sumaron un total de 671, de las cuales 587 están habitadas, 39 son de uso temporal y 45 están deshabitadas. El promedio de ocupantes por vivienda es de 5.1 personas, y el promedio de personas por cuarto es de 1.6; 304 de las viviendas cuenta con dos o más dormitorios. Del total de las viviendas registradas, sólo 26 tienen pisos de tierra. Esto nos da un panorama del nivel de construcción en las viviendas de la población que habita estos hogares.

En cuanto a servicios con los que cuenta la población en sus viviendas, únicamente diez viviendas del total no cuentan con servicio eléctrico. En las cuestiones de agua, que para la presente investigación tiene una importancia de peso, se tiene que 342 viviendas cuentan con servicio de agua entubada, esto representa el 50.9%. Por su parte, 241 viviendas no disponen de agua entubada, lo que no significa que no dispongan del líquido. También es importante mencionar que 50 viviendas sí disponen de drenaje mientras que 535 no disponen de esta infraestructura.

Lo anterior nos da un panorama claro de la estructura que presenta la población en la zona de interés, éstas son algunas características sociales que definen y hacen evidentes las condiciones de la localidad de tal forma muestran las diferencias existentes con otras localidades. También del potencial que se tiene en cuanto a recursos humanos y la presión que esto tiene en el ambiente (ITER-INEGI, 2010).

1.2.2 Economía

El sector primario obtiene los bienes económicos que se generan de las actividades donde los recursos naturales se explotan directamente para alimento o para generar materias primas, estos son: agricultura, ganadería, pesca y explotación forestal (Figura 1.9). Cabe mencionar, que estas actividades tienen restricciones en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera; sin embargo, en la zona de amortiguamiento sí pueden ser practicadas controladamente.

Figura 1.9 Agricultura en la zona de estudio.



Fuente: Foto tomada en trabajo de campo 2011.

En este sector se encuentran ocupadas 280 personas, que representan el 9.3% del total de la población de la Manzana San Luis, aunque debe tomarse en cuenta que es, en este estrato, en el que se encuentran los productores de trucha arcoíris y que no se incorporan los intermediarios o comerciantes del producto trucha.

La población ocupada en el sector secundario es el 6.9% de la población económicamente activa, un total de 209 personas. Una de las actividades que destacan es, entre otras, la manufactura en talleres y aserraderos, produciendo derivados del aprovechamiento forestal, el cual en la zona núcleo de la reserva no está contemplado legalmente, pero en la zona de amortiguamiento se tiene controlado. Asimismo, la población ocupada en este sector se emplea en actividades como la industria energética, gas, electricidad, la explotación de minerales y la construcción, aunque no directamente en la zona de estudio, ya que las personas muchas veces tienen que moverse a sus centros de trabajo fuera de ella.

El sector terciario acoge al 5.9% de la población, que son 177 personas. Las actividades que se realizan son, en su mayoría, actividades como el comercio, transporte y lo relacionado con la venta y preparación de alimentos para el turismo que atrae el santuario El Rosario de la Mariposa Monarca. (INEGI, 2010).

La población económicamente activa (PEA) en el ejido El Rosario asciende al 27.26%, se refiere a las personas de 12 años o más que han realizado algún tipo de actividad económica. En la población de la manzana San Luis, es decir, la población que ocupa la microcuenca La Hacienda, la PEA es el 26.3% y equivale a 790 personas; mientras que la población ocupada (PO) asciende al 22.2% y son aquellas personas mayores a los 12 años que están empleados, estas suman un total de 666 personas (INEGI, 2010); (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2 Localidad Manzana San Luis: PEA por sector, 2010.

Localidad	Manzana San Luis (perteneciente al ejido El Rosario)
Población TOTAL	2996
Población económicamente activa (PEA)	790
Población ocupada (PO)	666
Sector Primario	280
Sector Secundario	209
Sector Terciario	177

Fuente: INEGI, 2010.

El turismo es un aspecto de importancia en toda la zona y también en este ejido, ya que en la zona se localiza uno de los principales santuarios de la mariposa monarca. El atractivo son, como tal, las colonias de mariposas que ocupan el follaje de los árboles de oyamel. Las mariposas buscan también fuentes de agua disponible, en este caso manantiales de los cuales se benefician. La derrama económica que los turistas proporcionan es de vital importancia en la temporada del año en que las mariposas se encuentran en los santuarios, ya que se suspenden los permisos de aprovechamiento forestal en toda la región. El turismo en la zona tiene sus inicios en los primeros años de la década de los ochenta, tomando más formalidad y registros oficiales en el año de 1986 debido a la protección por el decreto de Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca. La cifra más importante de visitantes es de 158,072, que se registró en la temporada 1997-1998 en el santuario el Rosario, perteneciente al ejido en la zona de estudio. Los beneficios o ganancias económicas que se generan debido al turismo en el ejido, se distribuyen como utilidades entre los 261 ejidatarios, se creó un comité turístico que consta de 86 miembros encargados de lo referente al trabajo derivado del turismo, sólo en este ejido. Dichos empleos son exclusivamente para ejidatarios, sin embargo, ellos pueden ceder o vender el derecho de trabajar como comiembro del comité, esto solamente puede ser a otros ejidatarios, o bien, a los vecinos que son habitantes del ejido sin derecho de tierras, pero que sí comprueben su residencia dentro del mismo ejido. Existen aproximadamente 240 familias que perciben ingresos derivados del turismo, al ser propietarias de locales y puestos cercanos al santuario, en el cual se ofrecen servicios de comedor, venta de recuerdos, artesanías, cerámica y abarrotes (INEGI, 2010).

1.2.3 Aspectos político-administrativos

El Rosario cuenta con cuatro porciones de terreno. La dotación ejidal, que es con la que se funda el núcleo agrario con la figura jurídica de ejido, les fue cedida en 1936. Posteriormente, y a solicitud propia, logran la ampliación ejidal en 1938, mientras que la propiedad privada o asignación de la zona sur les fue entregada en 2000. Por último, recibieron una donación por parte de la pequeña propiedad de Rancho Verde en el Estado de México, en 2003 (Cuadro 1.3).

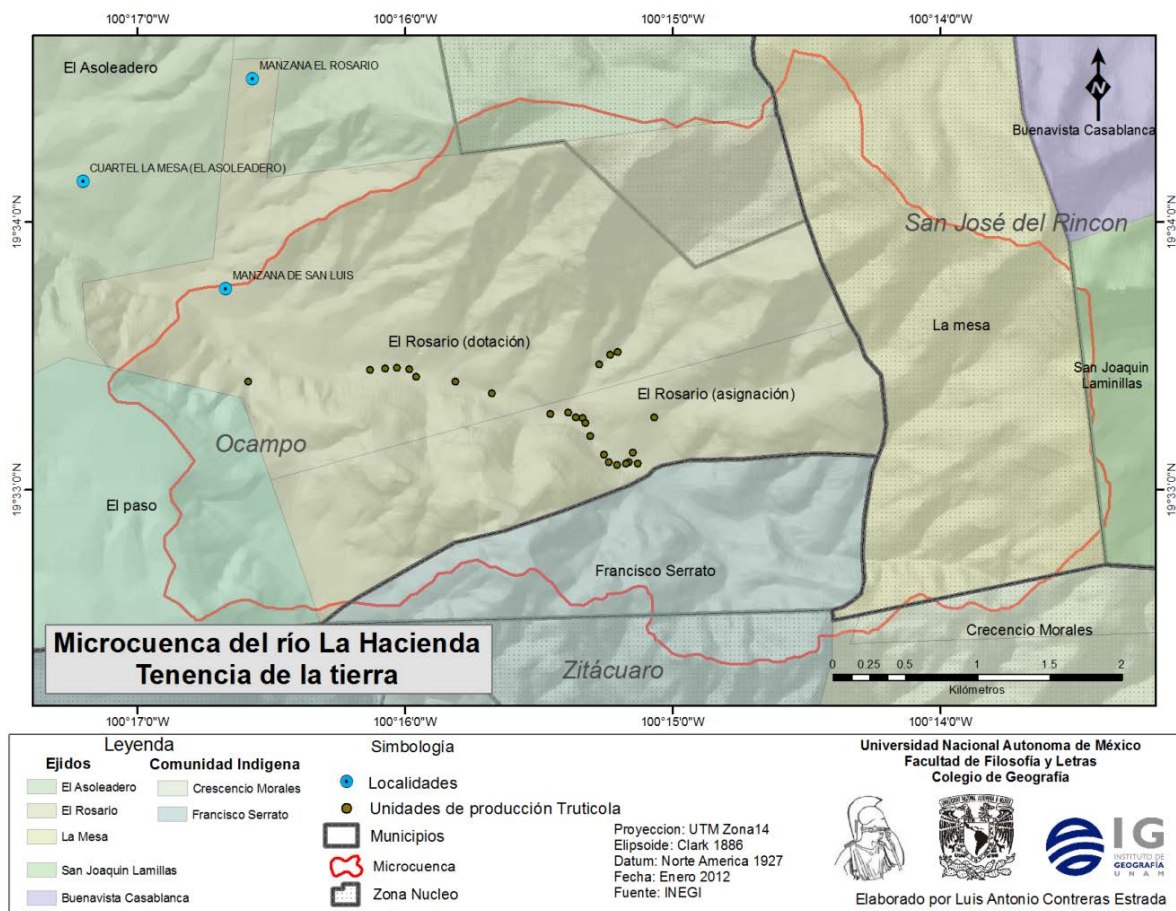
Cuadro 1.3 Dotación de tierras.

Hecho histórico	Fecha	Publicación	Registro Agrario (No.)
Resolución presidencial. Dotación	04/11/1936	30/01/1937	22/11/1939 No.589
Acta de posesión y deslinde. Dotación	06/07/1937		Expediente Libro 2 tomo II 09/10/1937
Acta de deslinde definitivo. Dotación	28/01/1967		
Resolución presidencial. Ampliación	19/10/1938	16/06/1939	13/01/1943 No.887
Acta de posesión y deslinde. Ampliación	16/02/1939		Expediente Libro 1 Tomo I 16/02/1973
Inscripción al Registro Agrario Nacional (Carpeta básica)	16/02/1973		Numero 229-XVI
Asignación del predio particular de la zona sur	2000		
Donación del Predio Rancho Verde	2003		

Fuente:SEMARNAT, 2005

En la cartografía elaborada se puede distinguir que, si bien, la mayor parte de la microcuenca corresponde al ejido El Rosario, este no es el único predio que comparte los límites naturales de la microcuenca, en ella también existen porciones de otros cuatro ejidos y dos comunidades indígenas, dicha complejidad político administrativa es también razón para una explotación forestal desmedida y sin sentido ecológico o sustentable debido a que la población de cada ejido explota de forma independiente sus recursos y no están organizados para el funcionamiento integral por cuencas hidrológicas. (Figura 1.10)

Figura 1.10 Tenencia de la tierra



Fuente: Elaboración propia a partir de información vectorial INEGI 2009.

El Rosario forma parte de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM). La totalidad de la superficie del ejido (2657.2 ha) se encuentra en el interior de esta ANP, con una superficie de 971.2 Ha en zona núcleo y 1686 Ha en zona de amortiguamiento. Es importante aclarar que la microcuenca La Hacienda es una porción al sur del Ejido el Rosario, y la delimitación para esta investigación, se hizo bajo criterios y características físicas que tienen relación con el estudio de cuencas. Sin embargo, dentro de esta delimitación se encuentra la totalidad de las tierras de la Manzana San Luis, una de las cuatro divisiones político administrativas del ejido y, en el mismo, se localiza la porción denominada “dotación” que da origen al ejido.

1.2.4 Servicios

El área de estudio cuenta con una clínica rural a cargo del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) que opera con base en los recursos del Programa Oportunidades de la Secretaría de Desarrollo Social Federal (SEDESOL). No obstante, la población también recurre a la asistencia médica en la cabecera municipal de Ocampo o a la clínica de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) en la cabecera municipal de Angangueo.

En educación, el ejido cuenta con un jardín de niños, una primaria y una telesecundaria. La población que decide continuar estudiando tiene que desplazarse a las escuelas de Ocampo, Angangueo y Zitácuaro, y aquellos que llegan al nivel superior tienen como opción principal el Instituto Tecnológico de Zitácuaro (ITZ) o la ciudad de Morelia.

1.3 Antecedentes históricos en la región

La presente investigación tiene como objeto proporcionar información directa del lugar y la actividad económica tomada como objeto de estudio, de esta forma, el contenido del marco histórico está directamente relacionado con estos dos grandes aspectos. Por otra parte, es importante poner en contexto el lugar, ya que la delimitación está determinada en función de aspectos físicos estrechamente relacionados con la dinámica socioeconómica propia de toda la región.

1.3.1 Ocupación del territorio en la época prehispánica

A partir del año 1000, en el cual se registran los primeros vestigios de tribus nómadas que ocuparon territorios en los actuales límites del estado de Michoacán, siendo las cercanías a los lagos los sitios principales de asentamientos humanos, el territorio estuvo ocupado desde inicios del siglo IX por culturas como la Tarasca, Mazahua, Matlatzinca y Otomí.

Durante este siglo tuvieron lugar migraciones de grupos tarascos o purépechas provenientes del norte del actual estado de Michoacán, los cuales lograron la expansión y consolidación de un imperio. Este grupo indígena logró imponer sus lineamientos políticos, religiosos, económicos y sociales a los demás grupos que habitaron el territorio. Dicho imperio estuvo

dividido en tres reinados y es de gran importancia en el contexto histórico prehispánico nacional. Es de esta forma que se entiende que la serranía funcionó como frontera natural y dividió las extensiones de las culturas que habitaban los distintos valles del centro del territorio nacional. Por este motivo se tienen pocos registros de asentamientos en el área de estudio. Fue hasta después de la conquista, que esta condición empezó a cambiar.

Previo a la caída de México-Tenochtitlán en el año de 1521, se encomendaron expediciones a las tierras del imperio purépecha, una de ellas fue la asignada a Antón de Caicedo a explorar los territorios de Tzintzuntzan. Estas exploraciones dieron una idea de cómo se conformaban estas tierras y, en especial, determinaron las riquezas con las que se podía contar. Así, la zona de estudio perteneció en este periodo al reino Mechuaque.

Posterior a la ocupación española del valle de México, la inconformidad del reparto y la ambición sumada a la ya comprobada capacidad militar, se incursiona en los territorios Purépechas en el año de 1522. Para el año de 1524 todo el territorio había sido sometido, y el reparto de las tierras se habría llevado a cabo en forma de encomienda.

1.3.2 Periodo colonial

Con la llegada de los españoles a territorios de América y ya en territorios nacionales, debido a numerosos acontecimientos suscitados en el centro de la Nueva España, Hernán Cortés pierde presencia y dominio de los territorios michoacanos. En el año de 1530 se designa una audiencia para la Nueva España por parte del consejo de indias, dicha audiencia se llevó a cabo por personajes que tenían una rivalidad grandísima y se consideraban los enemigos de Hernán Cortés. El personaje más destacado fue Nuño de Guzmán, éste despojó de todas sus encomiendas a los primeros colonizadores y logró establecer empresas mineras en el oriente de los territorios, tiempo más tarde se establecieron los límites de la entonces llamada Provincia de Michoacán.

Durante la época colonial, fue común el poblamiento en toda la región debido al auge que tuvo esta, gracias a la explotación minera que tuvo lugar desde el año 1792, cuando se descubrieron los yacimientos más importantes de minerales. Angangueo tuvo una gran influencia en este sentido, ya que fue uno de los sitios más importantes en cuanto a minería

se refiere y se encuentra a sólo seis kilómetros de la microcuenca La Hacienda. Desde 1639 y a lo largo de este periodo, se establecieron misiones y los primeros pobladores de la microcuenca encontraron su forma de vivir en la agricultura, en el aprovechamiento de los recursos del bosque y, sobre todo, en la extracción de minerales.

1.3.3 Eventos relevantes en la región en el siglo XIX

En el año 1830 se registra el primer asentamiento de los colonizadores españoles dentro de la microcuenca, ellos se establecen en lo que hoy se conoce como El Asoleadero, mismo que fue la concentración inicial del establecimiento en la región.

Posteriormente en noviembre de 1864 se establecen en el terreno conocido como el tejocotal (Cuadro 1.4). Seguido de eventos que dieron la conformación al territorio y son el antecedente histórico de la zona en estudio.

Cuadro 1.4 Eventos relevantes entre 1830 – 1930

Año	Hecho histórico de trascendencia
1830	Asentamiento de los españoles en “El Asoleadero”, área que parecía en ese momento sería el origen y centro para la ocupación de toda la región. Esta localidad se localiza a kilómetro y medio de la microcuenca y tiene relación permanente, ya que se localiza en la parte baja de la misma.
1864.	En noviembre, fundación del pueblo en el terreno conocido como “El Tejocotal”.
1875	Se constituye en tenencia.
1917	Entran los villistas de Altamirano e incendian el pueblo.
1930	Se eleva a la categoría de municipio.

Fuente: elaboración propia a partir (Carreño 1983).

En el periodo entre 1886 y 1897 se concluyeron las obras referentes al ferrocarril, dando como resultado un rápido desarrollo tecnológico y, por tanto, también una aceleración en la extracción de materiales que tienen origen en la minería y en la extracción de recursos forestales. Los pueblos quedaban comunicados por este medio y una consecuencia de esta situación fue el incremento de la población.

Posteriormente entre los años 1918 y 1922 México vive, como consecuencia del periodo revolucionario, una gran depresión económica que tiene como resultado el decremento en la población y en la actividad económica en toda la región. Posteriormente, la situación se estabiliza económica y socialmente, tanto en la región como en gran parte del país, debido a la administración en el periodo del General Lázaro Cárdenas (1934-1940), este periodo histórico tuvo gran importancia, ya que en esta etapa se logró la creación de las más importantes industrias nacionales y, en específico, el desarrollo de ciencia y tecnología en los diversos ámbitos de interés nacional. Asimismo, con el general Lázaro Cárdenas en la Presidencia de la República se inició un cambio radical de la estructura de la tenencia de la tierra. Durante su sexenio, el ejido no fue considerado una etapa transitoria hacia la pequeña propiedad ni complemento salarial, sino concebido como el eje principal para emprender una transformación de fondo. Se motivaron las inversiones a distintos ámbitos y uno de ellos compete al agropecuario. En 1934 surge la Secretaria del Departamento Autónomo Forestal de Caza y Pesca, dependencia de gobierno que estaría encargada de fomentar las actividades y aprovechamiento piscícola, debido a esto, se dio un desarrollo en lo relacionado a programas destinados a la acuicultura.

1.3.4 Origen de la truticultura como actividad económica en la región

A partir de su creación, en 1934, la Secretaria del Departamento Autónomo Forestal de Caza y Pesca, propicia la generación de diversos programas que durante varias décadas fomentaron el establecimiento de la actividad acuícola gracias a la construcción de numerosos centros de producción en varios estados de la republica, no sólo los que cuentan con litoral, sino también los estados en el centro del territorio nacional (Cifuentes *et al.*, 1992). En este periodo aparece la primera granja trutícola en el Estado de México, en el año de 1937, con el decreto de la creación del centro piscícola en Zalazar, mismo que una

década más tarde se convirtiera en el Centro Acuícola El Zarco, pionero en la producción de truchas arcoíris en el país y del cual se desprende la consolidación de la actividad en las zonas montañosas del Estado de México y Michoacán.

(mapa-frances)La historia del corredor trutícola se remonta a mediados de la década de los setenta y finales de los años ochenta. Amanalco de Becerra es el principal productor y fue uno de los municipios donde comenzó la actividad, se ubica en la microcuenca de Valle de Bravo, una de las cuatro regiones productoras; la segunda, se localiza entre los municipios de Valle del Carbón, Nicolás Romero, Isidro Fabela y Jilotzingo; la tercera, se encuentra en el sur del estado, resaltando el municipio de Malinalco; y la cuarta región, es la ubicada en el municipio de Ocoyoacan. Para el estado de Michoacán, las regiones productoras comprenden los municipios de Zitácuaro, Angangueo, Ocampo, Ciudad Hidalgo, Zinapécuaro, Taretán, Peribán, Uruapan, Tacámbaro, Madero, Chilchota, Ziracuaretiro, Tacámbaro y Villa Madero. De esta forma se configura lo que parece ser una actividad productiva muy conveniente en dichas regiones debido a sus características ambientales.

CAPÍTULO 2. MARCO CONTEXTUAL DE LA PRODUCCIÓN TRUTÍCOLA

2.1 Conceptos básicos para el cultivo de trucha arcoíris

2.1.1 Aspectos biológicos

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie perteneciente a la familia de los salmónidos y es una especie nativa de la vertiente pacífica de América del Norte. En ambientes naturales se encuentra desde Alaska hasta la porción del norte de México (Bastardo *et al.*, 1988). El nombre de este pez se debe a la coloración de su piel en los costados, que puede variar en una gama muy peculiar; también tiene unos pequeños puntos oscuros a lo largo de su piel, característica que varía de acuerdo a la edad del organismo, sexo, tamaño y cuestiones del medio ambiente (Camacho *et al.*, 2000). Para el establecimiento de granjas trutícolas es necesario conocer y tomar en consideración aspectos biológicos de la especie en su hábitat natural y, así, poder tomar decisiones correctas al momento de la producción.

Hábitat

El hábitat natural de la trucha arcoíris son aquellos espacios acuáticos que tengan como principal característica el flujo de agua cristalina y bien oxigenada sobre material rocoso en el cual se presenten desniveles topográficos bien definidos, que proporcionen saltos y pequeñas cascadas. Estos peces ocupan, generalmente, los tramos medios de fondos pedregosos y con moderada vegetación. Son peces de aguas frías, dicha característica los sitúa en latitudes altas, y en zonas subtropicales y tropicales los limita a existir en altitudes superiores a los 1500 m, donde la vegetación sea abundante y la temperatura del mes más cálido no supere los 21°C; sin embargo, el rango de tolerancia en la temperatura es amplio, pudiendo soportar durante varios días temperaturas hasta de 25°C y, por el contrario, soporta temperaturas cercanas al punto de congelamiento del agua. De tal forma, las partes altas de las cuencas hidrológicas de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca cuentan con estas condiciones y son apropiadas para el cultivo de la especie. (Aguilera y Noriega, 1985).

Distribución espacial

Este salmónido es originario del norte de América y habita los ríos y lagos en las partes altas de las montañas, desde el territorio de Alaska, Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y la parte norte del territorio mexicano. La trucha arcoíris se distribuye naturalmente en la sierra norte de Chihuahua, Durango, Sonora y Sinaloa. Posteriormente a finales del siglo XIX, se introdujo esta especie en los estados de Coahuila, Michoacán, Jalisco, Estado de México, Puebla, Hidalgo, Tamaulipas y Nuevo León, con el objetivo de cultivarla. Un poco más tarde, fue también introducida en estados del sur de México como Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Pérez, J. A., 1998).

Alimentación

La trucha es un animal carnívoro que en su hábitat natural se alimenta de presas vivas, en su mayoría, organismos acuáticos como moluscos, caracoles, gusanos, renacuajos, peces más pequeños de la misma especie u otras y algunos terrestres, como insectos pequeños o en estado larvario. (Aguilera y Noriega, 1985).

Ciclo biológico

En esta especie de peces, el macho es siempre de mayor tamaño que las hembras y en la etapa de reproducción desarrollan dimorfismo sexual. Para que la reproducción sea un éxito, tienen que estar por condición sexualmente maduros tanto la hembra como el macho, la madurez sexual en los machos se logra en un tiempo de 15 a 18 meses, en las hembras es un poco más tarde, ya que estas necesitan como mínimo dos años. (Aguilera y Noriega, 1985).

La reproducción de los salmónidos es cíclica, esto significa que tiene lugar una vez al año y en una época determinada. El desove en la trucha arcoíris es entre los meses de noviembre a febrero, sin embargo, depende de las condiciones ambientales, entre las más importantes está el clima (Blanco, 1994).

Durante el ciclo de vida de la trucha arcoíris se identifican cinco etapas importantes que son:

Huevo

Una vez que se ha llevado a cabo la fertilización de los huevos, estos son incubados en el nido que construye la hembra. El desarrollo de los huevos depende directamente de la temperatura del agua, entre 8° y 12°C es un rango ideal para tal fin. Todo esto se lleva a cabo de manera natural, no obstante, las empresas que abastecen a las granjas trutícolas del país, llevan a cabo esta etapa a través de la manipulación de todo el ambiente.

Alevín

Después de que el desarrollo embrionario concluye, el alevín eclosiona del huevo, mismo del que se alimentara durante dos o cuatro semanas, debido a los nutrientes que contiene el saco vitelino. Posteriormente, el alevín se transforma en cría en un periodo que dura entre 14 y 20 días. Una vez terminada esta fase, la cría sube a la superficie. Es en esta etapa en la que los individuos se comercializan para ser distribuidos en las granjas trutícolas, el precio de cada alevín es un peso (información de campo, 2011) y llegan desde laboratorios de Canadá y Estados Unidos. A nivel nacional se empiezan a lograr avances en este aspecto y se ha comenzado ya a comercializar algunos alevines de origen nacional, provenientes de laboratorios de crianza en el norte del país.

Cría

En esta fase del ciclo de vida, la trucha empieza a procurarse a sí misma del alimento, la manera libre de nadar inicia con el sentido de territorialidad, y conforme a diversos factores, como la disponibilidad del alimento y condiciones ambientales como la duración del día, es que los organismos adquieren mayor talla y peso. En las granjas trutícolas se intenta obtener un ambiente adecuado para que el desarrollo y crecimiento sea el adecuado y, en algunos casos, alcance el tiempo para tener dos cosechas por año.

Juvenil

En esta etapa, los peces alcanzan la talla y el peso de un adulto, tienen conductas propias de la especie, están en constante búsqueda del alimento y nadan contra corriente haciendo saltos repentinos, la característica que los diferencia con los adultos es que aún no tienen desarrollada su capacidad reproductiva. En las granjas trutícolas se comercializan peces en esta fase, ya que algunos compradores prefieren las truchas en tallas no muy grandes menores a 500gr.

Adulto

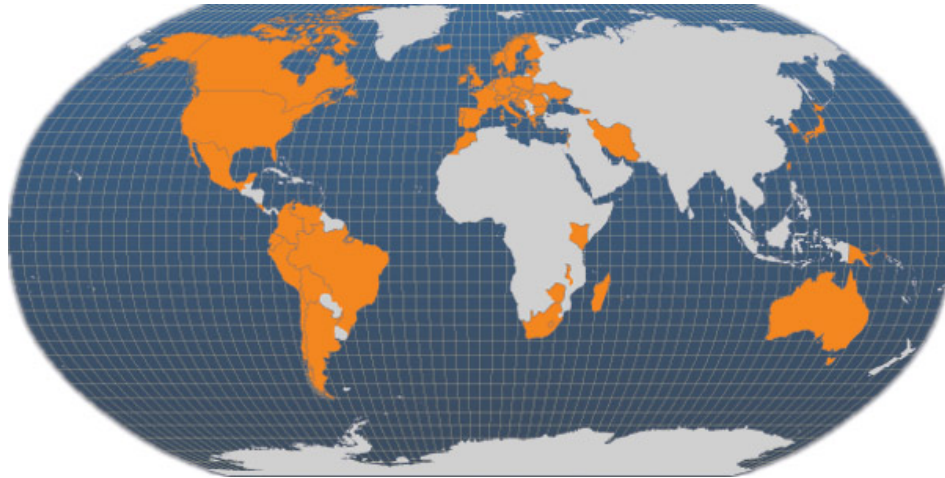
La especie logra su maduración en un lapso de entre 16 y 18 meses, entre las características más importantes están las del cambio en la coloración de su piel, la capacidad reproductiva y su talla y peso. Esta etapa es en la que la trucha arcoíris es más grande, más fuerte; sin embargo, en cuestiones económicas para los productores, es la etapa en la que demandan también cuidados especiales, ya que a lo largo del proceso se les ha dedicado tiempo y dinero, y una pérdida de la población por alguna enfermedad o descuido representa mucho dinero y trabajo desperdiciado (Camacho, *et al.*, 2000).

2.1.2 Acuicultura

La acuicultura se define como todas aquellas actividades, técnicas y conocimientos de cultivo de especies acuáticas, tanto vegetales como animales (FAO, 2011). Es una importante actividad económica de producción de alimentos y materias primas de uso industrial y farmacéutico. Los sistemas acuícolas son diversos, estos pueden desarrollarse en agua dulce o salada y estar establecidos directamente en el medio o contar con una infraestructura bajo condiciones completamente controladas.

La acuicultura, posiblemente el sector de producción de alimentos de crecimiento más acelerado, actualmente representa casi el 50% de los productos pesqueros mundiales destinados a la alimentación (*op, cit*) (Figura 2.1).

Figura 2.1 Países productores de trucha



Fuente: FAO, 2011

Como en cualquier sistema de producción agropecuaria, existen distintas clasificaciones y tipos de cultivos según la intensidad y tecnificación con las que se cuenta para su ejecución:

Acuicultura comercial

Este tipo de acuicultura es la que se auxilia en elementos externos para incrementar la producción, esto puede ser en aspectos como alimentación enriquecida, el mejoramiento de las condiciones del hábitat y en la proliferación de las especies mediante el uso de fertilizantes. Lo anterior, aunado a un manejo adecuado del centro de producción, tiene como finalidad incrementar la producción. Para nuestro país se ha registrado que la producción oscila entre 1.5 y 2.5 toneladas por hectárea y esto dependerá de las condiciones, infraestructura y especie que se produzca. La trucha es una de las especies sobresalientes en cuanto a tecnificación en su producción, superada solamente por las granjas camaronícolas (Arredondo y Lozano, 2003).

Según sea el organismo que se cultiva, es el termino que se utiliza: en los peces en general es piscicultura, sin embargo, existen diversos términos según el grupo y especie, así, la trucha es un salmónido pero el cultivo de ésta se conoce como truticultura (Palomo y Arriaga, 1993).

2.2 Técnicas en truticultura

Como parte de la información básica requerida para fundamentar la presente investigación, se toman en cuenta las técnicas existentes hasta el momento en la truticultura, estas técnicas están determinadas por el grado de infraestructura y recursos con los que se cuenta para la instalación de las granjas productoras, así como para el grado de producción. Las técnicas consideradas son desde las extensivas, las cuales aprovechan embalses y cuerpos de agua temporales hasta las intensivas, las cuales requieren de mayor tecnología simplemente por el número de unidades productoras que se llegan a alcanzar con producciones muy considerables. (Camacho, *et al.*, 2000)

2.2.1 Truticultura extensiva

Es el tipo de cultivo de trucha en el cual, se logran producciones a bajos costos, la principal característica que tiene este tipo de producción es que se establece o se lleva a cabo en cuerpos de agua, como embalses y ríos, de zonas frías y altas en el territorio nacional (Figura 2.2).

Figura 2.2 Truticultura tradicional.

El volumen de producción es relativamente bajo y es considerado un beneficio para algunas comunidades rurales. Aunque no se tiene registro oficial del volumen que se llega a cosechar pero se estima que no supera los 20kg/Ha, manteniéndose en una clasificación de subsistencia y bajos rendimientos (Vergara *et al.*, 1998).



Fuente: Foto tomada en trabajo de campo 2011.

2.2.2 Truticultura semintensiva

La truticultura considerada semintensiva, es aquella en la que cierto grupo de la población se agrupa y organiza para obtener beneficios y trabajar como productores de truchas. Las limitantes a las que se enfrenta este tipo de truticultores están directamente relacionadas al espacio, insumos, e infraestructura con la que cuentan los productores. El desempeño de este tipo de técnica de cultivo no es muy elevado, ya que se estima que no sobrepasa los 10kg/m³ de agua debido al bajo nivel en la densidad de organismos que se puede mantener y alimentar. Este tipo de cultivo se lleva a cabo principalmente en estanques de tipo rústico, que los mismos productores construyen con materiales que tienen a su alcance, así como en presas pequeñas que logran establecer en arroyos o canales (*op, cit*).

2.2.3 Truticultura intensiva

Las técnicas de producción consideradas en esta clasificación, son aquellas que tienen como principal característica el desarrollo de su producción en infraestructura especializada para dichos propósitos y en las que se cuente con tecnología apropiada para el desarrollo de un volumen considerado de organismos. Se pueden identificar cuatro principales tipos de cultivo intensivo, cuyas diferencias están dadas esencialmente por las características y las formas de producir.

Figura 2.3 Estanques de concreto



Fuente: Foto tomada en trabajo de campo 2011.

La más común es el cultivo en estanques de concreto, fibra de vidrio o metal. El siguiente tipo de cultivo intensivo es el caracterizado por desarrollarse en canales de corrientes rápidas de agua, otro de los tipos es en el cual se utilizan jaulas y se introducen en cuerpos de agua mucho más grandes, como presas; estos son de gran utilidad en países del sur de

América. Y, por último, se tienen las técnicas de cultivo de trucha en sistemas cerrados de recirculación y reacondicionamiento del agua, estas técnicas requieren de una infraestructura especializada, ya que deben tratar el agua en las cuestiones físicas y químicas para poder usarla de nuevo, en este tipo de unidades productoras se tiene el control de la mayoría de los requerimientos de los organismos. Sin embargo, la técnica más popular sigue siendo la estanquería, ya que no requiere inversiones excesivas, el crecimiento y la construcción puede ser paulatina según el éxito que se tenga con el manejo de la granja (Figura 2.3)

2.2.4 Siembra de crías

La siembra de las crías se refiere a la introducción de organismos en las granjas trutícolas para llevar a cabo el proceso de engorda. A los productores se les recomienda iniciar el proceso con organismos en etapa de Alevín. Es muy importante asegurarse de comprar los organismos a proveedores que garanticen condiciones adecuadas de salud e inocuidad en los peces y que cuenten con el equipo para trasladarlos adecuadamente. Las crías deben ser introducidas en los estanques de manera cuidadosa, con el fin de evitar lesiones en las crías. De igual forma, la temperatura del agua es un aspecto de importancia, al momento de trasladarlos al estanque debe procurarse tener la misma temperatura tanto en el estanque como en el agua que se uso para el traslado, esto evitará muertes por este motivo.

2.2.5 Capacidad de carga en estanques trutícolas

Debido a que el cultivo de truchas en estanques es la técnica más común en nuestro país al igual que en la zona de estudio, es conveniente hacer algunas especificaciones sobre la capacidad de carga:

La capacidad de carga tiene que ver directamente con el espacio de cultivo con el que se cuenta, para ello, es indispensable conocer, por una parte, las dimensiones de los estanques, expresadas en unidades de volumen; y, por otra, la cantidad de organismos que pueden contener, expresada usualmente en kilogramos (Arredondo y Lozano, 2003).

Los estanques generalmente tienen un rendimiento superior a los 20 kg/m³ (Arredondo y Lozano, 2003), sin embargo, esta cifra depende completamente de la cantidad de agua que pueda fluir por el mismo, así como de la cantidad de oxígeno disuelto en ella. Se pueden

generar cálculos a partir de esto dependiendo las condiciones que se tengan en cada granja productora y la infraestructura con la que se cuente.

Otro aspecto importante es la talla de los organismos; según el peso que presenten, estos mostrarán un dominio, mismo que condiciona a los individuos al acceso al alimento y, posteriormente, formará diferencias en las condiciones de las truchas al momento de la cosecha.

El rendimiento de una unidad productora estará estrechamente relacionado, entonces, con el volumen de agua que pueda contener el estanque y la cantidad de agua, suficiente y bien oxigenada, que pueda cubrir con las exigencias de los peces contenidos; con la correcta selección de los individuos que se colocan en las unidades, en términos de talla; así como con una alimentación bien distribuida, para que el crecimiento de los peces sea uniforme.

2.2.6 Alimentación

El alimento que exigen estos organismos, en especial el utilizado en las granjas productoras, debe tener características específicas. Éste debe contar con niveles altos en calidad nutritiva, con el propósito de favorecer un crecimiento óptimo y una buena salud en los individuos. En condiciones naturales, las truchas arcoíris se alimentan de insectos, lombrices, caracoles, y peces más pequeños; como resultado de diversas investigaciones referentes al cultivo de estos peces, se han obtenido los requerimientos específicos de la especie (Pérez. J., 1998).

El alimento utilizado en la mayoría de las granjas en el país es granulado, y dependiendo de la etapa en la que se encuentran los organismos, es el tamaño del gránulo que se debe proporcionar. En el mercado nacional existen diversas marcas, las cuales ofrecen una amplia variedad en cuanto al tamaño de los gránulos. Las marcas con mayor aceptación en el mercado nacional, por la variedad de sus productos y las especificaciones que tienen, son: Silver Cup Pedregal, Clayton, Purina y La junta. Estos proveedores mantienen un estándar en sus productos en cuanto a nutrientes y está comprobado (referencia de la comprobación. Si no está comprobado en un trabajo formal, cámbiale el texto para que diga que los productores lo mencionaron) que no existe variación en el crecimiento de los peces al utilizar una u otra, entre estas marcas comerciales.

De acuerdo con autores como Camacho *et al.*, (2000) los aspectos fundamentales que deben tomarse en cuenta, en relación a la alimentación, son los siguientes:

1. Se debe seleccionar el tamaño adecuado del granulo o pellet, en función del organismo más pequeño de todo el lote en un estanque.
2. El alimento debe ser administrado al estanque de forma que puedan aprovecharlo simultáneamente la mayoría de los peces.
3. A pesar de que existen despachadores de alimento automatizados, el método manual para realizar esta labor es el más adecuado, ya que visualmente puede lograrse la distribución correcta del alimento y asegurarse de que todos los peces obtengan su alimento; de la misma forma, el personal puede interrumpir la dosificación del alimento una vez que las truchas en el estanque dejen de demandarlo.

Los requerimientos elementales en el alimento de las truchas arcoíris, para lograr un óptimo crecimiento en granjas trutícolas, son:

Carbohidratos: El alimento debe contener menos del 12% de carbohidratos.

Grasas: Se debe asegurar entre el 10 y 12 % de grasa en el alimento, ya que con esto se cubrirán las exigencias energéticas.

Proteínas: El alimento que se les proporcione debe contener entre el 35% y 40% de proteínas, ya que las truchas en condiciones naturales consumen aproximadamente el 50% de proteínas (Pérez, J., 1998).

2.2.7 Cosecha

Según sea el grado de tecnificación con el que se cuente en la granja trutícola, será también el método utilizado para la extracción de los peces de los estanques; sin embargo, otro factor que determina directamente la cosecha es la comercialización de la producción, ya que, de acuerdo a las exigencias comerciales, la ésta puede realizarse parcialmente o mediante una cosecha total. El método de extracción depende también de las exigencias y condiciones de los compradores, ya que a algunos les interesa adquirir al animal vivo, mientras que otros no lo solicitan así. Por lo general, Las truchas se comercializan cuando alcanzan un peso

aproximado de 500 gramos, lo que para los productores significa un periodo de entre 8 y 9 meses de cuidados en su granja.

Existen negociaciones con supermercados y otros intermediarios, los cuales demandan un número grande de truchas y exigen dimensiones y pesos homogéneos; cuando se comercializa de esta forma, generalmente, los productores cosechan la totalidad de su población, si es que cumple con los requerimientos exigidos.

En los estanques rectangulares --como los que se encuentran en todas las granjas de la zona de estudio-- se emplean redes de arrastre, con ellas y la ayuda de vigas se puede acorrallar a las truchas para posteriormente extraerlas de los estanques. Cuando la cosecha es parcial, los productores se auxilian de redes en forma de cucharón, las cuales sacan un número pequeño de peces para su comercialización al menudeo.

2.2.8 Sanidad en la truticultura

Las enfermedades son un factor que incide discretamente en las poblaciones de trucha arcoíris y ocasiona pérdidas a los productores. Generalmente, la salud de los organismos dentro de las granjas se corrompe debido a agentes externos y, muy frecuentemente, estos agentes son ocasionados por microorganismos tales como: virus, hongos, parásitos, gusanos y bacterias. Las enfermedades que causan suelen terminar con la producción, ya que se desarrollan de manera oculta y la mayoría de las veces se detectan en niveles en los cuales ya no puede revertirse el daño (WHO, 1999).

Las enfermedades que afectan a las truchas arcoíris en los estanques de cultivo son de diversos tipos; a continuación, se enlistan algunas de las más comunes:

Enfermedades asociadas a virus.

- Necrosis pancreática infecciosa (NPI).
- Necrosis infecciosa hematopoyética (NHI).
- Septicemia hemorrágica viral (SHV)

Enfermedades asociadas a hongos.

- Saprolegniasis

Enfermedades asociadas a parásitos.

- Argulosis
- Ictioftiriasis o puntos blancos
- Chilodoneliasis

Enfermedades asociadas a bacterias.

- Enfermedad columnar
- Enfermedad entérica de la boca roja
- Furunculosis

Estas enfermedades tienen lugar debido a que los microorganismos encuentran las condiciones adecuadas para proliferar, en todos los casos, a costa de las truchas; no obstante, existen diversas condiciones que promueven la existencia de estas enfermedades, mismas que pueden tenerse en cuenta en una granja productora. Cabe destacar que una alta densidad de individuos en los estanques de las granjas favorece la infección de los peces (Pillay, 1996).

En este contexto, uno de los aspectos más importantes en lo que respecta a sanidad trutícola, tiene que ver con la prevención de enfermedades, simplemente, debido a que la aparición de éstas representa, la mayoría de las veces, la pérdida total de la producción de la granja; y en ocasiones en las que otras granjas se abastecen de la misma agua, se presenta una pérdida en cadena.

De acuerdo con Camacho y colaboradores (2000) estos son el grupo de factores que promueven la propagación de enfermedades en granjas trutícolas:

- El uso de aguas contaminadas con microorganismos.
- Acumulación de restos de alimento y excrementos de los peces en estanques por la falta de mantenimiento y limpieza.
- Bajo nivel en la calidad y frecuencia del alimento.
- Introducción de alevines enfermos.
- Incapacidad en el recambio del agua en los estanques.

2.3 Requerimientos ambientales para la producción trutícola

Agua

En la truticultura, como en cualquier práctica acuícola, el agua es de principal importancia. Para el cultivo de este salmónido, el agua requiere de condiciones físicas y químicas muy específicas; entre los elementos más importantes a considerar respecto a la calidad de este líquido en la producción de truchas, se encuentran: la temperatura, el oxígeno, la turbidez, el pH y el amonio contenido en el agua. Tomando en cuenta estos aspectos, se puede llegar a tener un ambiente adecuado para los organismos y, así, favorecer la cosecha de truchas con la calidad deseada (FAO, 1997).

Temperatura

La temperatura del agua tiene una repercusión importante en el ciclo de vida de estos organismos, influye directamente en las capacidades reproductivas de la especie, así como en los aspectos de desarrollo y crecimiento. En las etapas correspondientes a alevines y crías, la temperatura determinará, también, la velocidad del metabolismo. Como todos los peces, estos organismos acuáticos no tienen la capacidad de regular su temperatura corporal y, de tal forma, dependen completamente del medio en el que se encuentran.

A este factor se atribuyen también las concentraciones de productos metabólicos, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y el periodo que tardan en descomponerse aquellos materiales depositados en el fondo de los estanques.

Como se mencionó anteriormente, el requerimiento de la temperatura para la especie presenta un rango relativamente amplio, entre 0° y 25°C, sin embargo, para un óptimo desarrollo de los organismos en las granjas trutícolas, es decir, en condiciones artificiales, la temperatura ideal oscila entre los 9° y los 17°C. En etapas tempranas, como en el caso de los alevines, la temperatura ideal para su pronto crecimiento es de entre 10° y 12°C. Por encima de los 21°C, los organismos empiezan a frenar su metabolismo y requieren de una mayor cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Klontz, 1991).

Oxígeno

De la gran diversidad de cultivos acuícolas que existen, la truiticultura es uno de los cultivos que más oxígeno requieren. Las truchas arcoíris en etapas de crecimiento, como la juventud, exigen una gran cantidad de oxígeno disuelto en el agua, estos requerimientos están calculados entre 5 y 5.5mg/l (miligramos/ litro); en las etapas de huevo y alevín, la concentración de oxígeno que requieren los organismos es aún mayor, calculada entre 6 y 7mg/l; de ser menor esta cantidad, los peces tienen mucha dificultad para extraer el oxígeno del agua.

La presencia de algunos factores físicos y químicos determina la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. En este sentido, uno de los factores más importantes es la temperatura, ya que de ser elevada, el oxígeno se libera o pierde de forma más rápida; y al ser baja, el proceso es inverso. Si a esto se añade que cuando la temperatura es elevada los organismos requieren de mayores cantidades de oxígeno, resulta que los niveles de oxígeno disuelto pueden disminuir considerablemente en los meses más cálidos del año o en la temporada seca, ya que la cantidad de agua con la que se cuenta tiende a menguar. Dicha situación puede llegar a provocar pérdidas considerables en la producción y, por lo tanto, estos factores deben tomarse muy en cuenta al momento de instalar las granjas. En casos en los que las cantidades de oxígeno disuelto son bajas, se han instalado bombas de oxígeno y construido sombras para los estanques, elaboradas de mallas, las cuales protegen de la incidencia directa de los rayos solares, con la intención de evitar el sobrecalentamiento del agua y la consecuente pérdida de oxigenación (Camacho *et al.*, 2000).

Turbidez

El mantener bajos los niveles de partículas de sólidos en suspensión, en el agua que se usa en los estanques de granjas truitícolas, es de gran importancia para los productores. La especie es muy sensible a variaciones de este tipo, ya que sus branquias se irritan si en el agua existen muchas partículas suspendidas debido a que en ellas se fijan estos pequeños contaminantes impidiendo el paso de oxígeno por su sistema, muchas veces produciendo infecciones branquiales, sobre todo en los organismos de menor talla, y en ocasiones causando la muerte; los alevines son los más sensibles a esta condición. Estas partículas son generalmente transportadas a lo largo del cauce, producto de la erosión del material de

base; sin embargo, también existen muchas partículas que llegan a los causes provenientes de la vegetación y, aún más, de suelos expuestos deforestados.

La turbidez es un aspecto al cual debe prestarse especial atención en la temporada de lluvias, ya que es en estos periodos cuando más partículas suspendidas son transportadas en los causes de los que se abastecen las granjas productoras de truchas. Este es un factor importante en las pérdidas de organismos en las granjas, de modo que un manejo responsable del agua, aunado al correcto mantenimiento y la instalación de sedimentadores, debe tener resultados positivos en el funcionamiento general y en la tasa de crecimiento de los organismos (Arredondo *et al.*, 1998).

pH del agua

Otro factor, no menos importante, que debe considerarse en el funcionamiento adecuado de las granjas, es el nivel de pH presente en el agua en la que se desarrollan los peces. Los valores del potencial hidrógeno (pH), está determinado por la presencia de hidrógeno en el agua, ésta se expresa en una escala que va del 0 al 14, donde el valor 7 indica que el agua se encuentra en condiciones de neutralidad. En los individuos que se encuentran en la etapa de cría, los valores de pH en el agua ideales están en un rango de entre 6.5 y 9. En general, la producción es buena si se mantiene en dichos niveles: si el pH es superior al 9, las capacidades reproductivas se inhiben, presentándose la muerte alcalina de los organismos con niveles en el pH superiores a 11; inversamente, si los niveles son inferiores a 4, los organismos mueren por condiciones acidas del agua (Klontz, 1991).

Amonio

Los procesos metabólicos de los peces, ya sea en estado natural o en estanques de producción trutícola, tienen como resultado la concentración de residuos. Éstos, en su mayoría, se originan por las excreciones de los organismos, las cuales contienen amoniaco, lo que puede repercutir seriamente en la composición química del agua. Es de especial importancia tener en cuenta que la forma no ionizada del amoniaco tiene consecuencias tóxicas en los organismos, dependiendo de la temperatura y el pH. De este modo, el nivel de

pH es muy importante, ya que por cada unidad que aumenta, provoca que el nivel tóxico incremente diez veces la generación de amonio tóxico (Camacho *et al.*, 2000) (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Requerimientos del agua para la producción trutícola.

Requerimientos del agua	Niveles
Temperatura	De 7.2° a 17° C para crecimiento De 7.2° a 12°C para incubación y reproducción
Oxígeno disuelto	En cantidades superiores a 5mg/l
Partículas de sólidos en suspensión.	En menor proporción a 80mg/l
pH	En niveles de 6.5 a 9
Amonio	Menor a 0.012 mg/l como NH
Nitritos	Menor a 0.55 mg /l
Nitrógeno	Menor a 110% de saturación total
Dióxido de carbono	Menor a 2mg/l
Calcio	Menor a 52mg/l
Zinc	Menor a 0.04mg/l con PH a 7.6
Acido sulfhídrico	En menor concentración de 0.002mg/l

Fuente: Camacho *et al.*, 2000.

Cabe mencionar que para esta tesis no se realizaron análisis en la composición del agua, así como en su calidad, actualmente se realizan investigaciones que están tomando en cuenta la calidad del agua y sus características para fines particulares como el consumo humano y la producción trutícola, sin embargo en el presente trabajo se mencionan dichos requerimientos en el agua como aspecto de consideración para esta actividad económica.

2.4 Fundamentos legislativos vigentes para la producción trutícola

Existen diversas normativas y leyes que inciden en la regulación de esta actividad, en México, estas normativas son creadas por instituciones o dependencias y sugieren poner énfasis en el aprovechamiento responsable de los recursos, así como en la calidad de los productos comercializados derivados de las actividades acuícolas.

2.4.1 La Ley de Pesca y el Reglamento de la Ley de Pesca

La Ley de Pesca (1992, enmendada en 2001) y el Reglamento de la Ley de Pesca (1999, enmendado en 2004) son los principales documentos legislativos que gobiernan la conservación, preservación, explotación y manejo de toda la flora y fauna acuática en México. También existen diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) que facilitan la implementación de la Ley de Pesca, señalando los requisitos para la realización de las actividades de las pesquerías y la acuicultura. Las NOMs son medidas y estándares específicos requeridos por ley, las cuales son propuestas por las diversas secretarías administrativas en sus correspondientes áreas de jurisdicción y emitidas por el Ejecutivo Federal (SEMARNAT, 2010).

2.4.2 Dependencias oficiales

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) está a cargo de administrar la legislación de las pesquerías y la acuicultura desde el año 2001. Esto incluye la designación de áreas aptas para acuicultura, la reglamentación de la introducción de especies y la promoción del desarrollo de la acuicultura (SAGARPA, 2010). La SAGARPA consta de numerosas oficinas y entidades administrativas en todo el territorio nacional.

La Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), secretaría administrativa de la SAGARPA, se creó en 2001 y es responsable del manejo, coordinación y desarrollo de políticas referentes al uso y explotación sostenible de las pesquerías y los recursos

acuáticos. La Comisión tiene el apoyo del Instituto Nacional de Pesca (INP), que también es una entidad administrativa de la SAGARPA, que realiza investigaciones científicas y tecnológicas y da asesoría sobre la preservación, repoblación, promoción, cultivo y desarrollo de especies acuáticas (SEMARNAT, 2005).

2.4.3 Concesión de aguas nacionales para el uso acuícola

El establecimiento de una instalación de acuicultura, entre ellas las trutícolas, en cuerpos de agua federales está manejado y controlado por un sistema de concesiones, permisos y autorizaciones, dependiendo del tipo de acuicultura, el cual es manejado por la CONAPESCA. De acuerdo con la Ley de Pesca, cuando se otorgan concesiones y autorizaciones, se deben tomar en cuenta los intereses públicos, la disponibilidad y la conservación de los recursos. Además, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA) señala que la protección de los ecosistemas acuáticos y su balance ecológico deben ser tomados en cuenta cuando se otorgan concesiones para actividades de acuicultura (LGEEPA, 2010).

El Artículo 27 de la Constitución establece la propiedad inalienable del gobierno mexicano sobre tierras, aguas y recursos naturales que constituyen propiedad pública federal. Estos incluyen la zona marítima federal (zona costera), ríos, cursos de agua, lagos y lagunas (SAGARPA, 2010). La Ley General de Bienes Nacionales (1982) establece un régimen general para el otorgamiento de derechos de uso de la tierra en tierras públicas. El disfrute del público general y la realización de operaciones temporales específicamente permitidas, deben ser autorizados. Los titulares de concesiones y permisos a quienes se les ha otorgado derechos para usar terrenos litorales federales están registrados en un registro nacional (SEMARNAT, 2005).

La Ley de Aguas Nacionales (1992) establece un régimen legal detallado para la planificación, desarrollo y manejo de los recursos de aguas superficiales y subterráneas. La Ley es administrada por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la cual es una entidad autónoma que cae bajo la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

(SEMARNAT), que es la autoridad responsable para todos los asuntos ambientales bajo jurisdicción federal. La Ley (1992) especifica el cultivo de peces como una actividad productiva para la cual se pueden usar los recursos hídricos una vez que se haya obtenido una concesión de la CNA. De acuerdo con lo estipulado en esta Ley, las concesiones de agua no son necesarias para operaciones de cultivo que usan sistemas flotantes. Asimismo, se dispone de un Registro Público de Derechos de Agua, mantenido por la CNA, el cual contiene una descripción de todas las concesiones de agua otorgadas. La Ley estipula que la CNA, en cooperación con la SAGARPA, debe facilitar el desarrollo de cultivos y el otorgamiento de las concesiones de agua necesarias; también debiera apoyar, a solicitud de las partes interesadas, el uso de la infraestructura federal de aguas para cultivos a condición de que sea compatible con otros usos, siempre que los cursos de agua no sean desviados y siempre que no sean afectados la calidad del agua, la navegación, otros usos permisibles y los derechos de terceros. La Ley es implementada por el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (1994, enmendado en 1997).

“La acuicultura comercial, realizada con el fin de obtener beneficios económicos, requiere una concesión, la cual puede ser otorgada a nacionales mexicanos o extranjeros, o a entidades mexicanas” (Reglamento de la Ley de Pesca, Título tercero, Capítulo II). La Concesión puede ser otorgada por un período máximo de 50 años. La solicitud para una concesión debe contener un estudio técnico y económico, el cual debe proveer información con respecto a:

- Indicadores técnico-biológicos.
- Aspectos biológicos de la especie que se va a cultivar.
- Ubicación, incluyendo las coordenadas geográficas del área de producción.
- Criterios de selección del sitio.
- Requerimientos y programas con respecto al suministro de organismos acuáticos.
- Descripción de las tecnologías que se usarán en cada fase del cultivo, excepto para cosecha.
- Medidas de salud y técnicas de operación.
- Distribución y descripción de la infraestructura.
- Cantidad y distribución de la inversión.

- Análisis financiero del proyecto.
- Empleos que se van a generar.
- Además, la solicitud debe ir acompañada por una evaluación de impacto ambiental, informe preventivo o autorización, obtenida de la autoridad competente.

El titular de una concesión tiene las siguientes obligaciones:

- Cultivar exclusivamente las especies o grupo de especies autorizadas en las áreas establecidas en la concesión.
- Presentar durante los primeros dos meses del año el estatus de la situación técnica y económica de los objetivos del proyecto de la concesión.
- Presentar información sobre cosecha y datos de producción.
- Presentar información sobre la cosecha y producción dentro de 72 horas de realizadas; el informe debe ser completado y firmado inmediatamente después de la cosecha y producción.
- Cumplir con las condiciones técnicas y económicas para la explotación de las especies, grupo de especies o áreas establecidas en la concesión.
- Ayudar en la preservación del ambiente y de la conservación y la reproducción de especies, incluyendo los programas de repoblación.
- Informar a las autoridades competentes sobre resultados, hallazgos, investigaciones, estudios y nuevos proyectos en relación con acuicultura, dentro de los términos legales aplicables y tomando en cuenta los derechos de propiedad intelectual, si los hay; la SAGARPA tiene el deber de tratar esta información como confidencial.
- Cumplir con las normas y medidas de salud acuática.
- Mantener en buenas condiciones los establecimientos con base en tierra y los equipos de cultivo permanentes o temporales en los cuerpos de agua y remover tales establecimientos y equipos cuando lo solicite la autoridad competente.
- Permitir y facilitar que el personal de la SAGARPA lleve a cabo inspecciones.
- Admitir observadores designados por la SAGARPA para recolectar información científica o tecnológica.
- Colaborar con la SAGARPA en sus programas acuáticos.

- Mantener un registro que contenga los ingresos y salidas de organismos acuáticos, medidas de prevención y control, así como información sobre enfermedades.

(SAGARPA, 2011).

La LGEEPA determina las obras y actividades que requieren autorización previa sobre impacto ambiental de la SEMARNAT. Las actividades se definen en detalle en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (2000). Tales actividades incluyen la construcción y operación de granjas/cultivos, estanques y parques de producción acuática, la producción de post-larvas y semilla, la incubación/crianza de especies exóticas, variaciones híbridas y transgénicas y la construcción de arrecifes artificiales (SEMARNAT, 2005).

2.4.4 Residuos

El marco legal que gobierna la contaminación del agua se dispone en dos leyes. La LGEEPA establece disposiciones generales referentes a la prevención y control de la contaminación del agua que se aplican en general a todos los ecosistemas acuáticos. La Ley de Aguas Nacionales estipula un régimen legal detallado que apoya estas disposiciones. Además, se han emitido NOMs que establecen los estándares de calidad del agua y de las descargas de aguas residuales, los procedimientos de muestreo y monitoreo y otros requisitos. La NOM-001-SEMARNAT-1996 (actualizada en 1997) establece los límites máximos de contaminantes para las descargas de aguas residuales en aguas nacionales (SEMARNAT, 2005).

Los individuos y las entidades legales, incluyendo las instalaciones de acuicultura, deben obtener un permiso de descarga de la CNA para cualquier descarga continua, intermitente o imprevista de aguas residuales en cuerpos de agua receptores. Además de los estándares contenidos en las NOMs correspondientes, la CNA puede promulgar estándares de descarga específicos. Al hacerlo, la CNA precisa tomar en consideración las NOMs pertinentes, su propio sistema de clasificación de aguas, los derechos de terceros para desarrollar o usar los

cuerpos de agua receptores, las restricciones impuestas bajo el Plan Nacional de Aguas y otros intereses públicos o asuntos relacionados con la salud en general (LGEEPA, 2006).

2.4.5 Sanidad e inocuidad

El control de enfermedades está regulado por la Ley Federal de Sanidad Animal (1993), la cual es aplicable a los animales acuáticos y la Ley de Pesca, en particular su Reglamento que la implementa, el cual contiene disposiciones detalladas sobre salud acuática (Reglamento de la Ley de Pesca, Título tercero, Capítulo VI). El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), siendo un órgano federal bajo la SAGARPA, tiene poder para:

- Emitir directamente, o a través de laboratorios acreditados, certificados de salud para organismos acuáticos vivos y establecimientos acuáticos.
- Establecer, en cooperación con las autoridades correspondientes, las drogas/medicamentos, alimentos, hormonas y otros ingredientes que pueden ser usados en acuicultura.
- Prohibir la introducción de especies acuáticas vivas por razones sanitarias.
- Solicitar la inclusión de un certificado de salud cuando los organismos acuáticos vivos cultivados en pisciculturas en el territorio nacional son movidos desde una granja a otra, introducidos en otro cuerpo de agua bajo jurisdicción federal o destinados para exportación. El Reglamento establece en detalle los requisitos y los procedimientos a seguir para el otorgamiento de los certificados de salud.

(SAGARPA, 2010).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL MEDIANTE EL USO DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y TECNOLOGÍA GEOESPACIAL

3.1 Marco teórico metodológico

3.1.1 Estudio de cuencas hidrográficas

Uno de los conceptos de mayor relevancia en la realización de este trabajo y para la exposición de sus resultados, es el de cuenca hidrográfica. Las cuencas son complejos sistemas ambientales en los que se desarrollan procesos geomorfológicos, hidrológicos, climáticos y ecológicos, que son impactados por las actividades humanas como la urbanización y las actividades económicas como la agricultura, la ganadería, la minería y la explotación forestal (INE, 2010). Una cuenca hidrográfica en su acepción más simple, se conoce como la extensión o porción de terreno drenada por un río (Barrow, 1998). La cuenca es una unidad natural hidrológica y geofísica, con límites definidos que facilitan la planificación y el aprovechamiento de sus recursos (Bocco *et al.*, 2001). Los límites de la cuenca dependen de su topografía y están determinados por la línea divisoria de aguas. Asimismo, las cuencas hidrográficas facilitan la percepción del efecto negativo de las acciones del hombre sobre su entorno, evidenciándolas en la contaminación y en la calidad del agua evacuada por la cuenca, quedando claro, por cierto, que el agua es el recurso integrador y el producto resultante de la cuenca (Bocco *et al.*, 1999).

Las cuencas también han sido utilizadas como la unidad de planeación y manejo de los recursos naturales, principalmente el agua (SEMARNAT, 2010). El manejo de cuencas es “el proceso de formular y aplicar en una cuenca hidrográfica un conjunto integrado de acciones tendientes a orientar su sistema social, económico y natural para lograr unos objetivos específicos” (Hufschmidt, 1986). El desarrollo económico y social depende en gran medida de los sistemas productivos basados en la apropiación de los recursos y servicios que ofrecen los sistemas naturales, frecuentemente, ello ocasiona un deterioro progresivo de los recursos naturales de una cuenca (Casillas, 2004). Por esta razón, se considera que las cuencas constituyen un marco apropiado para el análisis de los procesos ambientales

generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos suelo, agua y vegetación. Sin embargo, para llevar a cabo estos estudios se requiere que la investigación se realice utilizando herramientas integradoras de conceptos (Cotler y Priego, 2004). Por lo tanto, la evaluación ambiental es una herramienta para definir opciones basándose en una determinada serie de criterios básicos (Gándara, 2004; Müller, 2005). Un estudio de este tipo es importante para conocer de forma periódica los efectos que tienen las actividades humanas sobre el medio y, así, tener conciencia de los procesos ecológicos y ambientales que se ven afectados.

Para su estudio, planificación y manejo, las cuencas hidrográficas comúnmente son subdivididas en unidades de orden, dimensiones y complejidad empleando insumos como la cartografía topográfica, imágenes satelitales y modelos digitales de elevación. Frecuentemente, esta subdivisión se realiza bajo un esquema espacial anidado o jerárquico, con el objeto de focalizar esfuerzos y encauzar recursos hacia áreas “clave” de la cuenca. Las unidades más utilizadas para subdividir o segmentar a una cuenca bajo este tipo de esquemas son las sub-cuencas y micro-cuencas (Wolker *et al.*, 2006; Villanueva, 2002). Los niveles de subdivisión dependerán de la escala geográfica de análisis, de los datos con que se cuente, de la extensión superficial de la cuenca e, inclusive, de la cantidad de actores involucrados (Davenport, 2003).

Para planear el manejo integral de una cuenca deben crearse los espacios propios para esta necesidad, de tal manera que la gestión integral del recurso hídrico en la cuenca se planea con la intervención de todos los sectores y actores que se vinculan con el agua y que necesitan no sólo plantear sus necesidades, sino también, actuar en función de los límites que el recurso hídrico exige para su aprovechamiento y conservación. (Carabias y Landa, 2005).

En la Ley de Aguas Nacionales (LAN, en DOF, 2004) se reconoce la cuenca hidrográfica como la unidad espacial natural idónea para la gestión del agua. Sin embargo, aunque la LAN brinda una orientación para abordar el tema del agua como un recurso integral, las instituciones gubernamentales siguen actuando de manera desarticulada, y al mismo tiempo

muchas cuencas se encuentran en territorios pertenecientes a diferentes entidades federativas, perdiendo así la visión integral del espacio natural de la cuenca.

Una manera útil para proponer soluciones a estos problemas es el manejo de microcuencas como unidades de intervención, el cual permite buscar acuerdos entre actores locales y fácilmente adaptarlos a las unidades de gestión municipal (SEMARNAT, 2005).

De acuerdo con estudios relacionados con el manejo de cuencas, en México se vive actualmente un deterioro ambiental de consideración en ecosistemas forestales, la pérdida de suelo por la degradación y la erosión del mismo, es el resultado de la eliminación de la cubierta vegetal por deforestación y por prácticas productivas deficientes o atrasadas (López, 2011).

El estudio cuencas y microcuencas en temas acuícolas, es de elemental consideración, ya que la disponibilidad y calidad del agua en dichas actividades juega un papel esencial. En la truticultura, el agua toma particular atención debido a las exigencias biológicas de los organismos cultivados. Los productores de truchas han logrado reflexionar al respecto y en muchos casos son buenos conservacionistas. En particular, en la zona de estudio, este fenómeno de conciencia entre los productores de truchas es resaltante, ya que en muchos casos, quienes se dedican a la truticultura son familias que décadas antes tenían sustento en la explotación forestal sin ninguna restricción.

La elección y delimitación de la microcuenca, realizada para este trabajo, se sustenta en los conceptos mencionados anteriormente, buscando, al mismo tiempo, adecuarse a los métodos de trabajo utilizados en el proyecto PAPIIT IN 303010 "Pago por servicios ambientales y multifuncionalidad en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca" del Dr. José López García del Instituto de Geografía UNAM, del cual forma parte esta investigación. El objetivo principal del enfoque de cuenca en este trabajo, es la integración de los elementos espaciales relevantes en la producción de truchas, tomando como punto de partida para el análisis la localización de las granjas trutícolas.

Para asegurar la continuidad de las actividades económicas, entre ellas las acuícolas, en la zona de estudio, es necesario tomar en cuenta cada aspecto relacionado con el ordenamiento y manejo de la cuenca. Como un ejemplo de particular importancia en este estudio, es posible mencionar que las condiciones en las que el bosque se encuentre, estarán directamente relacionadas con las condiciones de otros elementos geográficos, entre los más importantes, el agua dentro del sistema o unidad de estudio. De tal suerte, la intensidad de las actividades que se realicen debe procurar la equilibrada recuperación de los recursos y la prevalencia de las condiciones naturales existentes.

3.1.2 Percepción Remota y fotointerpretación

Una de las formas de entender el espacio geográfico es mediante el uso de tecnologías que permitan la extracción de información concreta que pueda ser apreciada a la distancia para su posterior ordenamiento y procesamiento. Los estudios de la superficie de la Tierra que utilizan técnicas de percepción remota suponen el registro de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre mediante sensores a larga distancia (Schowengerdt, 2007). Entre los sensores más comunes se encuentran las cámaras fotográficas, las cámaras de video y los satélites especializados. Su objetivo de estudio es obtener información cualitativa y cuantitativa de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre (Franklin, 2001). Las fotografías aéreas, las imágenes de satélite y las imágenes de radar son algunos ejemplos de información obtenida a partir de la percepción remota.

Las fotografías aéreas convencionales, tomadas por las cámaras fotogramétricas, siguen siendo muy útiles en la preparación de mapas básicos y temáticos de escalas mayores de 1:50.000. Ellas han venido siendo sustituidas por las imágenes satelitales a partir del momento en que la tecnología fotográfica y de imágenes satelitales, desarrollada con fines militares en las décadas 60, 70 y 80, fue puesta al servicio de los fines civiles, y por las imágenes de sensores óptico-electrónicos montados en satélites, a medida que éstos han aumentado el poder de resolución. Pero, por muchos años, las fotografías aéreas seguirán brindando sus beneficios, sobre todo para los mapas básicos y temáticos de nivel detallado y

superdetallado. Las fotografías aéreas tomadas con cámaras profesionales y aún las familiares, de 35 y 70 mm de formato, a través de lo que se conoce como sistemas aerofotográficos de pequeño formato, también continuarán siendo útiles en la evaluación de los recursos ambientales y forestales, sobre todo de áreas de poca extensión (menores de 20.000 ha) (Pernía, et al., 1994; Pernía, 1997).

El destacado avance tecnológico alcanzado en las dos últimas décadas en los sistemas de percepción remota, los sistemas de posicionamiento global (GPS), los sistemas de extracción y análisis de información geoespacial y las capacidades de las computadoras personales, estaciones de trabajo y periféricos gráficos sugiere el compromiso de nuevas y mejores formas de producción cartográfica. El sector forestal puede sacar mucho provecho de estas oportunidades, en beneficio del manejo sustentable de los bosques naturales y plantados (E. Pernía, O. Jurgenson y J. López, 1999). Por esto, se presenta la necesidad de generar la mayor cantidad de información sobre las condiciones del bosque, con el fin de formular tratamientos, establecer políticas, y en general brindar una visión sobre el futuro de las condiciones y salud forestal. El objetivo de la percepción remota es, entonces, satisfacer la mayor cantidad de estas necesidades multidimensionales de información como sea posible (Franklin, 2001).

En tanto que las tecnologías de percepción remota proveen la información para las necesidades de la gestión forestal, ésta debe permanecer en equilibrio costo-beneficio con tecnología de fácil comprensión. Estos son, seguramente, los dos principales motivos por los que la fotografía aérea sigue siendo el método más común de percepción remota en la gestión forestal; con relación al contenido de información, esto resulta económico y de fácil manejo (Pitt *et al.*, 1997; Caylor, 2000).

La interpretación de fotografías aéreas es considerada como un componente importante de la educación forestal, formando parte del entrenamiento en percepción remota y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Sader y Vermillion, 2000). La interpretación visual de las fotografías aéreas depende de la habilidad del analista para identificar características y áreas de interés. Ésta interpretación depende de la evaluación deductiva e inductiva de los

patrones presentes en la fotografía aérea. La aproximación fotomórfica es la base de los inventarios forestales y de uso de suelo, donde el analista identifica objetos o áreas, delimitándolos por su tono, textura, patrón, tamaño, sombra, forma o asociaciones (Lillesand y Kiefer, 1994).

Para poder interpretar las imágenes generadas por medio de la percepción remota es necesario darles un tratamiento previo, que consiste en la corrección, eliminando la distorsión propia del proceso de toma (adquisición) y recepción de la imagen, así como ajustarlas al relieve del terreno en particular, por medio de la ortocorrección, para las fotografías aéreas y la georreferenciación para las imágenes de satélite, en donde se ubica el área de estudio en relación con sus coordenadas geográficas.

La fotografía aérea es el resultado generado por percepción remota más difundido y utilizado. Este producto, aún con la disminución de la resolución espacial en las imágenes de satélite, seguirá siendo utilizado en el futuro por la amplia difusión de las técnicas con que se analizan las fotos y la existencia de un mayor grupo de intérpretes especializados en ese trabajo y el menor costo relativo en comparación con las imágenes producidas por sensores en satélites (Rosete y Bocco, 2012).

En la presente investigación se han utilizado estas técnicas; destaca la fotointerpretación, ya que por medio de ésta fue que se identificaron las características y condiciones en las que se encuentra el espacio a analizar. Las fotografías aéreas digitales de 2003, 2009 y 2010 que se usaron en este trabajo, fueron proporcionadas por la World Wildlife Fund (WWF), dentro del proyecto PAPIIT IN 303010 "Pago por servicios ambientales y multifuncionalidad en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca"; gracias a esto, existe la posibilidad de comparar diversas características en diferentes periodos de tiempo y, así, poder determinar cambios.

3.1.3 Uso de Sistemas de Información Geográfica

Para el manejo sistemático y automatizado de los datos resultantes de la fotointerpretación, así como para el análisis de los mismos, se han creado y con el paso del tiempo mejorado tecnologías conocidas como SIGs. El término SIG procede del acrónimo de Sistema de

Información Geográfica (en inglés GIS, Geographic Information System). Técnicamente, se puede definir un SIG como una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos programados adecuadamente que permiten manejar una serie de datos espaciales y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico o personas capacitada, para un grupo particular de propósitos (Burrough, 1986). Bocco *et al.* (1991) definen a un SIG como un conjunto de programas y equipo de computación que permite el acopio, manipulación y transformación de datos espaciales (mapas, imágenes de satélite) y no espaciales (atributos) provenientes de varias fuentes, distintas temporal y espacialmente. Para la generación de datos actualizados sobre terrenos específicos se recurre habitualmente a la utilización de técnicas de percepción remota, apoyadas con levantamientos y verificaciones en campo. Ambas técnicas pueden emplearse tanto en el ámbito regional como en el local, por lo que es de gran utilidad su empleo en el establecimiento de planes integrales de manejo de recursos naturales en el ámbito de la comunidad.

El objetivo central de un SIG es generar información válida para la toma de decisiones. En este sentido, los tomadores de decisiones y los generadores de información deben ser una parte integrante del SIG; de lo contrario, el sistema no cumple con su cometido principal. También sirven para interrogar a las bases de datos sobre la existencia de ciertos fenómenos (qué sucede, en dónde y cuándo), permitir la interacción en forma flexible entre el sistema y el intérprete, incrementar el conocimiento sobre el fenómeno estudiado e implementar modelos sobre su comportamiento (Rosete y Bocco, 2012).

Las principales ventajas de un SIG, en relación con otros sistemas no digitales, son: la gran capacidad de almacenamiento de datos, el hecho de que estos se almacenen y presenten en forma separada y el que se puedan presentar múltiples niveles de datos. Además, ofrecen una gran capacidad de manejo de información, lo que permite editarla y actualizarla de forma rápida y eficiente, proporcionan velocidad en la operación del sistema, importante capacidad para establecer una relación coherente entre datos espaciales y sus atributos así como para manipularlos simultáneamente y una amplia capacidad de análisis y de implementación de modelos que representen la realidad (Rosete y Bocco, 2012).

Es importante mencionar que estas tecnologías sirven de soporte a la presente investigación debido a que mediante su uso fue llevado a cabo el manejo conjunto de datos e, igualmente, posibilitaron la generación de nueva información a partir del análisis de elementos espaciales específicos, lo que es, finalmente, un aspecto medular en la tesis. Asimismo, el uso de esta paquetería ha servido para la elaboración de la cartografía del trabajo.

3.2 Materiales

Para llevar a cabo la presente investigación, fueron seleccionadas las fotografías que cubrían el área de análisis elegida, mismas que fueron georreferenciadas con el paquete ArcGIS (ESRI™), usando como referencia horizontal la ortofoto del INEGI correspondiente. Primeramente, se consiguieron fotografías aéreas pancromáticas de la zona tomadas en el año 1971, impresas por el INEGI a escala 1:50000, teniendo como finalidad contar con un antecedente histórico-espacial de la zona que sirviera para comparar dichas fotografías con imágenes más recientes, como son las fotografías de los años 2003, 2009 y 2010 escala 1:10000, obtenidas por el Instituto de Geografía de la UNAM, para el Fondo Mundial para la Conservación y la Vida Silvestre, y que sirvieron para el análisis de coberturas.

Las ortofotos son material publicado por el INEGI, dependencia federal a la cual corresponde establecer los parámetros cartográficos del país; en este caso, se trata de imágenes procesadas para representar lo más realmente posible el territorio. De esta forma, dichas imágenes servirán como referencia cartográfica de la investigación, utilizándose como apoyo para asignarle una referencia espacial (georreferencia), de acuerdo a un sistema de coordenadas geográficas, al resto de las imágenes y fotografías aéreas que carezcan de dicha referencia.

La generación, captura y manipulación de la información que se obtuvo de dichas imágenes se realizó en el Sistema de Información Geográfica ArcMap versión 9.3 de ESRI. Por último, para la construcción de los mosaicos de fotografías aéreas del 2009 y 2010, fue necesario manejar los programas IMAGINE y Leica Photogrammetry Suite 9.2 de ERDAS.

3.3 Métodos para determinar el estado de conservación

3.3.1 Selección y delimitación de la microcuenca

En este caso, la delimitación del área de estudio se determinó con base en criterios bien definidos. El primer criterio considerado fue la localización del corredor de granjas trutícolas con mayor relevancia en el municipio de Ocampo, dentro de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, debido a la cantidad de productores establecidos. Subsecuentemente, se consideraron aspectos relacionados con la problemática que estos productores han experimentado debido a los deslizamientos de suelo rocas y otros materiales durante los primeros días de febrero del 2010, considerado oficialmente como desastre natural.

El siguiente aspecto que se tomó en cuenta fue el relacionado propiamente con las características del terreno, es decir, el relieve que determina los límites de la microcuenca.

Figura 3.1 Fotogrametría básica.



Esto se realizó primeramente mediante el uso de técnicas fotogramétricas básicas, delimitando y marcando sobre las fotografías aéreas, previamente preparadas con acetatos, los límites y parteaguas de la microcuenca (Figura 3.1).

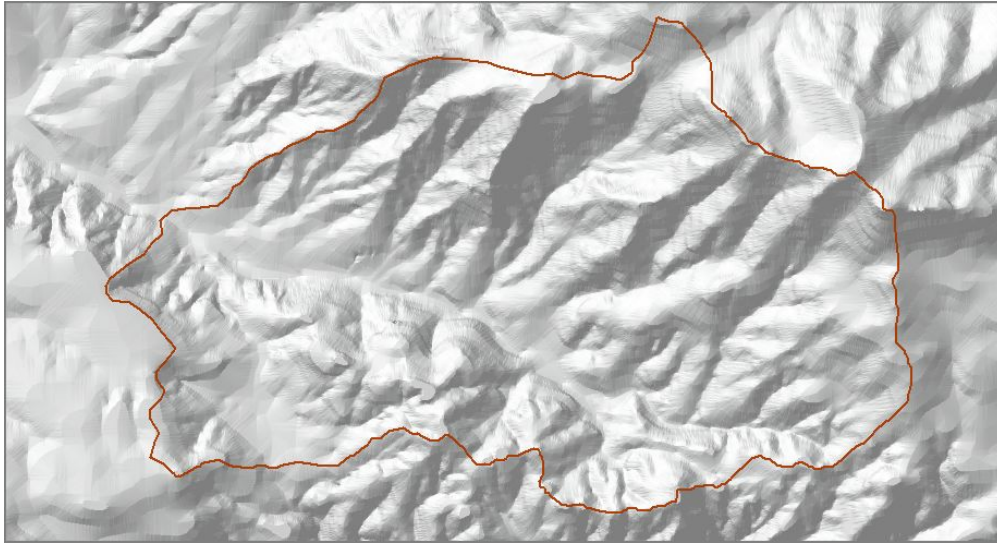
Posteriormente, se

Fuente: trabajo en gabinete IGg UNAM 2011.

procedió a la digitización, mediante el programa ArcGis 9.3, de los trazos que definieran el área de interés; con ello se construyó el límite de la microcuenca del río La Hacienda, la primera capa de tipo polígono que serviría como base para posteriores análisis y obtención resultados. Es importante mencionar que estos criterios se empataron con los sugeridos por el SIG ArcMap 9.3 de ESRI para la delimitación de cuencas y microcuencas, el programa

funciona con la capa de curvas de nivel, que fue cargada para la elaboración del modelo digital de elevación (MDE) y la posterior simulación de cuencas (Figura 3.2).

Figura 3.2 Modelo digital de elevación (MDE).



Fuente: Elaboración propia a partir de curvas de nivel de INEGI 2000.

Sin embargo, en el análisis realizado se tomaron en cuenta superficies que se localizan fuera de la microcuenca, esto con la finalidad de determinar un área de influencia y darle continuidad a diversos aspectos considerados de importancia en este trabajo.

3.3.2 Identificación y verificación de las características del drenaje

De forma paralela a la delimitación del área de estudio, se realizó el trazo sobre las fotografías aéreas del cauce principal del río. Asimismo, se identificaron los escurrimientos secundarios y algunos escurrimientos temporales identificados por el relieve del lugar; esta información se verificó y se comparó con la de las cartas topográficas del INEGI. La información fue digitizada con la previa construcción del MDE, elemento relevante en la investigación debido a que el corredor de granjas trutícolas se localiza alineado al cauce principal y, de igual forma, los flujos de lodo que afectaron a la población y a los productores surgen del cauce de una de las cañadas más importantes que alimentan al río principal.

Complementariamente, se realizó un estimado del volumen de agua que llega al inicio del corredor trutícola, la cantidad de agua con la que las granjas contaban para realizar su actividad; este cálculo se realizó durante los primeros días del mes de octubre de 2011 y tuvo

como principal propósito el conocer la cantidad de agua de la que dispone esta actividad económica. Para obtener este dato, se canalizó hacia una granja, con estanques vacíos, el total del agua que escurre en el cauce principal al inicio del corredor trutícola, es decir, en la parte alta de la microcuenca; posteriormente, se tomó el tiempo que tardo el llenado de dichos estanques (Cuadro 3.1).

Figura 3.3 Medición de volumen de estanques.



Fuente: trabajo de campo 2011.

Las dimensiones de los estanques y el tiempo en que esto se llevo a cabo permitieron conocer el estimado del volumen de agua que corre por el cause principal (Figura 3.3).

Cuadro 3.1 volumen del cause principal.

Tiempo de llenado	Dimensiones	Volumen m ³	Total
20 minutos	15.5 largo 2.5 ancho 1.3 profundo	43.1 X 3 estanques	6.4 m ³ / minuto

Fuente: Trabajo de campo 2011.

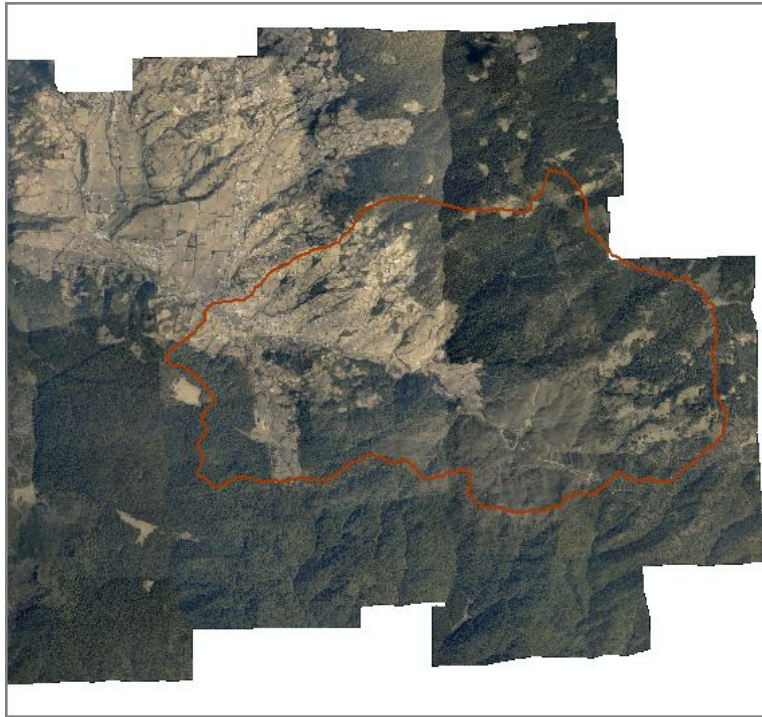
3.3.3 Elaboración de mosaicos ortocorregidos

Utilizando el material fotográfico correspondiente a los planes de vuelo 2003, 2009 y 2010 dentro del proyecto PAPIIT IN 303010 "Pago por servicios ambientales y multifuncionalidad en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca", realizado en Marzo del 2009 y Marzo del

2010, y una vez delimitada el área de estudio, se inició la elaboración de dos mosaicos fotográficos, los cuales tuvieron como principal objetivo el servir de base para la generación de nuevas capas de información que contienen porciones de la superficie o polígonos con diversas características, como el uso de suelo y las diferentes clases de densidad forestal; esta información proveería material para obtener resultados y realizar la cartografía final de la investigación.

Los mosaicos fueron realizados en el programa Leica Photogrammetry Suite 9.2 ERDAS. La construcción de este tipo de mosaicos requiere de tiempo y dedicación considerable, debido a que estas técnicas exigen, primeramente, una capacitación especializada, así como paciencia y habilidad por parte de quien lo elabora. Cada fotografía aérea debe tener puntos de control y de amarre, tomando como base alrededor de 30 por foto entre los dos tipos de punto. Se tomaron como referencia las ortofotos de 1994 del INEGI. Al seguir este procedimiento, se garantiza la precisión del análisis espacial y el diagnóstico ambiental que se realicen mediante el uso de mosaicos fotográficos. Es preciso mencionar que el margen de error medio cuadrático calculado para el mosaico 2010 es de once metros, mientras que para el de 2009 es de doce metros; este margen es relativamente bajo, ya que el mínimo que se puede lograr es de seis metros. Las fotografías usadas con estos propósitos son de alta resolución y cada pixel representa 54 centímetros en el terreno, en el caso del mosaico del año 2010; y 62 centímetros del terreno, en el mosaico de 2009; los valores mencionados pueden variar debido a la elevación del terreno, esto cambia con la cercanía del avión que captura las fotografías y, finalmente, resulta en áreas de la imagen con mejor calidad que otras, ejemplo de ello son las cabeceras de cuenca, por localizarse en puntos altos. Las características de estos mosaicos brindan los insumos para realizar cartografía y análisis espacial detallado, y dan al trabajo un soporte científico consistente (Figura 3.4 y 3.5).

Figura 3.4 Mosaico aereofotográfico 2009



Fuente: Elaboración propia en base fotografías aéreas de WWF-IGg UNAM.

Figura 3.5 Mosaico aereofotográfico 2010



Fuente: Elaboración propia en base fotografías aéreas de WWF-IGg UNAM.

3.3.4 Uso de suelo

La determinación del uso de suelo actual es uno de los objetivos principales en cuanto al análisis de las condiciones ambientales de la microcuenca, este aspecto fue tomado en cuenta para la evaluación ambiental, dado que el deterioro en las condiciones ambientales es resultado de las actividades que se llevan a cabo en el territorio y la extensión o expansión que ésta experimente.

Para determinar el uso de suelo se realizaron polígonos sobre las imágenes de forma automatizada, en el SIG; esto permitió organizar de forma adecuada los diversos usos que la población da a su territorio. De tal suerte, se lograron identificar los usos más representativos, como son: el espacio destinado a la agricultura y el espacio que ocupan las comunidades forestales o vegetación. El uso de superficies para fines habitacionales, por tratarse de asentamientos rurales, es muy disperso; sin embargo, se pueden identificar corredores con este uso, asociado al camino principal con el que cuenta la comunidad. También fue posible identificar del espacio destinado a la producción trutícola, elemento de relevancia en esta investigación, y, de esta forma, se logró calcular la superficie aproximada que los productores destinan a sus estanques de engorda. Dicha información fue corroborada con trabajo de campo y se obtuvieron datos precisos que se mencionarán más adelante en este trabajo. Finalmente, se cuantificó la superficie asignada a los principales usos no forestales, como el agrícola, los asentamientos humanos, el destinado a la producción de truchas y el de vías de comunicación. El resultado de esto, servirá para comparar las condiciones en los diferentes años y enmarcar los cambios en la superficie y los usos que le da la población a su territorio.

3.3.5 Determinación de clases de densidad de cobertura forestal

La finalidad de la determinación de cobertura forestal en el área de estudio es conocer el nivel de perturbación de las condiciones del bosque durante el periodo comprendido entre los años 1971 y 2010. Para ello, se utilizó la clasificación modificada López-García, J. (2011), la

cual se apoya en datos de la FAO, donde menos del 10% de cobertura forestal dentro de polígonos establecidos se determina como área deforestada. La tabla siguiente muestra la clasificación final con la que se trabajó en el análisis de coberturas forestales (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Tipos de coberturas forestales.

Clave	Categoría	Porcentaje de Cobertura forestal.
1	Cerrada	> 75%
2	Semicerrada	51 - 75 %
3	Semiabierta	26 - 50 %
4	Abierta	11 - 25 %
5	Deforestada	< 10 %
6	Pastizal	N/A
7	Agrícola e infraestructura	N/A
8	Superficie afectada por flujo	N/A

Elaboración propia a partir de: López, 2011.

Los polígonos correspondientes a cada categoría fueron trazados sobre los mosaicos construidos anteriormente, donde las características identificadas sobre la superficie en relación a la presencia de cobertura vegetal y la apreciación de tono y textura servirían para la determinación de los tipos de cobertura. Al mismo tiempo, se fueron calculando los atributos espaciales, como superficie y perímetro, de cada polígono y, de esta forma, hacer una sumatoria de cada categoría. Algunos de los polígonos resultantes se muestran a continuación como ilustración de la tabla anterior.

Los polígonos con estas características se encuentran dispersos y son de fácil identificación, ya que tienen tonos y texturas bien definidos. La zona de estudio ha tenido una fragmentación importante de este tipo de superficies en un periodo de tiempo relativamente corto (Figura 3.6).

Figura 3.6 Polígono con cobertura forestal “Cerrada”.



Cerrada: Más del 75% de cobertura forestal dentro del área delimitada

La identificación de estas superficies deriva de la división del terreno entre tipos de coberturas opuestas. La cobertura semicerrada es especialmente difícil de identificar debido a su cercanía con las coberturas cerradas y semiabiertas (Figura 3.7).

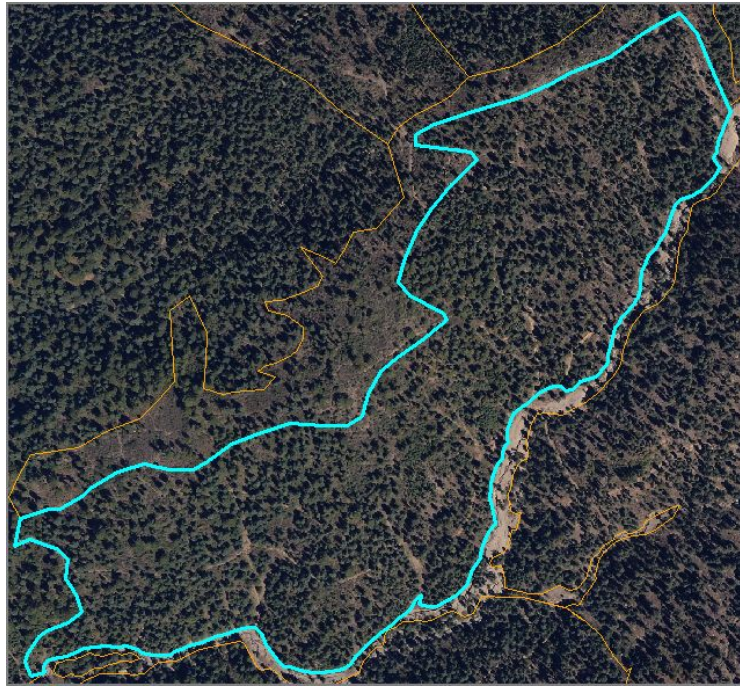
Figura 3.7 Polígono con cobertura forestal “Semicerrada”.



Semicerrada: del 51- 75% de cobertura forestal.

Este tipo de coberturas se localizan, en particular, dentro de la microcuenca, en cañadas o valles fluviales debido a que son los lugares con mayor explotación forestal. Se encuentran dispersas y el número de polígonos con esta característica aumenta en función del año más actual en el análisis realizado (Figura 3.8).

Figura 3.8 Polígono con cobertura forestal “Semiabierta”.



Semiabierto: del 26–50% de cobertura forestal.

Son superficies que son fáciles de identificar, históricamente asociadas a pastizales subalpinos, y recientemente a zonas deforestadas, la identificación de estos polígonos se logra por la detección de espacios extensos con poca densidad de vegetación arbórea sin embargo es necesario saber distinguir entre la vegetación secundaria y las comunidades forestales como oyame, pino o encino (Figura 3.9).

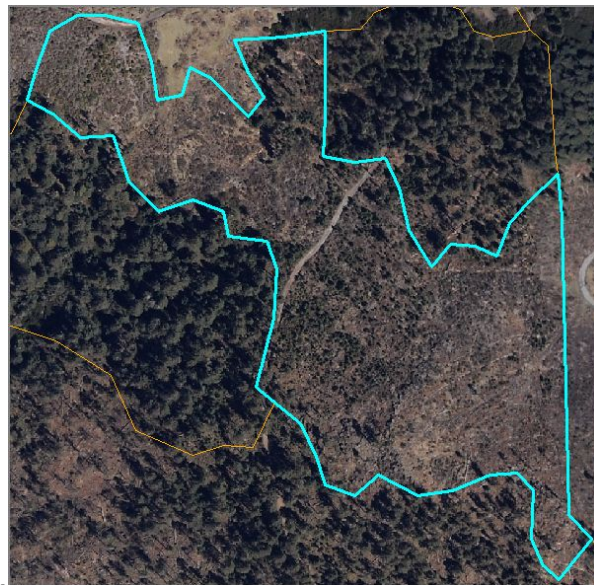
Figura 3.9 Polígono con cobertura forestal “Abierta”.



Abierta: del 11-25% de cobertura forestal.

Este tipo de polígonos es relativamente sencillo de trazar e identificar, ya que se trata de un extremo en las clases establecidas para esta investigación. Sin embargo, no toda superficie en ausencia de cobertura vegetal son deforestadas, algunos tipos de superficie con las que se puede confundir pertenecen a pastizales, llanos y, la mayoría de las veces, a zonas agrícolas (Figura 3.10).

Figura 3.10 Polígono con cobertura forestal “Deforestada”.



Deforestada: Menos del 10% de superficie con cobertura forestal.

En este tipo de polígonos se han integrado los usos diversos que la población le da a su territorio, como viviendas, calles, actividades productivas como la agricultura, y servicios. Aunque su identificación es relativamente sencilla, debe tenerse cuidado en no confundir con pastizales y llanos (Figura 3.11).

Figura 3.11 Polígono con uso de suelo no forestal “Agrícola e infraestructura”.



Agrícola e infraestructura: Uso de suelo no Forestal.

3.3.6 Análisis de la densidad de cobertura entre 2009-2010

El análisis de la densidad en la cobertura vegetal entre los años 2009 y 2010 tiene características especiales debido a que se trata de una temporalidad de sólo un año. Los cambios en la cobertura forestal son resultado de las actividades humanas, sin embargo, se debe considerar que existieron cambios relacionados directamente a la dinámica propia de los elementos en la superficie de la tierra, como las condiciones meteorológicas extremas que se traducen en lluvias intensas y vientos fuertes. La densidad de cobertura forestal entre el 2009 y el 2010 se analizó de forma similar a la de los años anteriores, usando material

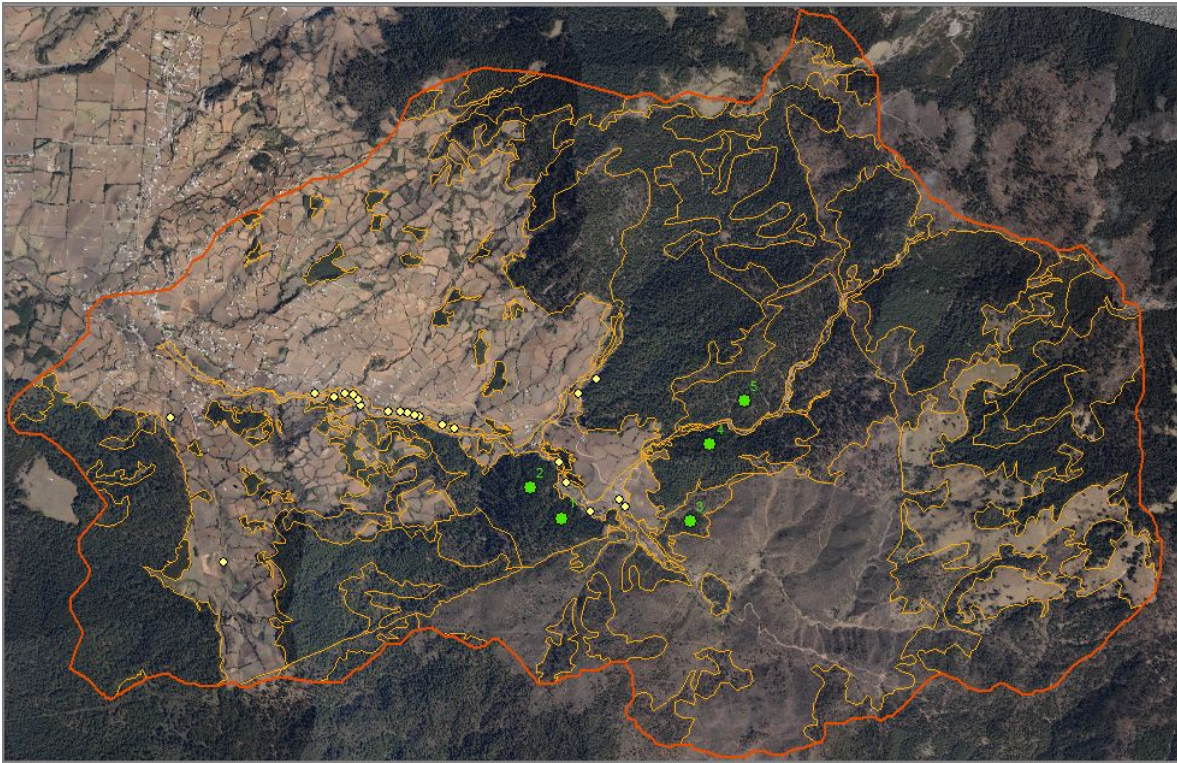
fotográfico aéreo, técnicas de fotointerpretación y el levantamiento de información mediante muestreos circulares, los cuales se resumen a continuación:

Muestreos circulares.

El análisis de la densidad entre estos años se realizó mediante el levantamiento en campo de cinco muestreos circulares de cobertura forestal entre el 18 y 19 de noviembre del 2011. (Figura 3.12). Dichos muestreos permitieron cuantificar la presencia de árboles dentro de superficies delimitadas en círculos con 18.35 metros de radio, lo que representa una superficie de 1000 m². El principal atributo para seleccionar el lugar de muestreo es que fueran porciones dentro de polígonos con distintas clases de cobertura; con ello, se podría corroborar la densidad de cobertura asignada previamente con las técnicas de fotointerpretación. Los datos recabados en los muestreos son los siguientes:

- Número de árboles dentro de cada círculo.
- Especie de árbol.
- Diámetro del tronco.
- Altura de cada árbol.
- Punto GPS.

Figura 3.12 Muestreos circulares en campo.



Elaboración propia a partir de: fotografías aéreas WWF-IGg UNAM.

Los datos resultantes de los cinco muestreos sirvieron para la determinación de las coberturas del año 2010. Éstos se organizaron en tablas (apéndice 2) y, de esta forma, se suman a la información recopilada en campo, reforzando y dando rigor científico a la información analizada en gabinete con el material fotográfico en el SIG.

3.3.7 Determinación del estado de conservación de la microcuenca

Determinar el estado de conservación de un área delimitada o una cuenca es un objetivo complejo, debido a que deben considerarse diversos aspectos que componen un paisaje o ecosistema específico, las características del sistema hídrico, el relieve, la vegetación y la fauna, y cómo todo lo anterior sufre cambios en un determinado tiempo. El término tiene origen para evaluar las condiciones de riesgo de extinción en fauna por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) no obstante este ha sido adaptado para la evaluación de ecosistemas o comunidades forestales. La WWF lo define

como el nivel de perturbación que se ha ejercido en el ecosistema derivado de actividades antrópicas o fenómenos extraordinarios como incendios. Sin embargo, los cambios por sí mismos no determinan el estado de conservación. Existen metodologías para la determinación del estado de conservación de aéreas específicas pero es el material con el que se cuente y el análisis espacial que integre diversos elementos y sus cambios a través del tiempo, lo que finalmente nos acerca a estos resultados.

El presente trabajo sugiere que el estado de conservación sea determinado por tres indicadores ambientales y la relación de estos combinados; considerando las magnitudes de cada uno de ellos y las direcciones o tendencias que estos tienen, es decir, si son negativos o positivos, mismas que fueron resultado del análisis espacial elaborado anteriormente. El primero de ellos es el relacionado a la densidad de cobertura forestal actual en la microcuenca y sus niveles entre 1 y 5, lo que corresponde desde cobertura cerrada hasta la ausencia de cobertura por deforestación. El siguiente aspecto es el número de cambios sufridos en la vegetación, entiéndase como la migración de un estatus a otro en un periodo de tiempo, ejemplo: cambio de cobertura cerrada a semiabierta en seis años; analizados mediante fotointerpretación, con material de los años 1971, 2003, 2009 y 2010. En este aspecto se toma en cuenta el número de cambios ocurridos y pueden ser desde la ausencia de cambios considerables, es decir, cero; hasta tres cambios, uno en cada año o periodo de análisis.

El último elemento considerado para determinar el estado de conservación es la intensidad de cambio en la cobertura forestal, además de la dirección que tuvo el cambio de cobertura, que puede ser negativo o positivo; esta magnitud va desde el -4 hasta el 4 y es el resultado de la suma o resta entre los tipos de cobertura, entre el año 1971 y el 2010. Durante este periodo, una porción de terreno pudo haber sufrido cambios en sentido positivo al final, sin embargo, durante ese tiempo pudo haber tenido también cambios negativos, lo que permite saberlo es la consideración de los análisis de cada año. La relación de este análisis con la truticultura es estrecha, debido a que la actividad en el sitio de estudio depende en buena medida de las condiciones ambientales y como estas tienen consecuencias en la actividad productiva.

CAPÍTULO 4. ESTADO DE CONSERVACIÓN Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN TRUTÍCOLA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO LA HACIENDA

4.1 Comparación y cambios de la densidad de cobertura forestal 1971-2010

En este capítulo se hacen evidentes los resultados obtenidos de la comparación en las condiciones forestales entre los años 1971 y 2010. La constante modificación que se ha llevado a cabo en la microcuenca respecto a los recursos forestales y la alteración a la truticultura por la pérdida total de la infraestructura acuícola derivada del evento desastroso durante el mes de febrero de 2010.

4.1.1 Coberturas forestales de 1971 y 2003

Con la metodología antes descrita, fue posible cuantificar los cambios en la densidad de cobertura forestal entre los años 1971 y 2010, el material fotográfico con el que se trabajó fue la base y permitió elaborar mapas que muestran superficies que durante este periodo de tiempo han sufrido alteraciones y han significado un elemento de afectación al estado de conservación de la microcuenca y, por tanto, al desarrollo de las actividades económicas, entre ellas, la truticultura. Entre el año 1971 y el año 2003 se identificaron cambios significativos en la superficie forestal, a continuación se describen datos precisos resultado del análisis espacial, esta información en sí misma ilustra claramente las condiciones que el lugar ha tenido y cómo ha sido alterado. Sin embargo, es la relación de estos datos con los diversos elementos del paisaje que nos permitirá conocer la importancia del bosque como indicador ambiental en esta investigación.

La microcuenca, en el año de 1971, (Figura 4.2) contaba con un total de 974.9 hectáreas de cobertura forestal con categoría “cerrada” esto representa el 54% de la superficie total de la zona de estudio; la superficie destinada a la actividad agrícola y otros como la vivienda representaba en ese año el 26% del total de la superficie, con 469.7 hectáreas. El siguiente tipo de cobertura en cuanto a extensión de superficie fue el de “semiabierta” con 202.1 hectáreas. Cabe mencionar, que en el análisis elaborado para este año con el material

fotográfico sólo se identificaron polígonos con tipo de cobertura “semicerrada” equivalentes a 7.6 Ha. No obstante, una categoría que desde este año fue representativa son los pastizales caracterizadas por praderas subalpinas, las cuales ostentaban 103.3 Ha que representaron el 11% de la microcuenca. La superficie identificada como abierta, mediante la suma de los polígonos, fue de 45.5 Ha, lo que representaba únicamente el 2% del área total. Finalmente, se pudo interpretar que sólo el 1% de la microcuenca se encontraba deforestado en ese año, lo equivalente a 18.7 Ha. (Cuadro 4.1).

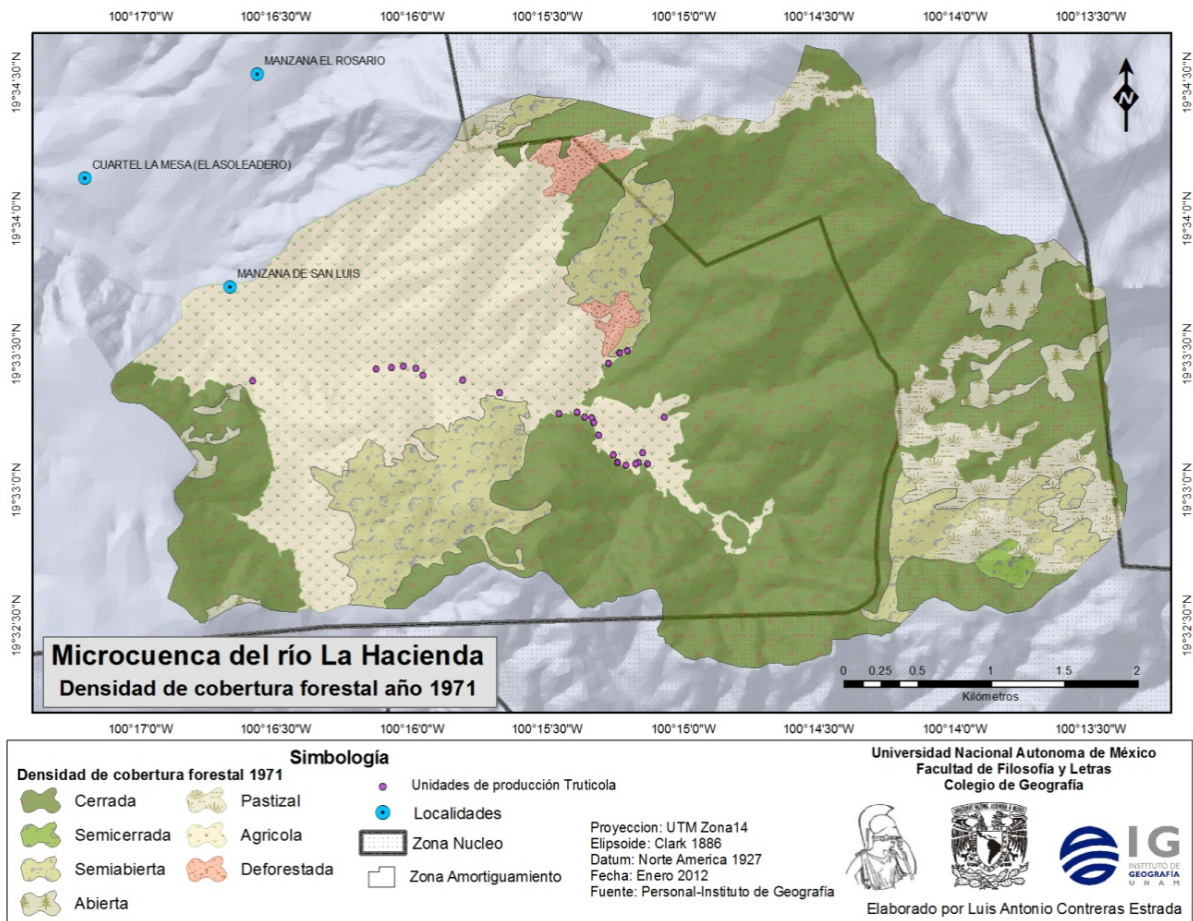
Cuadro 4.1 Hectáreas por categoría año 1971.

Tipo de cobertura. (1971)	Hectáreas.
Cerrada	974.9
Semicerrada	7.6
Semiabierta	202.1
Abierta	45.5
Deforestada	18.7
Pastizal	103.3
Agrícola e Infr.	469.7
Total Hectáreas	1814.4

Fuente: Elaboración propia análisis de fotointerpretación.

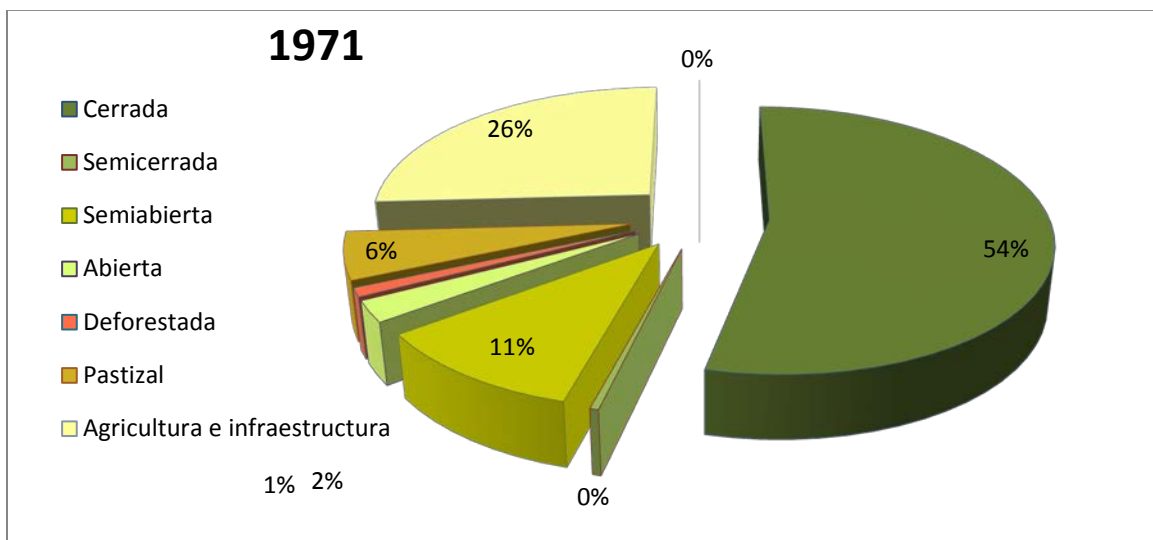
Uno de los resultados más importantes en esta investigación es la cartografía a gran detalle, este análisis espacial sirvió de base para la realización de los mapas de densidad en la cobertura forestal. Para este año el mapa muestra claramente los polígonos con los diferentes tipos de coberturas (Figura 4.1).

Figura 4.1 Densidad forestal 1971.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Figura 4.2 Porcentajes por categoría año 1971.

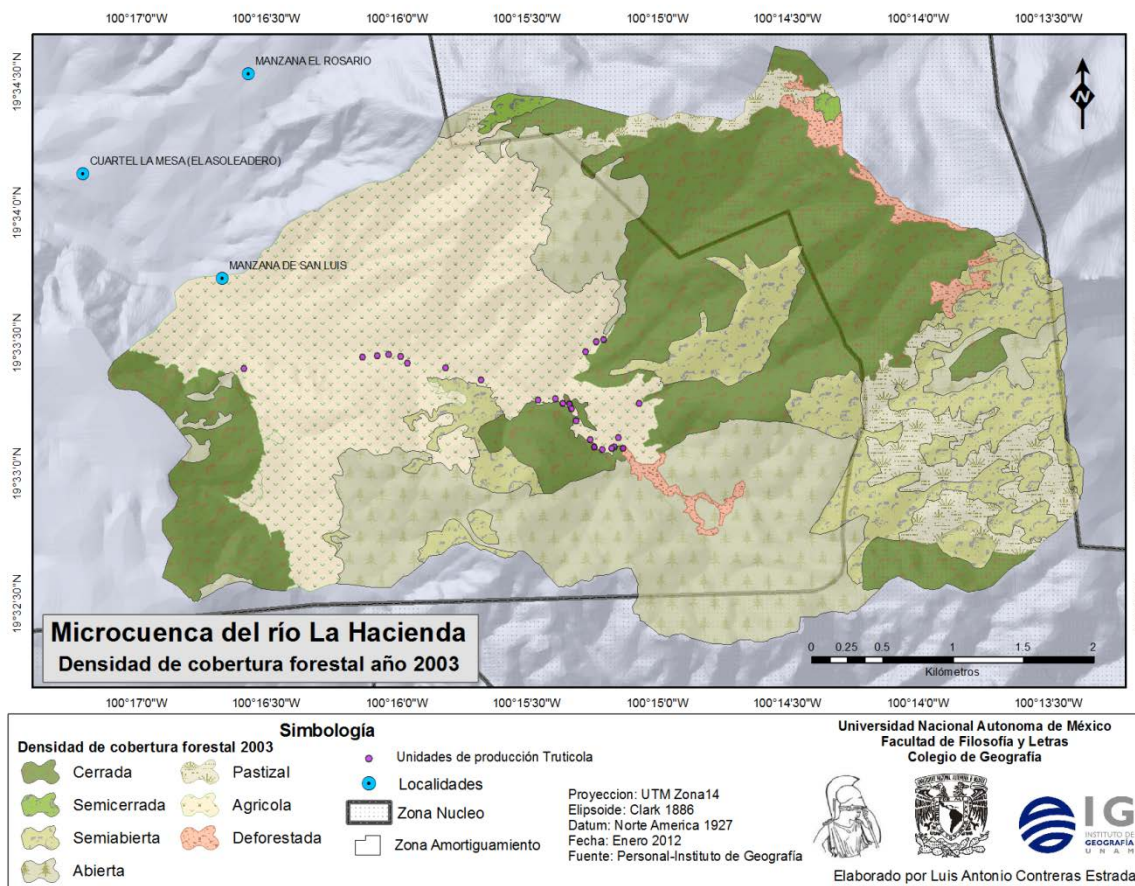


Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

El siguiente año analizado fue 2003, debido a que se identificaron cambios delicados en las condiciones forestales del lugar. En este año se logró extraer datos relevantes evidenciando pérdidas cuantiosas, sobre todo, en la cobertura de tipo “cerrada” y un aumento importante en la superficie de tipo “abierta” (Figura 4.3).

En cuanto a la superficie, en el análisis del año 2003 se tiene que, del total del área de estudio, el 29% pertenece a la categoría de “cerrada”, con un poco más de 518 hectáreas. El área destinada a la agricultura e infraestructura en 32 años sólo ganó el 1% y quedó en 496 Ha. Para este año, las categorías que destacan por haber ganado extensión, lo que se traduce en pérdidas del bosque, son las categorías “semiabierta” y “abierta”, con poco más de 247 y 414 Ha, respectivamente.

Figura 4.3 Densidad forestal 2003.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Los datos anteriores, aplicados en cartografía, dan una idea de cómo las condiciones del bosque han sido alteradas desde entonces, lo cual repercute directamente en las condiciones ecológicas del lugar.

De la superficie con cobertura “cerrada” del año 1971, que era de 974.9 Ha, se conservaron solamente 512.5 Ha en la misma categoría. Este tipo de cobertura tuvo un ligero aumento en las cercanías con la frontera agrícola, lo cual se puede notar en los polígonos de agricultura. Otra categoría que en tuvo cambios positivos y cedió terreno, aunque poco, fue la cobertura “semiabierta”, también asociada a zonas cercanas a la frontera agrícola.

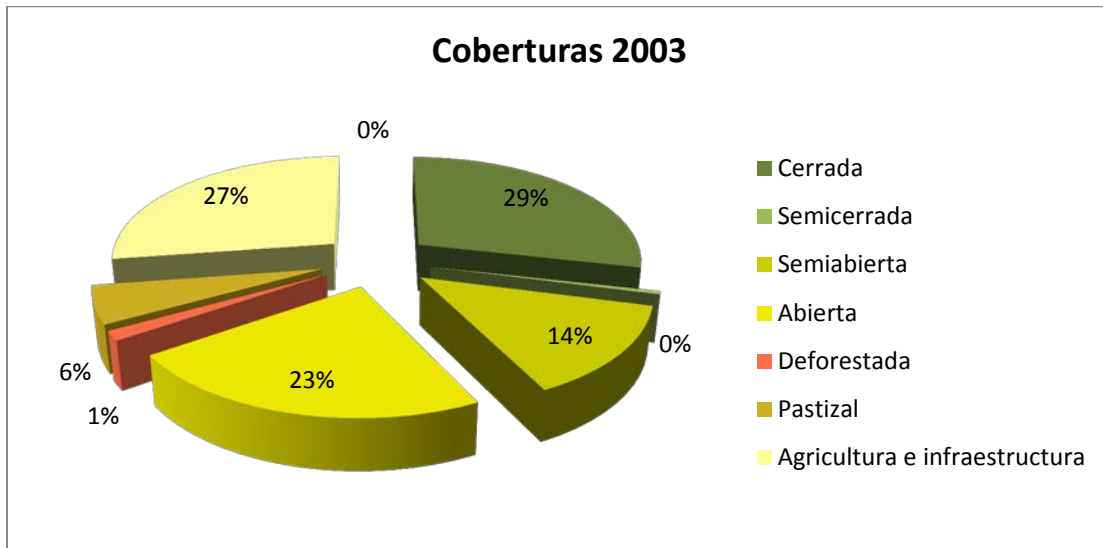
Cuadro 4.2 Hectáreas por categoría año 2003.

Tipo de Coberturas. (2003)	Hectáreas.
Cerrada	518.4
Semicerrada	8.5
Semiabierta	247
Abierta	414.4
Deforestada	26.1
Pastizal	103.3
Agrícola e Infr.	496.4

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Las coberturas del año 2003, por porcentaje, se muestran en la grafica de pastel; (figura 4.4) en ella se muestra que el 29% de la superficie total se mantiene como cobertura “cerrada”, el 27% lo ocupa la zona “agrícola”, el 23% de la microcuenca está representado por la cobertura de tipo “abierta”, el 14% por “semicerrada”, el 6% por pastizales y únicamente el 1% de ésta se encontraba como “deforestada” para el año señalado.

Figura 4.4 Porcentajes por categoría año 2003.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Comparativa 1971- 2003

La primera comparación que se realizó fue entre los años 1971 y 2003. Los resultados de esta comparación (Cuadro 4.3) muestran una importante pérdida en la cobertura forestal, donde 441.3 hectáreas con categoría “cerrada” pasaron a categorías como “abierta” y “semiabierta”; esto significa que durante 32 años el 24.3% de la microcuenca tuvo pérdidas significativas en la cobertura cerrada. Sin embargo, la cobertura “cerrada” no fue la única que tuvo pérdidas; 102.5 hectáreas de cobertura “semiabierta” pasaron a categoría “abierta”, en el mismo periodo. El 53.6% de la superficie boscosa con categoría “cerrada” se alteró de manera muy significativa. Esta comparativa no refleja nada más una idea de la explotación que se ha llevado a cabo en el lugar, sino que es también la base cuantitativa y una variable que debe relacionarse con otros elementos y recursos como el suelo, el agua y el clima, por mencionar los más importantes debido a la relación estrecha que se tiene entre ellos y a su funcionamiento como parte de un sistema ecológico. Una incipiente producción de truchas es resultado de una cadena de malos manejos de los recursos, y es, en este sentido, que un análisis de este tipo resulta conveniente para evaluar los impactos que se han ejercido sobre el lugar de interés.

La siguiente matriz (Cuadro 4.3) muestra cuántas hectáreas han cambiado del año 1971 al año 2003, así como su distribución en las diferentes categorías.

Cuadro 4.3 Matriz comparativa entre coberturas 1971-2003.

Periodo 1971-2003	Tipo de cobertura.	Cobertura 2003						
		Cerrada	Semicerrada	Semiabierta	Abierta	Deforesta da	Pastizal	Agricultura e Inf.
Cobertura 1971	Cerrada	512.51	2.54	170.66	270.67	13.07	s/c	5.45
	Semicerrada	s/c	s/c	7.68	s/c	s/c	s/c	s/c
	Semiabierta	3.53	6.4	56.23	102.5	s/c	s/c	26.12
	Abierta	s/c	s/c	10.93	29.16	5.47	s/c	s/c
	Deforestada	s/c	s/c	s/c	11.31	s/c	s/c	7.4
	Pastizal	s/c	s/c	s/c	s/c	s/c	103.36	s/c
	Agricultura e Inf.	2.38	s/c	1.57	0.75	7.58	s/c	457.46

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

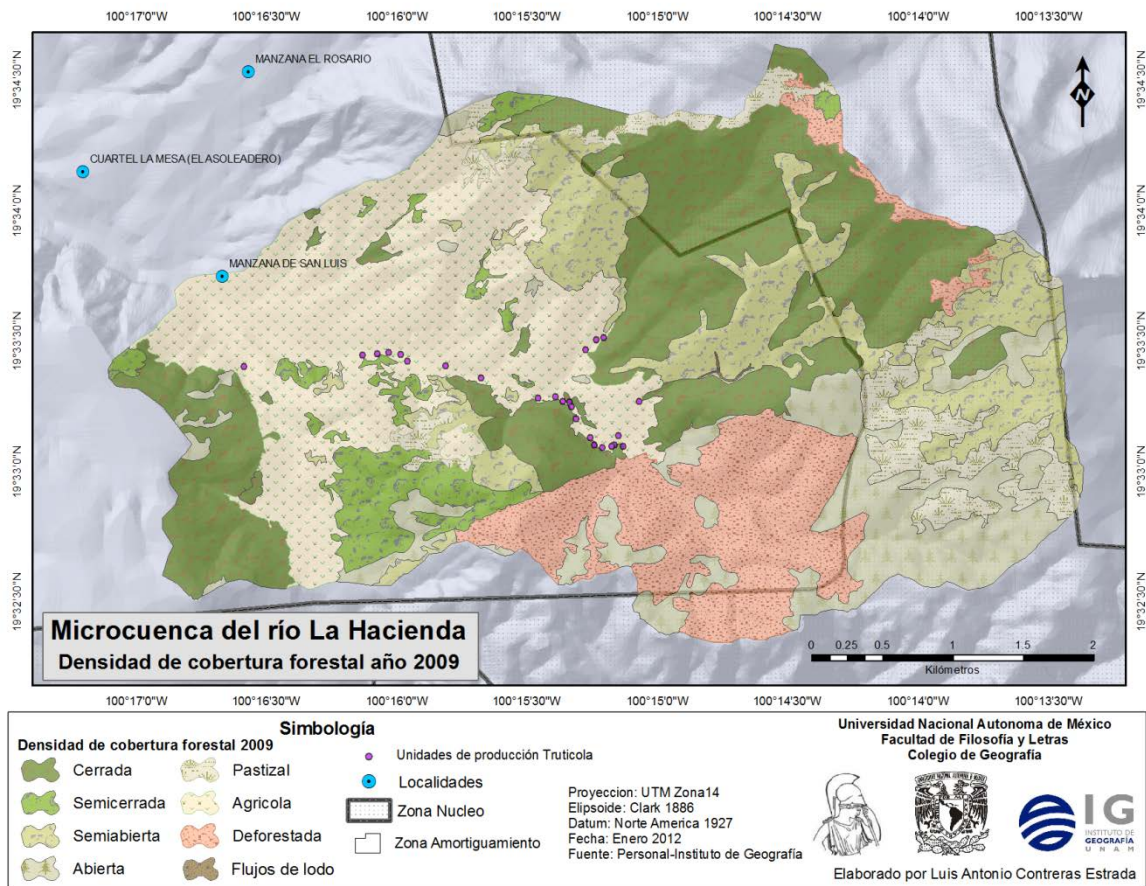
4.1.2 Coberturas forestales de 2009 y 2010

Cobertura forestal 2009

En el año 2009, las coberturas presentaban las siguientes superficies: la correspondiente a “cerrada” contaba con 470 Ha, lo cual representa un 26% del total del área de estudio; esta cifra es mayor por un grado porcentual en relación con la superficie que ocupa la agricultura, con 445.9 hectáreas. En tercer lugar de extensión se sitúan los polígonos con categoría “semiabierta”, con 259.72 hectáreas, éstos se encuentran dispersos en toda la zona norte de la microcuenca y, en menor cantidad, al sur del río La Hacienda. Los polígonos con categoría de cobertura “deforestada” alcanzan las 233.3 hectáreas y se localizan, en mayor medida, en la porción sur de la microcuenca. El siguiente grupo es la cobertura “abierta”, los polígonos con esta categoría suman 205.9 hectáreas y están dispersos por toda el área de estudio, asociados a las zonas “deforestadas”. El área determinada como “pastizal” tiene una superficie de 108.9 hectáreas y representa el 6% del área de estudio. Por último, la suma de los polígonos con cobertura “semicerrada” es de 89.7 hectáreas y representan el 5% de la superficie total de la microcuenca.

Los datos arrojados por el análisis en este año, dan muestra del considerable deterioro que han sufrido los recursos madereros de la cuenca y del consecuente impacto que este fenómeno ha tenido en el sistema hídrico de la zona. Es difícil reconocer algún tipo de medida que revierta la explotación del bosque; asimismo, la fragmentación es cada vez más evidente, hecho que se demuestra en la cartografía generada a partir de este análisis. Es importante señalar que la mayoría de la zona considerada como cabecera de cuenca se encuentra dentro de los límites reconocidos como Zona Núcleo de la Reserva, área en la que en el año 2009 se detectaron cambios negativos considerables en la cobertura forestal. La figura 4.5 muestra la expresión espacial de los datos duros mencionados anteriormente, y sirve como antecedente a futuros planes de manejo de recursos o a la implementación de planes de recuperación de bosques.

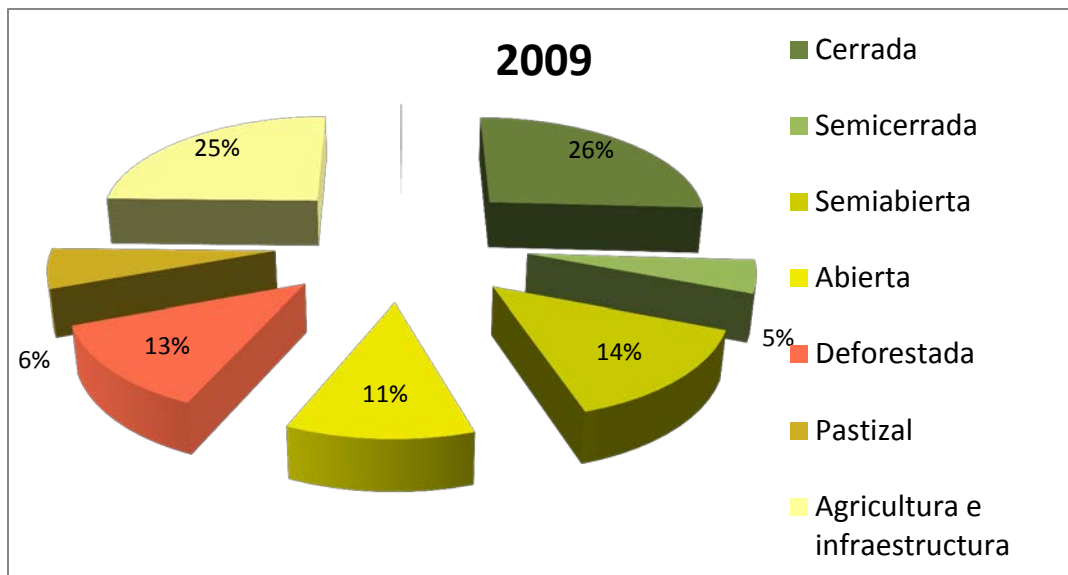
Figura 4.5 Densidad forestal 2009.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Al analizar los datos del año 2009, el porcentaje en el tipo de coberturas se ve fragmentado en relación al análisis del 2003 y, todavía más, en comparación con los datos de 1971. La siguiente gráfica (Figura 4.6) muestra los porcentajes de superficie, por categoría; destacan los polígonos con una cobertura forestal “cerrada” con 26% de la superficie de la microcuencacuenca; y la categoría “semicerrada”, que representa el 5%. En contraparte, las categorías “abierta”, “semiabierta” y “deforestada” suman, juntas, el 38% de la superficie total de la microcuenca, mientras que la “agricultura” ocupa el 25% de la misma.

Figura 4.6 Porcentajes por categoría año 2009.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Comparativa 2003-2009

Entre los años 2003 y 2009, los resultados del análisis señalan que destaca el cambio en la cobertura forestal “cerrada”, la cual sumaba 518.4 Ha, de las cuales 32.4 Ha pasaron a la categoría “semiabierta” y 27.16 Ha pasaron a cobertura “abierta”. Otros cambios relevantes son las 203.2 hectáreas que para el 2003 se mantenían como cobertura abierta y para el año 2009 se perdieron por completo, quedando como superficie deforestada; y las 80.3 Ha que pasaron de cobertura “semiabierta” a cobertura “abierta” (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4 Matriz comparativa entre coberturas 2003-2009.

2003-2009		Cobertura 2009						
	Tipo de cobertura.	Cerrada	Semicerrada	Semiabierta	Abierta	Deforestada	Pastizal	Agricultura e Inf.
Cobertura 2003	Cerrada	452.71	3.63	32.45	27.16	1.18		1.26
	Semicerrada	s/c	8.58	s/c	s/c	s/c	s/c	s/c
	Semiabierta	5.19	2.61	152.28	80.31	3.2	1.1	1.57
	Abierta	1.34	54.4	66.03	87.74	203.27	1.58	s/c
	Deforestada	s/c	s/c	s/c	0.18	25.2		0.72
	Pastizal	s/c	s/c	s/c	s/c	s/c	s/c	s/c
	Agricultura e Inf.	10.75	20.49	8.94	1.82	0.5	11.57	442.33

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

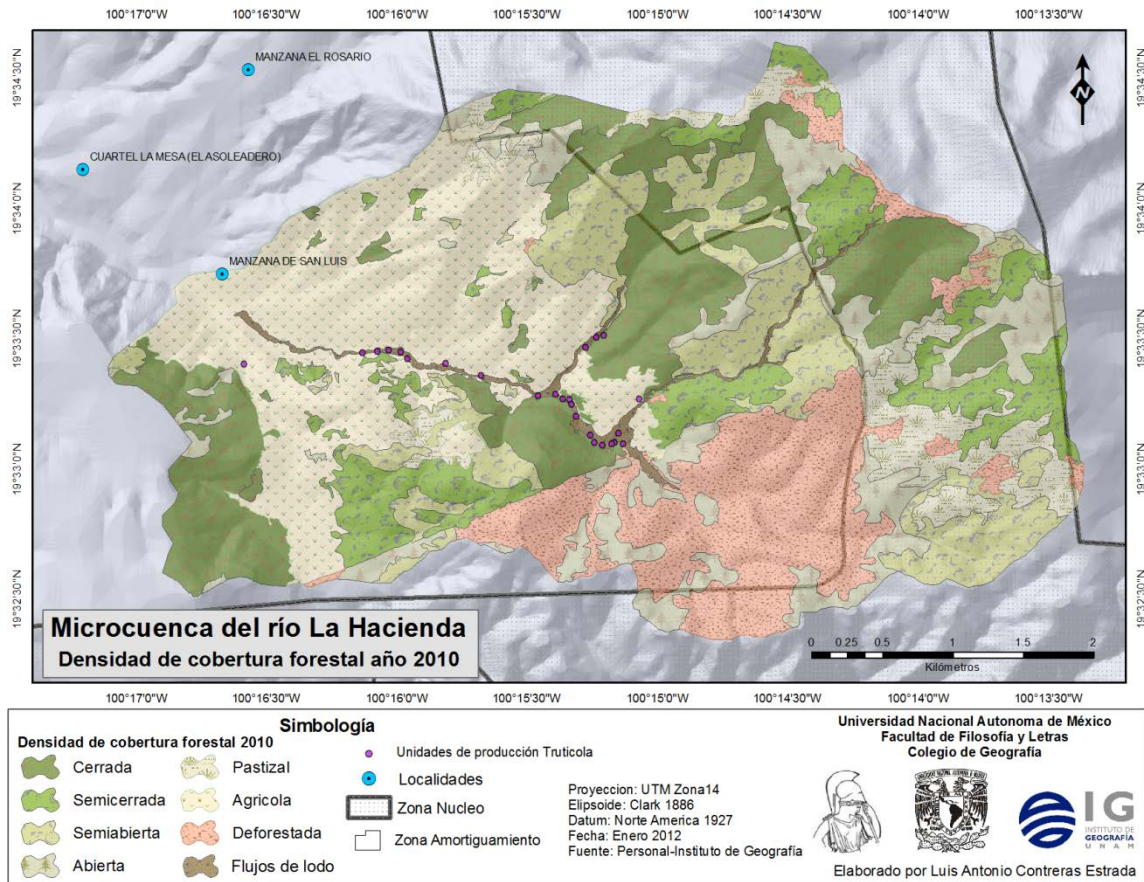
Cabe mencionar que algunas recuperaciones mínimas fueron registradas en la cobertura “cerrada”, a quien la superficie “agrícola” le cedió 10.7 Ha, y las coberturas “semiabierta” y “abierta” le cedieron otras 6.5 Ha.

Cobertura forestal 2010

Los resultados obtenidos del análisis del material fotográfico y el trabajo de campo arrojan cifras particulares para el año 2010; para éste, el análisis se realizó de la misma forma que en los otros años, sin embargo, es imposible pasar por alto el cambio detectado en la microcuenca con relacionado al área afectada por un deslizamiento de lodo, suelo, rocas y escombros. Una nueva categoría, denominada “flujos de lodo”, fue integrada a las anteriores y se plasmó en las graficas, figuras y cartografía final. En relación directa a las hectáreas de las coberturas de este año, se tiene que la categoría con mayor extensión es la “agricultura”, con 435.4 hectáreas; en segundo lugar de extensión se encuentra la cobertura “cerrada”, con 352.6 hectáreas, lo cual representa un 20% de la superficie de la microcuenca; y 265.7 hectáreas resultan de la sumatoria de los polígonos con cobertura de categoría “deforestada”, equivalentes al 15% del total del área de estudio. La categoría “semiabierta” presentó una extensión de 241.5 Ha, equivalente al 13% de la microcuenca, y presenta una disminución en relación al año 2009; algunos de los polígonos en esta categoría han

cambiado a “deforestada” o “abierta”. La categoría “semicerrada” es la siguiente en cuanto extensión, al sumar 197.4 Ha. Los polígonos con categoría “abierta” sumaron 188.3 hectáreas y le siguen los polígonos con categoría de “pastizal”, con 110.4 Ha, equivalentes al 6% de la superficie total. Finalmente, gracias al nivel de detalle del material con el que se trabajó, se digitizaron las superficies o porciones del terreno afectadas por el flujo de escombros y lodo que se presentó en el año 2010 y se determinó que el 1% de la microcuenca La Hacienda fue afectada por dichos procesos, lo que significa una afectación a 22.8 hectáreas. Cabe mencionar que, aunque sólo se trata del 1% de la superficie de la microcuenca, el daño fue de gran trascendencia para los productores de trucha, ya que en esta porción del territorio es donde se encuentra establecido el total de las granjas trutícolas, mismas que se perdieron completamente.

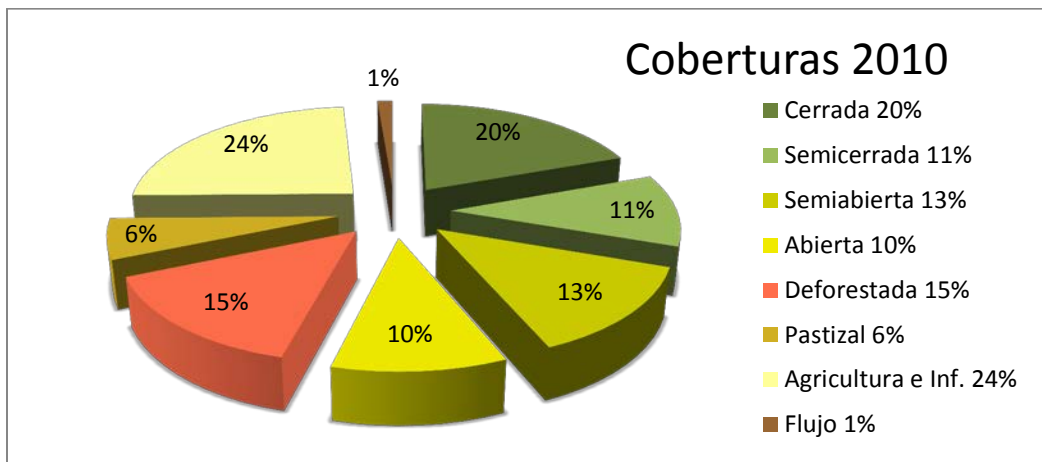
Figura 4.7 Densidad forestal 2010.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

En la cartografía correspondiente a densidad de cobertura forestal 2010 (Figura 4.7), es posible observar el grado de perturbación que sufrieron las condiciones del bosque en la microcuenca. A pesar de que se trata de únicamente un año de diferencia con el análisis anterior, los porcentajes por categoría muestran un cambio importante; éste es evidente en la grafica de porcentajes (Figura 4.8), donde destaca el aumento en las superficies “deforestadas” y “abiertas”.

Figura 4.8 Porcentajes por categoría año 2010.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Aun cuando el objetivo principal de este trabajo no consiste en evidenciar deficiencias en el control de la explotación de los recursos forestales en esta zona de la Reserva, es conveniente mencionar que los productos de la presente investigación, como son las gráficas y la cartografía, resultan de gran utilidad para los tomadores de decisiones al respecto en la región.

Comparativa 2009 y 2010.

Durante este periodo, relativamente corto, se presentó un importante número de cambios en las coberturas. Entre los datos mas relevantes, se puede afirmar que, en general, la vegetación de tipo forestal sufrió una fragmentación importante (Cuadro 4.5); hubo una reforestación incipiente y que no representa un avance real contra la deforestación; y la detonación del evento desastroso que incidió sobre la población y la producción de truchas,

afectando poco más de 22 Ha. Asimismo, áreas con bosque “cerrado” cambiaron a categorías como “semicerrada” (57 Ha) y “semiabierta” (50.2 Ha); en una gran mayoría, los cambios en este periodo fueron negativos.

Cuadro 4.5 Matriz comparativa entre coberturas 2009-2010.

Periodo 2009-2010	Tipo de cobertura.	Cobertura 2010							
		Cerrada	Semicerrada	Semiabierta	Abierta	Deforestada	Pastizal	Agricultura e Inf.	Flujos
Cobertura 2009	Cerrada	333.49	57.02	50.28	21.65	1.36	s/c	3.27	2.92
	Semicerrada	s/c	74.37	9.86	.76	s/c	1.03	3.68	s/c
	Semiabierta	12.75	64.28	113.58	54.27	3.89	4.08	3.79	3.04
	Abierta	s/c	.39	65.51	103.81	34.78	.36	1.07	s/c
	Deforestada	s/c	s/c	s/c	7.29	224.47	s/c	s/c	1.62
	Pastizal	3.05	.17	s/c	.58	s/c	104.97	.13	
Agricultura e Inf.	3.3	1.17	1.78	s/c	1.23	s/c	423.46	14.99	

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

4.1.3 Comparativa 1971-2010

En este apartado se comparan las cifras de los cuatro años analizados. Básicamente, esta comparación expone el bajo apego a las políticas de conservación que existen para la zona al tratarse de una Reserva; y, más aún, demuestra una constante explotación de los recursos forestales.

La superficie correspondiente a categorías que representan grandes cantidades de árboles muestran una disminución, y las que representan zonas alteradas o con baja densidad en este tipo de vegetación, un aumento considerable. Cabe mencionar, que lo anterior no ocurre en toda la Reserva de la Mariposa Monarca, sin embargo, existen zonas como ésta, que presentan una problemática ambiental seria debido a la explotación sin control, que lleva a la deforestación y, con ello, a la pérdida de otros recursos como el suelo, el agua y la fauna, contribuyendo además, progresivamente, al cambio climático de la región. Es también necesario hacer hincapié en que las zonas más afectadas se localizan en espacios estratégicos en cuanto al sistema hídrico se refiere, ya que, al tratarse de las zonas altas y cabeceras de cuenca, tienen una incidencia mayor sobre el resto del lugar a estudiar. Las

condiciones climáticas juegan un papel importante en esta región; debido a la ausencia de la cobertura forestal, el suelo queda desprotegido y es erosionado con mucha mayor facilidad, a unido a esto, la humedad que la vegetación retiene se pierde y las condiciones climáticas cambian. En el cuadro 4.6 se presentan las diferentes categorías y la superficie que éstas tenían en cada año analizado.

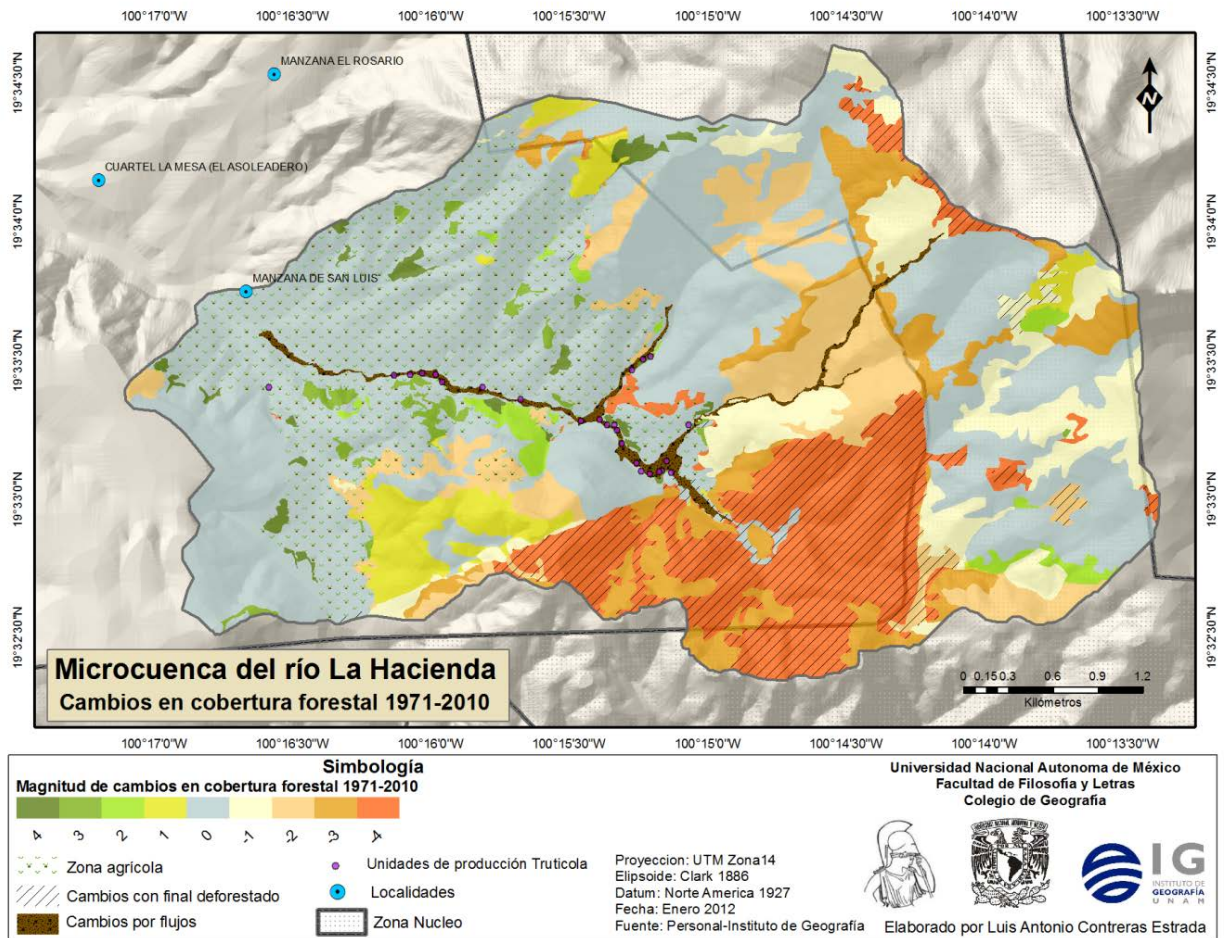
Cuadro 4.6 Hectáreas por categorías en los distintos años analizados.

Clave	Coberturas	1971	2003	2009	2010
1	Cerrada	974.95	518.44	470.04	352.6
2	Semicerrada	7.68	8.58	89.73	197.42
3	Semiabierta	194.41	247.08	259.72	241.54
4	Abierta	54.56	414.41	204.94	188.38
5	Deforestada	18.71	26.11	233.39	265.75
6	Pastizal	103.35	103.35	108.92	110.45
7	Agrícola e Inf.	469.77	496.46	445.94	435.44
8	Flujos			0.76	22.85
	Total Has.	1814.46	1814.46	1814.46	1814.46

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

A partir de estos datos, se elaboró la cartografía que permite identificar las áreas que han presentado más cambios, así como definir si éstos fueron favorables o negativos para el bosque, o en dirección a la pérdida total de la vegetación. El mapa siguiente muestra una escala de cambios que va de -4 a 4, y representa, en cada zona, los cambios en las condiciones forestales; asimismo, las zonas con cambios en valores positivos (1, 2, 3 y 4), se muestran en colores en la escala de los verdes; las zonas con cambios tendientes a la neutralidad (valores iguales a 0), se muestran en tono azul grisáceo; y aquellas con cambios en valores negativos (-1, -2, -3 y -4), están representadas con colores cálidos como amarillo, naranja y rojo. Destaca la zona color azul al ser la de mayor extensión, sin embargo, debe considerarse que la mayor parte de ella representa la zona agrícola que se distingue con un achurado especial. Este mapa (Figura 4.9) es un resultado exitoso del trabajo de integración de datos capturados y extraídos de las imágenes aéreas y sirvió para realizar un análisis más complejo que se presenta a continuación.

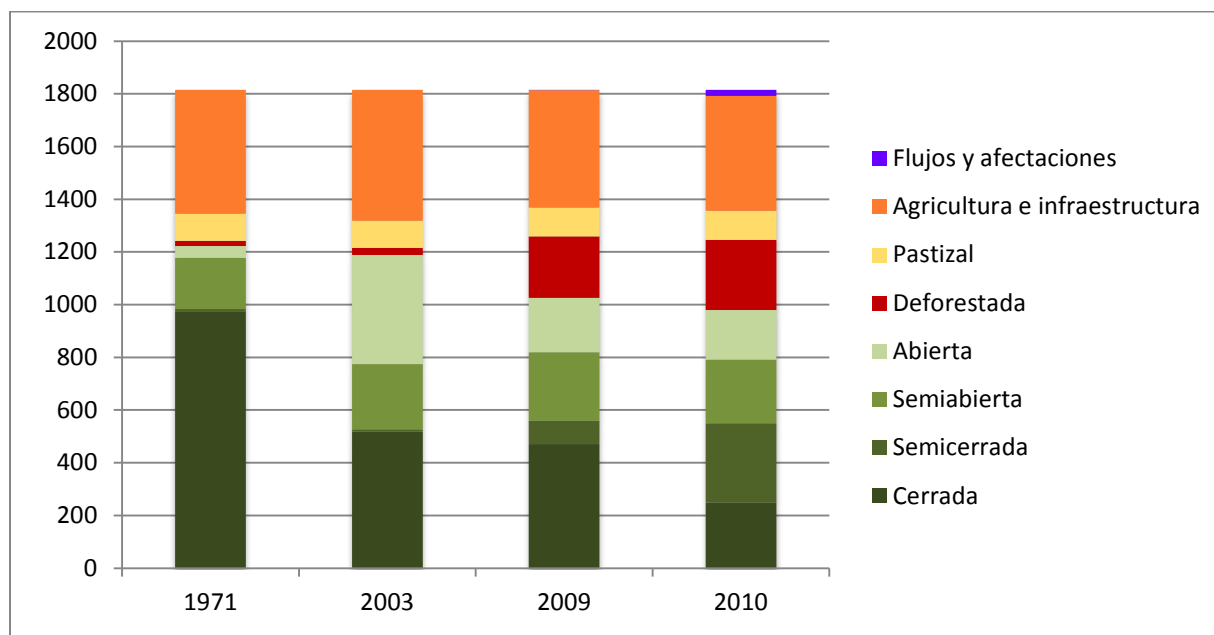
Figura 4.9 Cambios en la cobertura forestal 1971-2010.



El número de cambios y la dirección que tuvieron (positivos o negativos) permiten tener una idea de las condiciones ambientales del lugar y es una base importante para determinar el estado de conservación; éste mapa es, entonces, resultado y base de cartografía más compleja, ya que resume y permite distinguir las áreas más afectadas y aquellas que terminaron en condiciones de deforestación.

La grafica siguiente (Figura 4.10) muestra el comportamiento y los cambios que han ocurrido en coberturas forestales en los diferentes años; se muestran, para cada año, las categorías y las hectáreas correspondientes. Puede observarse, muy claramente, la fragmentación que ha sufrido la cobertura “cerrada” en el periodo analizado.

Figura 4.10 Transformación de las coberturas forestales entre 1971, 2003, 2009 y 2010.



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.
Superficies medidas en hectáreas.

4.2 Estado de conservación

Evaluar las condiciones ambientales de la microcuenca del río La Hacienda representó una tarea compleja, debido a que se integraron múltiples criterios y elementos del paisaje. El análisis de esta evaluación se describirá en este apartado.

Al tratarse de una cuenca hidrológica con una elevación promedio de 3000m, características edafológicas favorables para el desarrollo de bosques de coníferas y ubicada en una zona mesoclimática, de templada subhúmeda a semifría, funciona, como muchas otras en la región, como captadora de agua, misma que se infiltra y se integra al complejo sistema hídrico, tanto superficial como subterráneo; en la superficie, alberga un abanico amplio de especies vegetales y de fauna, misma que durante cientos de años ha tenido como nicho ecológico los bosques de la actual Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Los elementos más importantes para la evaluación de las condiciones ambientales en este trabajo fueron: la

cobertura vegetal, el suelo, los recursos hídricos y la importancia faunística. Como resultado, se cuenta con el mapa de estado de conservación de la microcuenca (Figura 4.11), realizado a partir de las diferencias y alteración de las condiciones del bosque desde 1971, año en el que se tiene el primer material aereofotográfico con el que se trabajó, y hasta el año 2010.

4.2.1 Superficies alteradas

Este mapa señala que el 63.7% del total de la superficie estudiada, equivalente a 1156.39 Ha, se encuentra en un estado no conservado, es decir, “alterado”. Sin embargo, de la superficie mencionada, 435.44 Ha corresponden a terrenos agrícolas que históricamente han sido destinados a esta actividad y, aún cuando la actividad agrícola implica la completa modificación de las condiciones naturales de vegetación, debido a la temporalidad del estudio, esta superficie no se considerará como “alterada”. Así, la superficie con alteración en las condiciones naturales representa el 39.7% del total de la cuenca y equivale a 720.95 Ha. Principalmente, es en la cabecera de cuenca donde se presentan las mayores afectaciones, debido a que gran parte de esta zona se encuentra deforestada. Otra área con alteraciones importantes son las zonas altas al norte de la cuenca y aquéllas localizadas a lo largo de la frontera agrícola al sur. Los ejidos que presentan mayor deterioro en las condiciones del bosque son: en primer lugar, Francisco Serrato; seguido por Crescencio Morales. Sin embargo, en los ejidos La Mesa y El Rosario se encuentran superficies importantes clasificadas como “alteradas” en este análisis. El Paso es, por el contrario, el ejido con menor superficie “alterada” dentro de la microcuenca.

4.2.2 Superficies semialteradas

La superficie correspondiente a “semialterada” se refiere a toda superficie con tipo de cobertura “cerrada”, “semicerrada” y “semiabierta” con sólo un cambio en la cobertura sufrido a lo largo de la temporalidad del estudio (1971-2010) y con una magnitud de cambio de cobertura forestal mayor o igual a -2, es decir, que no hayan sufrido un cambio negativo en más de dos niveles; en sentido positivo no importan los niveles de cambio. El total de superficie con estas características es de 345.81 Ha y representa el 19.05% del total del área

de estudio. Los polígonos con estas características se encuentran mayormente en el ejido El Rosario y, en menor medida, en los ejidos La Mesa y El Paso.

4.2.3 Superficies conservadas

Por último, se hace referencia a los resultados de la superficie correspondiente al estado “conservado”; esta clasificación es la que tuvo más consideraciones al momento de ser determinada. Para dicha clasificación, sólo se consideraron las áreas con ausencia de cambios en la densidad de cobertura vegetal y con densidad “cerrada” y “semicerrada”. La superficie con esta clasificación suma un total de 312.25 Ha y representa el 17.2% del total de la superficie analizada. Los ejidos con mayor extensión “conservada” son El Paso, El Rosario y, en menor proporción, La Mesa.

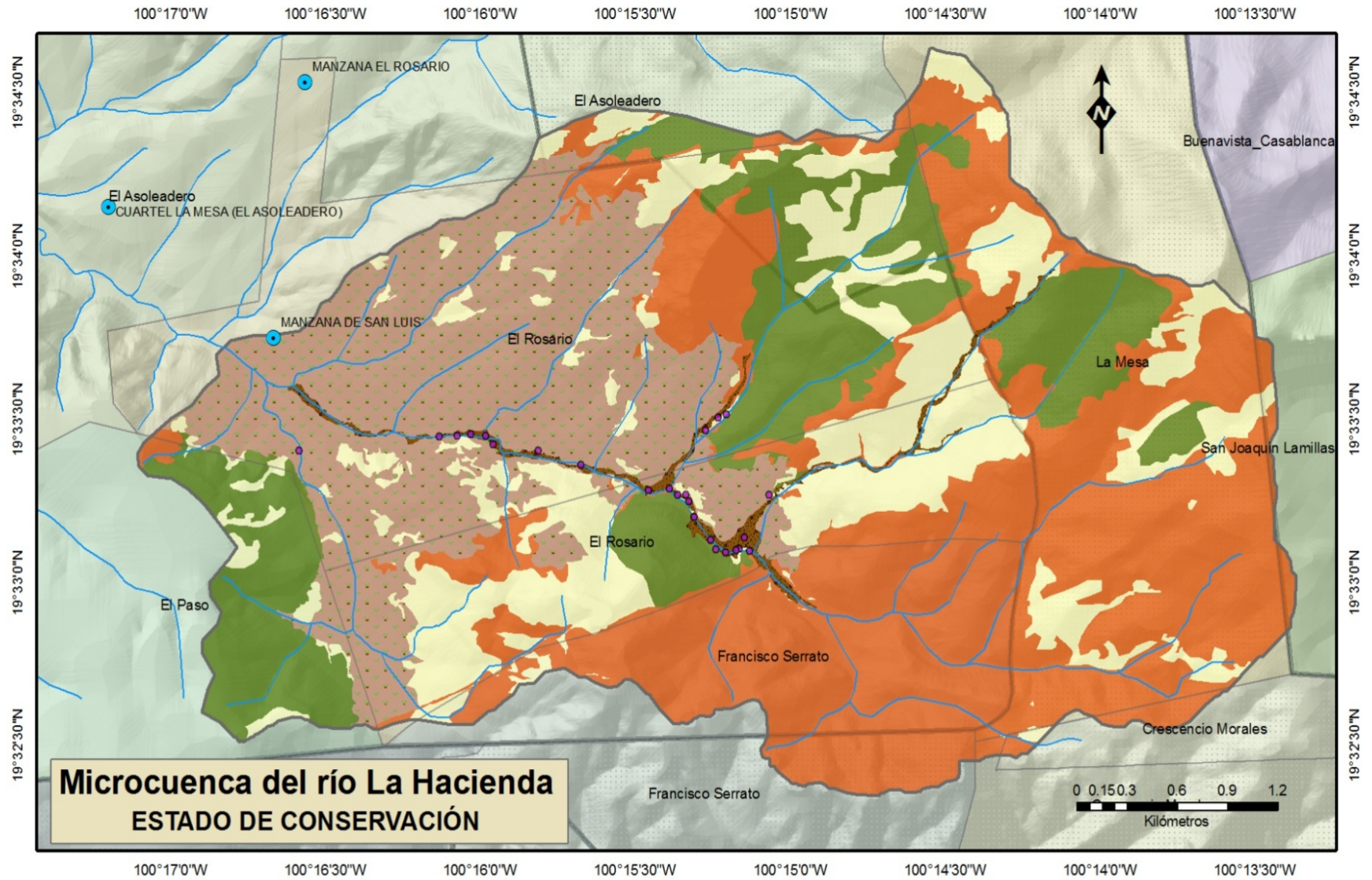
Cuadro 4.7 Estado de conservación por categoría.

Condición	Hectáreas	%	Agricultura	Alterado S/agricultura	%
Alterado	1156.3	63.7%	435.4 has	720.9has.	39.7%
Semialterado	345.8	19.0%			
Conservado	312.2	17.2%			
Total	1814.4	100%			

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

Los resultados son claros; dejan ver la alteración en los bosques y los impactos en el sistema ambiental. El mapa del estado de conservación (Figura 4.11), si bien, deja clara esta condición, integra información espacial relacionada con el drenaje, los flujos desastrosos, la localización de las unidades de producción trutícola y el área agrícola. La lectura de estos elementos en un mismo mapa permite que el observador saque sus propias conclusiones; sin embargo, es conveniente comparar los resultados también con las divisiones político administrativas de la región (incluidas en el mapas), ya que, de esta forma, es posible relacionar aspectos sociales y políticos con su incidencia en la condición de los recursos forestales y, por lo tanto, en la salud ambiental de la microcuenca.

Figura 4.11 Estado de conservación de la microcuenca La Hacienda.






Microcuenca del río La Hacienda
ESTADO DE CONSERVACIÓN

Simbología

Estado de conservación forestal

- Conservado
- Semialterado
- Alterado
- Alteraciones por flujos
- Zona agrícola
- Unidades de producción Trutícola
- Localidades
- Zona Nucleo

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía

Proyección: UTM Zona14
 Elipsoide: Clark 1886
 Datum: Norte America 1927
 Fecha: Enero 2012
 Fuente: Personal-Instituto de Geografía

Elaborado por Luis Antonio Contreras Estrada

La siguiente tabla (Cuadro 4.8) muestra el número de hectáreas de acuerdo a su condición y al ejido en el que se encuentran; destacan los ejidos La Mesa, Francisco Serrato y El Rosario con superficies significativas en estado “alterado”. Cabe reiterar, que en la tabla no se incluye la superficie agrícola debido a las consideraciones antes mencionadas.

Cuadro 4.8 Estado de conservación por categoría y por ejido.

Ejidos	Estado de conservación (Ha)			
	Conservado	Semialterado	Alterado	Total general
Crescencio Morales (ejido) (comunidad indígena)		1.4	9.0	11.7
El Asoleadero	11	7.4	9.3	28.7
El Paso	87.2	11.3	2.7	101.3
El Rosario	145.4	242.2	161.5	549.3
Francisco Serrato		5	213.8	218.9
Francisco Serrato (comunidad indígena)			34.7	34.7
La Mesa	67.5	77.5	280.2	425.4
San Joaquín Lamillas		1	7.74	8.74
Total general	312.2	345.8	720.9	1379

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de fotointerpretación.

4.3 Superficie afectada por flujos de lodo y escombros en febrero del 2010

De forma paralela y usando la técnica para identificar los cambios sobre el terreno mediante el uso de los mosaicos ortocorregidos, se logró determinar la superficie afectada por deslizamientos de suelo, lodo y material rocoso en los eventos extraordinarios presentados durante la primera semana de febrero del año 2010. Aunque es posible adaptar y agregar esta nueva clasificación a las categorías anteriores, se debe reconocer que, debido a la temporalidad de dichos fenómenos climatológicos, éstos son considerados eventos extraordinarios. Entre los agentes perturbadores naturales que modificaron las condiciones de la vegetación se encuentran los fenómenos meteorológicos y los procesos geológicos y geomorfológicos, entre ellos, los procesos de remoción en masa; asimismo, se identificaron agentes perturbadores antrópicos como la tala para aprovechamiento forestal y la extracción

como medida de saneamiento en árboles plagados, incendios forestales inducidos, la expansión de la frontera agrícola y el incremento del número de viviendas, sumando un total de 340 Ha con cambios entre 2009 y 2010, para toda la RBMM (López-García, en prensa 2012). En el presente análisis se determinó que durante el mes de febrero del 2010 se suscitó en esta región un evento climático extraordinario, el cual tuvo como principal característica precipitaciones prolongadas que duraron aproximadamente 72 hrs. Lo anterior, tuvo como resultado la saturación de agua en el suelo, que, a su vez, provocó flujos de lodo y rocas y deslizamientos de suelo en sitios con características específicas en el relieve, como con pendientes importantes, condiciones de suelo expuesto a la erosión y coberturas forestales alteradas o pobres; uno de estos sitios se localiza dentro de la microcuenca. Gracias al material utilizado en el trabajo y el análisis espacial por medio del SIG, fue posible determinar la superficie que alcanzaron a cubrir dichos deslizamientos. Entre las zonas afectadas, se encuentran el cauce principal y la zona agrícola cercana al piedemonte.

El evento tuvo origen en una cañada localizada en la cabecera de la cuenca y recorrió toda la microcuenca de oriente a poniente, principalmente, por el cauce. La superficie total alterada por el flujo y deslizamientos en la microcuenca suma 23.6 Ha, superficie que representa el 1% del total; sin embargo, las afectaciones incluyeron la destrucción de áreas importantes para la población: la zona agrícola, el corredor trutícola ubicado en el cauce del río La Hacienda y varias viviendas.

4.4 Sistema de producción trutícola

Este apartado pretende caracterizar la actividad trutícola en la zona de estudio y como estas características tienen una la relación con el análisis realizado, la localización y condiciones de la truticultura en la microcuenca son causas del grado de perturbación en dicha actividad por los fenómenos climáticos tanto como alteraciones humanas que han ocurrido en la microcuenca.

Esta información deriva del trabajo de campo realizado entre los meses de marzo y septiembre del 2011 y permite conocer a detalle los medios que la población ha encontrado para que dicha actividad vuelva a ser parte del sustento económico.

4.4.1 Establecimiento de las granjas productoras de truchas

En la microcuenca del río La Hacienda, o río Salitrillo, como los habitantes de la zona lo conocen, se han establecido a lo largo de casi veinte años, granjas destinadas a la engorda de crías de trucha arcoíris. En un inicio se construyeron estanques rústicos, los cuales en poco tiempo aportarían beneficios económicos a los productores. Dichos beneficios se vieron reflejados en el mejoramiento de las granjas de trucha y el establecimiento de nuevas unidades a lo largo del cauce principal.

El establecimiento de un corredor de productores se traduce en un beneficio económico para la población que ahí se asienta; sin embargo, el origen y localización de cada granja no fue el resultado de una planeación y un estudio previo de las condiciones del lugar, si no que esta configuración responde, más bien, a la disponibilidad de terreno y la cercanía con un elemento imprescindible: el agua. Durante décadas, los productores de trucha arcoíris han sido beneficiados por programas de apoyo gubernamental, sin embargo, estos apoyos no siempre fueron otorgados, ya que en la región la demanda de los mismos es cuantiosa. A pesar de ello, el establecimiento de nuevas granjas se llevó a cabo; no obstante, los requisitos para acceder a los apoyos aumentaron.

Actualmente, en la zona de estudio se tiene registro del funcionamiento de veintiocho granjas productoras de truchas; algunas de ellas no son reconocidas debido a que no cuentan con una concesión de uso de agua. En la microcuenca, el establecimiento de las granjas ha estado supeditado a sociedades y cooperativas que surgen de núcleos familiares.

4.4.2 Distribución espacial de las granjas trutícolas

La configuración espacial que presentan las granjas en la microcuenca corresponde, lógicamente, a la disponibilidad del agua y a la calidad con la que ésta se pueda obtener; no obstante, el origen de su establecimiento y distribución también tiene mucho que ver con la distribución actual de la población y con dónde es que ésta se ha asentado históricamente en la microcuenca. El río La Hacienda o El salitrillo tiene una orientación Este- Oeste y en él se localizan veinticuatro de las veintiocho granjas trutícolas de la microcuenca (Figura 4.12);

otras tres granjas aprovechan el agua del escurrimiento de segundo orden llamado el Salto; y la granja “Las Peñitas 2” se encuentra en otra vertiente, donde se abastece favorablemente de un escurrimiento que se incorpora al río La Hacienda en una zona de la cuenca con buenas condiciones forestales. La distancia entre las granjas trutícolas es de 800m en promedio, aunque, en algunos casos, ésta no llega a los 500m.

Figura 4.12 Unidades de producción trutícola.



4.4.3 Caracterización de los estanques de trucha

Como parte del trabajo de campo, se aplicación entrevistas a los productores de truchas arcoíris en sus granjas; esto tuvo como objetivo principal la extracción de información de cada unidad en lo referente a aspectos productivos y sus características físicas más relevantes. Dicha entrevista se diseñó previamente en gabinete, pensando en abarcar aspectos relacionados con:

- Las características físicas de la granja visitada.
- El proceso de producción.
- La mano de obra y el personal empleado.
- Los apoyos de gobierno y acciones para mejorar la actividad.

De acuerdo con la información obtenida mediante la aplicación de estas encuestas, veinticuatro granjas productoras abastecen sus estanques de agua del cauce principal, el río La Hacienda; y otras cuatro granjas se abastecen de otro escurrimiento conocido como El Salto, mientras que una más se abastece de otro escurrimiento al suroeste de la microcuenca.

El (cuadro 4.9) contiene los datos de las granjas, en el orden en que fueron visitadas; el recorrido se realizó en dirección poniente-oriente.

Cuadro 4.9 Granjas trutícolas en la microcuenca La Hacienda.

Nombre de la Granja	Número de unidades de producción habilitadas	Nombre del productor o propietario	Toneladas producidas al año	Corriente de la que se abastecen
Los Tejocotitos	6	Alfredo González Argueta.	10	La Hacienda
El Oyamel	6	Alfredo González Mondragón	10	La Hacienda
Las Peñitas	10	Rigoberto González	18	La Hacienda
El molinito	5	Serafín Cruz Esquivel	8	La Hacienda
El molino viejo	7	Galdino Cruz Guzmán	12	La Hacienda
El Aserrín	4	Rosalío Cruz Esquivel	6	La Hacienda
El Tanque	4	Serafín Cruz Esquivel	6	La Hacienda
Estanquería Ejidal	4	Comunitario	6	La Hacienda

S/N	3	Eva de Jesús Esquivel	6	El Salto
El Amargoso	6	Armando Soto González	10	El Salto
Los Ilanitos	3	Fortino González García	6	El Salto
El Salto	2	Víctor Soto González	5	El Salto
El Voladero II	13	Mauricio Gómez González	25	La Hacienda
El Salto II	5	Víctor Soto González	8	La Hacienda
El Voladero III	3	Mauricio Gómez González	6	La Hacienda
(Rentada S/N)	2	Alfredo González M.	5	La Hacienda
La piedra del mosco	2	Alfonso Cruz Esquivel	5	La Hacienda
Paraje la minita	6	Martin Cruz González	10	La Hacienda
El Voladero I	5	Mauricio Gómez González	8	La Hacienda
Cañada Salitrillo II	2	José Félix Moreno Argueta	5	La Hacienda
El Voladero	3	Mauricio Gómez González	5	La Hacienda
Cañada Salitrillo I	9	José Félix Moreno Argueta	15	La Hacienda
Siénega Salitrillo	2	Víctor Soto González	13	La Hacienda
El Salitrillo	7	Melánea Argueta Vidal	10	La Hacienda
S/N	4	Enrique Soto González	6	La Hacienda
El Aile		Cándido Soto García	-	La Hacienda
Salitrillo II	9	Octavio Esquivel Soto	15	La Hacienda

4.5 Alteraciones en la producción trutícola asociadas a cambios en la cobertura y flujos de lodo en el periodo 2009-2010

La producción de truchas en la cuenca se vio especialmente desfavorecida ante el evento antes descrito. La mayoría de las unidades de producción quedaron azolvadas o destruidas por completo debido a que éstas se localizaban justo al margen del río; dicha condición fue determinante al momento de cuantificar los daños. La producción de trucha en la microcuenca se paralizó durante aproximadamente once meses, fue necesario el uso de máquinas de trascabo y la inversión de recursos económicos para la restauración de los daños ocasionados por dicho fenómeno. No obstante, el trabajo de los productores sumado al apoyo del Estado ha servido para reconstruir sus estanques. Las viviendas, el camino, las granjas trutícolas, maquinaria, autos y camiones de trabajo son parte de los bienes que se perdieron. El monto de la destrucción no se tiene calculado todavía, debido a que aún se realizan trabajos para restablecer las condiciones anteriores y los gastos se siguen sumando; sin embargo, diversos medios de comunicación lo han calculado en cerca de cinco millones de pesos.

Los cambios en la cobertura forestal deben ser considerados un factor determinante y detonante de estos fenómenos. El constante abuso en la explotación de los recursos forestales hace que el suelo, otro valiosísimo recurso, quede expuesto a agentes erosivos como la lluvia y el viento, por mencionar los más importantes. Si a lo anterior, se suman las características propias del relieve abrupto con pendientes que superan en algunos sitios los 40°, resulta que sólo es cuestión de tiempo para cumplir con las condiciones necesarias para la ocurrencia de un evento de este tipo. Una cosa no puede separarse de otra, los elementos se encuentran intrínsecamente relacionados y de la misma forma deben ser considerados.

Los datos oficiales obtenidos en relación a los apoyos económicos destinados a la reconstrucción de las granjas de trucha muestran que del 100% del monto solicitado por los productores, el 70% fue otorgado por el gobierno federal y el 30% por el gobierno estatal. Para poder acceder a dichos apoyos económicos, que tuvieron como objetivo la reactivación de la actividad, los productores se comprometieron a invertir el 50% del total de gastos proyectados para la reactivación de sus granjas. El monto que fue otorgado en conjunto por

los gobiernos para las granjas localizadas dentro de la microcuenca es de 1,600,932 pesos, repartido en un total de 17 granjas (tabla en anexos), y esta misma cantidad fue invertida por los solicitantes. Cabe mencionar que los recursos obtenidos sólo podían ser destinados a rubros específicos, como el de materiales de construcción e insumos propios de acuicultura (información obtenida en oficinas del CADER y DDR en Zitácuaro 2010).

El presente trabajo pretende identificar los daños sufridos ante este fenómeno en una microcuenca y que repercuten directamente en las actividades económicas que ahí realiza la población, así como la relación de dichas afectaciones con la explotación de los recursos forestales sin restricción y planeación aparente. El periodo de análisis abarca 39 años; durante este tiempo, las condiciones ambientales han ido cambiando desfavorablemente y, a pesar de la entrada en vigor del decreto que coloca a la zona como Reserva de la Biosfera, ésta ha sido objeto de la deforestación, lo que ha tenido como una de muchas consecuencias el deterioro ambiental de toda la microcuenca y de la actividad económica de los productores de truchas.

Discusión

En este trabajo se exponen diversas afirmaciones que, como parte fundamental de la investigación, es necesario confrontar con lo desarrollado a lo largo de la tesis y, de ese modo, obtener elementos que permitan concluir de manera objetiva sobre los aspectos y ejes rectores de la investigación, así como en sus posibles alcances fuera de la misma.

Actualmente, la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca cubre 56,259 hectáreas en el límite de los Estados de México y Michoacán, y está conformada por la zona núcleo (bosques donde hiberna la Monarca) y la zona de amortiguamiento (en donde puede haber aprovechamiento forestal sostenible), cuya función es disminuir las presiones humanas sobre el hábitat de hibernación de la mariposa monarca (López-García, 2006). Además, alberga una gran biodiversidad, incluyendo cinco tipos de vegetación, como son los bosques de oyamel, pino y oyamel, de pino, encino y el bosque de cedro; 184 especies de vertebrados, 4 anfibios, 6 reptiles, 118 aves y 56 mamíferos; sin embargo, es el lepidóptero conocido con el nombre de Monarca, por su peculiar ciclo de vida y por las características de su metabolismo, quien identifica y da su nombre a la Reserva (Diario Oficial de la Federación, 2000).

La importancia del oyamel en las diversas cuencas de captación de agua también es grande, pues en estos bosques se registran altas precipitaciones y por las características de la cobertura de los diferentes estratos de la comunidad y las propiedades físicas del suelo, permiten una eficiente absorción y retención del agua de lluvia (Madrigal, 1964). Sin embargo, su funcionamiento generalmente es controversial, ya que depende, entre otras causas, de la situación socio-política del país, de sus condiciones demográficas y del grado de dependencia de la población de los recursos naturales o de determinadas actividades productivas (Durán-Medina, *et al.*, 2007).

Muchas de las zonas de alta biodiversidad ecológica, donde normalmente se promueve el establecimiento de ANPs, se caracterizan por el incremento de la población local que tiene grandes rezagos y padece de pobreza, escasas oportunidades de empleo, acceso desigual a

los recursos naturales y nula participación en la toma de decisiones (Zimmerer y Basset, 2003; Stonich, 1998). Tierras poco productivas y la inserción en un sistema político-económico globalizado aumentan la dependencia de los habitantes, dentro y alrededor de las ANPs, sobre los recursos naturales (Brenner, 2005; Barkin, 2003, 2000; Young, 1999; Stonich, 1998; Chapela y Barkin, 1995). En consecuencia, se ejerce mayor presión sobre el medio ambiente, lo cual se ve reflejado en la degradación ambiental de estas zonas (Ramírez *et al.*, 2003; Geist, 1999; Rendón *et al.*, 1997; Bryant y Bailey, 1997; Bryant, 1997; Cohan, 2007). Asimismo, además de la población local, existe una gran cantidad de actores sociales interesados en el aprovechamiento de los recursos naturales de las ANP, incluyendo gobiernos, organizaciones no-gubernamentales (ONGs) y empresas privadas de diferentes clases y competencias (locales, estatales, nacionales e internacionales), entre otros (Brenner, 2006; Geist, 1999; Cohan, 2007). Las actividades antrópicas son consideradas las causas principales del aumento en los niveles de desertificación, deforestación, fragmentación del hábitat y pérdida de biodiversidad (Noble y Dirzo, 1997).

La RBMM está caracterizada por lo accidentado de su relieve, el predominio de fuertes pendientes y la permeabilidad de su suelo que ocasionan en la zona una importante área de captación pluvial, en ésta se forman diversos manantiales, ocho presas y numerosos cuerpos de agua en los estados de Michoacán y de México, por lo cual, la Reserva contribuye de manera importante al balance hídrico de las cuencas hidrológicas de los ríos Balsas y Lerma que abastecen a los centros urbanos y localidades de la región, así como a las ciudades de México y Toluca (Diario Oficial de la Federación, 2000).

La zona de estudio, al estar dentro de dicha Reserva, juega un papel importante en los beneficios que el ambiente y sus recursos proporcionan a la población, entre ellos, destaca la producción de truchas que se caracteriza por ser una actividad de nulo impacto ambiental. La truiticultura tiene requerimientos específicos para su desempeño y progreso, entre los más importantes, está la disponibilidad de buenas cantidades y calidad de agua, con temperaturas bajas, bien oxigenada, libre de sedimentos esencialmente provenientes del suelo. En este contexto, la vegetación sirve como capa protectora entre la atmósfera y el suelo; las hojas y los tallos absorben la energía de los agentes erosivos como el agua y el

viento, en tanto que el sistema de raíces establece la resistencia mecánica del suelo. (Suárez, 1994). Aunque dicha cubierta puede cambiar por causas naturales, es ampliamente aceptado que actualmente la mayor parte de su degradación es causada por acciones humanas (Cincotta *et al.*, 2000; Vitousek *et al.*, 1997). El efecto del cambio de la cobertura vegetal y uso de suelo asociado a las actividades antes mencionadas, ha tenido una considerable incidencia en los procesos hidrológicos en microcuencas a nivel regional, como es en este caso (Sahagian, 2000). La turbidez en el agua es originada por material orgánico e inorgánico; dependiendo de la naturaleza, tamaño y cantidad de partículas en suspensión se tienen dos tipos de turbidez: la originada por el plancton, que es una condición necesaria para el pez, entre más plancton mayor la turbidez; y la turbidez causada por partículas de arcilla y tierra en suspensión, que si bien actúa como filtro de los rayos solares, ésta también afecta considerablemente al desarrollo de los organismos. La turbidez causada por la arcilla y tierra debe ser baja, obteniendo agua limpia y fresca, que es lo requerido para la trucha; en su etapa adulta soporta concentración de estas arcillas, pero afecta su organismo, ya que limita a los peces en la captura del alimento. En general, concentraciones de más de 400mg/l son un factor limitante para los peces.

En el caso de la región michoacana, según el Inventario Nacional de Recursos Naturales 2000 (Instituto de Geografía de la UNAM y SEMARNAT), Michoacán presenta una de las tasas de deforestación más altas del país. La comparación de estos datos respecto a los del Inventario Nacional Forestal (Secretaría de Agricultura y Ganadería), nos ofrece las cifras que se registraron durante ese quinquenio y que corresponden a pérdidas del 5.96% anual de las superficies de bosques templados y de 7.14% anual de la superficie de selvas (Merino-Pérez, 2004). En Michoacán destaca la reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, donde se han reportado tasas anuales de degradación (perturbación o pérdida) de 1.7% entre 1971 y 1984; 2.41% entre 1984 y 1999 (Brower *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2003). Considerando exclusivamente el conjunto montañoso (laderas con pendientes mayores de 15° y valles intermontanos), Ramírez *et al.* (2003) estimaron una tasa de perturbación promedio anual de 1.3% entre 1971 y 2000, más una tasa de deforestación de 0.1% para esas mismas fechas. Finalmente, el monitoreo forestal del Fondo Monarca ha documentado consistentemente la pérdida y deterioro de la cobertura forestal en la zona núcleo de la

Reserva durante los últimos años (López-García, 2006 y 2007): 141.3 hectáreas (2001-2003), 479 hectáreas (2003-2005), 576.4 hectáreas (2005-2006) y 329.08 hectáreas (2006-2007), lo que es alarmante.

Las actividades que provocan la eliminación de la cubierta del suelo generalmente favorecen los procesos de intemperismo y erosión, lo que se traduce en condiciones desfavorables para la actividad trutícola. Las leyes mexicanas son muy claras en cuanto a la normativa que debe seguirse respecto al aprovechamiento de recursos hídricos para fines acuícolas, asimismo, se consideran diversos y detallados aspectos para la regulación y manejo de las actividades antes mencionadas, todo esto como marco jurídico y legal para que la actividad se desarrolle de manera integral y adecuada. Para la truticultura se plantea que el establecimiento de granjas y estanques se realice por lo menos a 15 metros de distancia del cauce o escurrimiento. Sin embargo, en el caso de las granjas de la cuenca estudiada, muchos de los estanques no cumplen con esta norma. Otro aspecto a tener en cuenta son las condiciones del agua utilizada; al final del proceso de producción de truchas, si bien no se trata de agua contaminada, ésta sí lleva cierta carga de nutrientes, residuos orgánicos y partículas de sólidos en suspensión, lo cual, legalmente, no está considerado. En este caso, se debe procurar que el agua utilizada se incorporen a los escurrimientos lo más limpia posible.

Uno de los aspectos con mayor relevancia a considerar en el futuro de la microcuenca estudiada es el referente a los límites político-administrativos, ya que este particular tema es motivo de la problemática ambiental más grave en el área de estudio. Opuestamente al enfoque usado en el estudio de cuencas, la tenencia de la tierra está constituida por límites establecidos arbitrariamente en función de la percepción y la apropiación del territorio por parte de la población local; esto ha sido una de las causas del deterioro ambiental, consecuencia de la deforestación de grandes superficies y la problemática derivada de la erosión del suelo y eventos desastrosos como el ocurrido en febrero del 2010. En la cartografía elaborada en esta tesis, resulta evidente que el tema de la tenencia de la tierra tiene incidencia en la explotación que se le ha dado a los recursos forestales en la zona.

Como parte de los objetivos particulares del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, se considera “Desarrollar un Sistema de Información Básica que concentre y facilite la consulta de los aspectos biológicos, ambientales y sociales relevantes de la Reserva y su entorno, con el fin de poner a disposición de los sujetos sociales e individuos que se interesen, un instrumento de apoyo al conocimiento, definición de criterios o toma de decisiones confiable” (Plan de Manejo de la RBMM, 2000). Ahora bien, el manejo forestal sustentable y la conservación de la biodiversidad requieren de recolección de nuevos tipos de información forestal y cobertura territorial para construir mejores bases de datos, modelos y observaciones en campo. La percepción remota y los SIG han surgido como herramientas geoespaciales clave para satisfacer la creciente demanda de información necesaria para la gestión de recursos naturales (Franklin, 2001; citado en Linke *et al.*, 2007). Si bien los objetivos de los actuales decretos y de la presente investigación no van en direcciones opuestas, en el presente trabajo se presenta una técnica alternativa eficiente utilizada para la evaluación de las condiciones de los bosques. Dado que dichas técnicas aún no tienen gran consideración en los planes de manejo vigentes, los resultados obtenidos en este trabajo tienen como objeto, de forma paralela, mostrar estas técnicas como una herramienta que puede ser puesta en función para enriquecer y fortalecer las prácticas actuales.

Conclusiones

La localización y las características del área de estudio constituyen dos elementos de gran importancia a favor del establecimiento de la truiticultura; esta demostrado que esta actividad tiene un impacto ambiental prácticamente nulo, y que puede lograr muy buenos rendimientos al ser ejecutada, administrada y promovida de manera eficiente. Sin embargo, existen varios aspectos que inciden en el desarrollo de esta actividad; uno de ellos es, en buena medida, la falta de organización entre los productores. El surgimiento y establecimiento de dichas granjas ha sido espontáneo, es decir, ha faltado planeación; esto se hace notar en la cartografía elaborada en este trabajo, donde se demuestra que las granjas truitícolas se encuentran muy cerca del cauce principal y entre sí, lo que resulta negativo ante fenómenos climáticos y atmosféricos extremos, también impide la óptima oxigenación del agua y la asimilación de la materia orgánica desechada por las truchas. Otro aspecto que incide desfavorablemente es la poca difusión que tiene la trucha como un alimento de calidad. Son poco conocidos, a nivel nacional, los grandes beneficios nutricionales que provee al organismo el consumo de trucha; esto hace que la demanda sea insuficiente para estimular, desarrollar y aprovechar al máximo el potencial productivo de esta región. Igualmente, la venta del producto final a intermediarios resulta una desventaja para los productores, ya que los obliga a bajar el precio del producto y, generalmente, son los intermediarios quienes se benefician al venderlo a cadenas de supermercados y tiendas de autoservicio a precios más altos. Las vías de comunicación son otra limitante a la actividad, ya que, con la infraestructura vial existente, es complejo tanto, hacer llegar los insumos al lugar de producción como, al final del proceso, movilizar efectivamente el producto para su comercialización.

Se puede afirmar con seguridad que los factores mencionados no son los únicos que afectan o inciden de manera negativa en la truiticultura del lugar; como parte de los objetivos del presente trabajo, queda demostrado que los requerimientos ambientales de la truiticultura son muy específicos y exigen ciertos parámetros en el agua. Estos requerimientos, físicos y químicos, sólo son posibles si las condiciones de los bosques son buenas. La deforestación y el grado de perturbación a los bosques que ha sufrido la microcuenca, sobre todo en las

partes elevadas -lo que corresponde a la cabecera-, ha afectado en la cantidad y calidad del agua de la que los productores de trucha disponen para dicha actividad. El estado de conservación calculado en esta tesis evidencia el hecho de que los problemas ambientales no son exclusivos de esta actividad económica, sino que afectan a la población en general.

Es posible afirmar que la configuración territorial de la tenencia de la tierra es otro un factor importante en la degradación ambiental; este aspecto, queda demostrado, tiene una incidencia en los recursos forestales de la cabecera de la microcuenca. La mayor superficie afectada y alterada está identificada con claridad, y se asocia directamente con la explotación desmedida que se ha llevado a cabo en los diferentes ejidos que comparten terreno en esta microcuenca.

Queda demostrado también, que la metodología utilizada para determinar el estado de conservación nos permite cartografiar y calcular con precisión las superficies afectadas por la perturbación a los bosques, su gradual alteración y la relación que tiene este indicador ambiental con el resto de los recursos. Asimismo, es posible resaltar que los diagnósticos obtenidos mediante estas metodologías resultan rentables y muy precisos.

Finalmente, se concluye que la actividad trutícola es, en buena medida, un promotor del cuidado y la conservación de los bosques; sin embargo, la educación ambiental y la concientización de los habitantes debe ser reforzada de manera integral en este sentido. La truticultura, el turismo, el aprovechamiento forestal, la agricultura y las demás actividades son importantes pero, por otro lado, debe mantenerse un equilibrio, ya que de ello depende la continuidad en la disponibilidad de los recursos.

Bibliografía

- Aguilera Hernández P. y P. Noriega Curtis. 1985. *La Trucha y su Cultivo*. FONDEPESCA, Secretaria de Pesca. México.
- Arredondo, J.L y Lozano, S.D., 2003. *La acuicultura en México*. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Hidrología, Planta Experimental de Producción Acuícola y Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa. México.
- Arredondo, F. J. L. Y J. T. Ponce P. 1998. *Calidad del agua en la acuicultura: conceptos y aplicaciones*. A.G.T. Editor, S. A. México.
- Bastardo, H., Z. Coché y H. Alvarado. 1988. *Manual técnico para el cultivo de truchas en Venezuela*. FONAIAP. Caracas, Venezuela.
- Bard, J., Lemasson J. y P. Lessent. 1970. *Manual de piscicultura destinado a América tropical*. Centre Technique Foriester Tropical France.
- BLANCO, M.C. (1994). *Filogenia y clasificación taxonómica de la trucha arco iris*. En La Trucha. Cría industrial. Santiago Estévez (cd.), MundiPrensa, Madrid.
- Bocco, G., F. Rosete, P. Bettinger y A. Velázquez 2001b. *Developing a GIS program in rural Mexico*. Community participation equal success. Journal of Forestry 99
- Bocco, G., J.L. Palacio y C.A. Valenzuela 1991. *Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica*. Ciencia y Desarrollo XVII. México.
- Camacho Berthely, E., Moreno Rodriguez, M.A.,Rodriguez Gutierrez,M., Luna Romo, C. y M. Vazquez Hurtado. 2000. *Guía para el cultivo de trucha*. SEMARNAP. México.
- Caylor, J. 2000. *Aerial photography in the next decade*. Journal of Forestry, 98
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- CONABIO, (1998). *Subcuencas hidrológicas*. Extraído de Boletín hidrológico. (1970). Subcuencas hidrológicas en Mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1:1000000. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (2001) *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*, México, Ríos, Dirección de Hidrología. México.

- Contreras, E. F. 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. Ed. UAM-X. México.
- Cotler y Priego, 2004 *El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: caso de la cuenca Lerma-Chapala*. México.
- De la Lanza, E. G. y J: L. García. Calderón. 2000. *Lagos y Presas de México*. Plaza y Valdés, S. A. de C. V. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF), (2000) *Decreto que se declara área natural protegida, con carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Mariposa Monarca*, México.
- Fregoso, A., A. Velázquez, G. Bocco y G. Cortéz 2001. *El enfoque de paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México*. Investigaciones Geográficas 46. Instituto de Geografía UNAM México.
- FAO. 1981. *Cría de peces de agua dulce: como mejorar el estanque*. Serie mejores cultivos. FAO, Roma.
- FAO. 1997. Capacitación 20/1. *Métodos sencillos para la Acuicultura. Construcción de estanques para la Piscicultura en agua dulce construcción de estanques de tierra*. FAO, Roma.
- FAO. 2001. Aquaculture Development. *FAO Technical Guide for Responsible Fisheries No 5*. FAO, Roma.
- Franklin, S. E. 2001. *Remote Sensing for Sustainable Forest Management*. Lewis Publishers. NY, USA.
- García, E., (1998) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), *Climas*, Clasificación de Köppen, modificado por García, Escala 1:1000000, México.
- Huet, Marcel. 1991. *Tratado de piscicultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda edición. Madrid, España.
- Hufshmidt, M. M., 1986. *A conceptual framework for analysis of watershed management activities*. En *Strategies, approaches and systems in integrated watershed management*. FAO Conservation Guide No. 14.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía *Carta Geológica Angangueo*. 2000 México.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad ITER, México.
- Klontz, G.W. 1991. *Manual for rainbow trout production on the family-owned farm*. UC Davis/California Aquaculture. Nelson a Sons, Inc. EUA.
- León. J.I. 1975. *Manual de truchicultura*. Ministerio de Agricultura y Cría. Oficina Nacional de Pesca. Caracas, Venezuela.
- López-García, J. (2011) *Deforestation and forest degradation in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico, 2003-2009*. *Journal of Maps*. v2011, 665-673. 10.4113/jom. 2010.1123.
- López-García, J. and Vega Guzmán, A., (2010) *Vegetation and land use 2009: Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico*, *Journal of Maps*.
- López-García, J., (2007) *Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006–2007)*, *Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN)*, Agosto 2007, México.
- Melo-Gallegos, Carlos; López-García, José; *Contribución Geográfica al Programa Integral de Desarrollo Mariposa Monarca*, Boletín del Instituto de Geografía, No.19, UNAM, México, 1989.
- Murtha, P. A. 1976. *Vegetation damage and remote sensing: principal problems and some recommendations*. Photogrammetria,
- Palomo, G.M. y Arriaga, R.B., 1993. *Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizables*. La planificación de la acuicultura en México. Apoyo a las actividades regionales de la acuicultura en America Latina y el Caribe. Secretaria de Pesca y Direccion General de Acuicultura. México.
- Perez, J. A., 1998. *Situación actual del cultivo de la trucha en México y factores que afectan la producción*. Boletín del programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Red de Diagnostico. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Año1, Volumen 1, Número 2 México.
- Pitt, D. G., R. G. Wagner, R.J. Hall, D. J. King, D. G. Leckie, & U. Runesson. 1997. *Use of remote sensing for forest vegetation management: a problem analysis*. *The Forestry Chronicle*, 73.

- Pillay, T.R. V. 1996. *Acuicultura, principles and practices*. Fishing News Books, Great Britain.
- Sahagian, D., 200. *Global physical effects of anthropogenic hydrological alterations, sea level and wáter redistribution*. Global and Planetary Change. Volumen 25, Numero 1. University of New Hampshire, USA.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2001 *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*, México.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2007 *Ley general de pesca y acuicultura sustentable*. 2007. Diario Oficial de la Federación. México.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2000 Secretaría de Economía, *Carta Geológico-Minera, Angangueo, E14-A26, Estado de México y Michoacán*, Esc. 1:50,000.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), (1985) *Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán*, INEGI, México, D.F.
- Rosete, F. y G. Bocco 1999. *Ordenamiento territorial. Bases conceptuales y estrategias de aplicación en México*. Geografía Agrícola, México.
- SPP, (1981) *Guías para la Interpretación de Cartografía: Edafología*, Secretaría de Programación y Presupuesto, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, México,
- Ruitter, A. 1995. *El pescado y los productos derivados de la pesca: Comparación propiedades nutritivas y estabilidad*. Ed. Acribia. España.
- Villanueva, J., 2002. *Microcuencas*. Universidad Autonoma de Chapingo. México.
- World Health Organization WHO. 1999. *Food Safety Issues Associated with Products from Aquaculture*. WHO Technical Report Series 883. WHO Study Group. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

ANEXOS

Anexo 1. Entrevista para Truticultores del área en estudio

Luis Antonio Contreras E.

Marzo 2011.

Entrevista-encuesta para los productores Trutícolas de La microcuenca del Río la Hacienda. 2011.

I.- Aspectos físicos de las Granjas Trutícolas.

Datos de punto GPS: (Coordenadas y altitud) _____

Nombre de la Granja. _____

Numero de estanques que funcionan en la Granja. _____

¿Cómo se dividen los estanques y cuantos estanques destinan para cada etapa?

Capacidad de cada estanque:(Its) _____medidas alto: __ ancho: __ profundo: _____

¿Cuáles son los parámetros físicos que debe tener el agua para la producción de truchas?

¿Cada cuando se lava el estanque? _____

¿Considera que la granja esta correctamente instalada, en cuestión de localización y funcionalidad?

¿Cuales son las mejoras que considera se pudieran realizar para un mejor funcionamiento de la granja Trutícola?

¿Cual seria el orden de importancia de los siguientes asuntos relacionados a la granja Trutícola?:

Calidad de Agua. () Cantidad de Agua. () Ubicación de la Granja () Insumos. Alimentos () Ventas () Otros _____

Parte II

Producción:

¿Cuáles son los insumos que se necesitan para el funcionamiento de la granja?

¿Qué empresas ¿quién? les proveen de los insumos como alimento y alevines?

¿En qué rubro invierten más?

Alevines (). Alimento (). Mantenimiento y salud().

Personal (sueldos) () Transporte () Otros _____

¿Cuánto dinero se destina para el funcionamiento de la granja? _____ cada cuanto __

¿En qué temporada del año tienen mejor producción y porque?

¿Donde se comercializa su producto principalmente?

¿Cuáles son sus principales compradores?

¿Cuántas toneladas producen en un ciclo (año)?

Parte III

Personal

¿Cuántas personas trabajan en la granja?

¿Cómo están organizados en las labores de la producción en la granja?

¿Cuáles son los problemas mas frecuentes con los que encuentran los trabajadores de las granjas Trutícolas?

¿Reciben apoyos de las organizaciones como el Comité Nacional del Sistema Producto Trucha, y de las dependencias de Gobierno? ¿cuáles?

¿Cuales son las acciones que se deben de tomar para que la producción de Truchas se mantenga en la Región?

Nombre de la persona entrevistada. _____

Anexo 2. Tablas de Muestreos circulares.

Muestreo 1.

Especie	Grosor (m)	Altura (m)
Oyamel	1.4	24.3
Oyamel	0.84	18.3
Encino	0.22	7.5
Oyamel	0.51	10.9
Amargoso	0.9	9.1
Oyamel	0.94	18.6
Oyamel	1.15	28
Oyamel	0.29	10.7
Oyamel	0.51	7.3
Oyamel	0.3	12.5
Oyamel	0.95	26
Oyamel	1.18	27
Oyamel	0.78	28
Amargoso	1.16	15.6
Oyamel	1.08	21.5
Oyamel	0.38	10

Oyamel	0.84	20
Oyamel	1	30
Oyamel	1.66	25
Oyamel	0.9	24.8
Oyamel	0.73	26.4
Oyamel	0.22	13.6
Pino	1.59	25.4
Oyamel	0.93	32
Amargoso (cipres)	0.76	14.9
Oyamel	1.54	26.1
Oyamel	1.72	24.2
Encino	0.52	13.2
Cucharo (myrsine)	0.36	7.4
Oyamel	1	20
Oyamel	0.52	12
Oyamel	0.73	18
Oyamel	1.26	23
Oyamel	1.48	29
Encino	0.62	
Encino	0.82	
Encino	0.15	
Pino*	2	27
Encino	0.48	7
* Centro		
Fecha: 19/NOV/11. Gps: 19°33'06.7" 100°15'19.8" W Elev.2983msnm.		

Muestreo 2.

Especie	Grosor (m)	Altura (m)
Pino*	2.15	33.2
Oyamel	0.71	19.3
Oyamel	0.94	19.6
Oyamel	1.04	19.8
Oyamel	0.65	17.9
Oyamel	0.59	15.8
Oyamel	0.71	15.9
Oyamel	0.32	9.7
Oyamel	0.44	11.6
Oyamel	1.44	23
Oyamel	0.38	7.8
Oyamel	0.37	9.6

Oyamel	0.89	15.6
Encino	0.41	7.4
Oyamel	0.21	7.8
Amargoso	0.22	6.7
Oyamel	1.64	24.2
Pino	0.38	11.8
Pino	0.9	12
Pino	0.48	9.9
Pino	0.4	10.1
Oyamel	1.44	24.2
Oyamel	0.59	15.1
Oyamel	1.43	26.4
Oyamel	0.65	14.6
Oyamel	0.63	16.7
Oyamel	0.31	15.2
Encino	0.29	9.3
Oyamel	1.8	33.2
Oyamel	0.54	14.3
Oyamel	0.32	9.1
Oyamel	1.6	27.3
Pino	1.55	24.6
Oyamel	1.4	23.3
Oyamel	1.18	24.1
Oyamel	0.48	9.6
Oyamel	0.34	9.7
Oyamel	0.31	9.6
Oyamel	0.57	15
Oyamel	0.42	9
Oyamel	0.8	15.3
Encino	0.43	10.5
Oyamel	0.33	12
Oyamel	0.58	17
Oyamel	0.41	11.5
Oyamel	1.22	22
Oyamel	1.17	27.2
Oyamel	1.42	31.5
Oyamel	0.4	9.6
Oyamel	0.7	21.2
* Centro		
Fecha: 19/NOV/11. Gps: 19°33'12.4" N 100°15'25.8"W Elev. 2980msnm.		

Muestreo 3.

Especie	Grosor (m)	Altura (m)
Oyamel	0.44	9.3
Oyamel	0.29	4.2
Oyamel	0.14	4.2

Oyamel	0.6	10.8
Oyamel	0.32	5
Oyamel	0.65	12.7
Oyamel	0.57	11.7
Oyamel	0.6	9.9
Oyamel	0.49	6.7
Oyamel	0.38	6.5
Oyamel	0.68	13.2
Oyamel	0.56	7.8
Oyamel	0.72	13.1
Oyamel	0.43	8.2
Oyamel	0.53	10.3
Oyamel	0.39	8.6
Oyamel	0.53	8.7
Oyamel	0.92	11.8
Encino*	0.73	10.7
Oyamel	0.26	6.5
* Centro		
Fecha: 19/NOV/11		
Gps: 19°33'06"N 100°14'54.6"		
W		
Elev. 2978msnm.		

Muestreo 4.

Especie	Grosor (m)	Altura (m)
Pino	1.12	20.1
Pino	1.93	31.2
Pino	1.53	27.2
Encino	0.87	10
Pino	1.3	21
Oyamel	0.41	6.5
Pino	1.73	26
Oyamel	0.65	14.2
Amargoso	0.28	5.2
Pino	2.14	30
Amargoso	0.41	8.5
Oyamel	0.48	9.8
Amargoso	0.38	8
Pino	1.68	34.3

Pino	1.6	33.2
Pino	2.16	33.8
Pino	2.4	35.8
Pino	2.22	37.5
Pino	2	34.8
Oyamel	0.43	12.8
Oyamel	2.19	34
Pino	1.63	17.4
Oyamel	0.51	8.5
Pino	2.26	26
Pino	0.85	20.6
Oyamel	0.37	10.3
Oyamel	0.4	8.6
Pino*	1.82	32.7
* Centro		
Fecha: 18/NOV/11		
Gps: 19°33'20"N		
100°14'51"W		
Elev. 3047msnm.		

Muestreo 5.

Especie	Grosor (m)	Altura (m)
Pino	3.4	23
Oyamel	0.7	16.3
Oyamel	0.69	15
Oyamel	0.68	15.8
Oyamel	1.21	23.2
Oyamel	1.41	25.9
Oyamel	0.92	9.5
Oyamel	1.17	18.8
Oyamel	0.79	15.3
Oyamel	0.8	17.4
Oyamel	0.42	15.2
Pino	1.7	20.7
Oyamel	0.64	10.7
Amargoso	0.71	11.3
Amargoso	1.5	10.7
Oyamel	1.95	27.8

Oyamel	1.73	28.1
Oyamel	0.62	11.7
Oyamel	0.6	13.5
Oyamel	2.2	26.4
Oyamel	1.76	24.9
Pino*	2.27	29
* Centro		
Fecha: 18/NOV/11		
Gps: 19°33'28.5"N		
100°14'44.3"W		
Elev.3095msnm		

Anexo 3. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas a la Truticultura

- *La NOM-010-PESC-1993 establece requisitos de salud para la importación de organismos acuáticos vivos para propósitos de acuicultura; la Norma contiene una lista de organismos que pueden ser importados para acuicultura.*
- *La NOM-011-PESC-1993 regula la solicitud de cuarentena para impedir la introducción y propagación de enfermedades, así como la importación de organismos acuáticos vivos para propósitos de acuicultura; la Norma contiene listas de enfermedades que requieren certificación y enfermedades que requieren notificación.*
- *NOM-001-SEMARNAT-1996.*
- *NOM-010-PESC-1993 NOM-010-PESC-1993 , que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura y ornato, en el territorio nacional*
- *NOM-011-PESC-1993 NOM-011-PESC-1993 , para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura y ornato en los estados unidos mexicanos.*
- *NOM-030-PESC-2000*
- *NOM-EM-006-PESC-2004*
- *NOM-027-SSA1-1993 NOM-027-SSA1-1993 , Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias*
- *NOM-028-SSA1-1993 NOM-028-SSA1-1993 , Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados en conserva. Especificaciones sanitarias*
- *NOM-128-SSA1-1994 NOM-128-SSA1-1994 , Bienes y servicios. Que establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca*

Anexo 4. Dictamen de apoyos a tricultores primera fase

“Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el Programa”.

FALLO DE LA CONVOCATORIA DIRIGIDA A HOMBRES Y MUJERES, FAMILIAS, GRUPOS SOCIALES U ORGANIZACIONES DE PRODUCTORAS Y PRODUCTORES EN CONDICIONES DE POBREZA, A PRESENTAR PROYECTOS PRODUCTIVOS PARA SER APOYADOS CON RECURSOS DEL PROGRAMA OPCIONES PRODUCTIVAS EN SU MODALIDAD DE FONDO DE COFINANCIAMIENTO, DE FECHA 5 DE FEBRERO AL 17 DE MARZO DE 2010.

LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, POR CONDUCTO DE LA SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL Y HUMANO, A TRAVÉS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE OPCIONES PRODUCTIVAS, CON FUNDAMENTO EN LOS ARTÍCULOS 26, 4, 32 DE LA LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL; 12 Y 24 DEL REGLAMENTO INTERIOR DE LA SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL Y EN LOS NUMERALES 3.3, 3.5.4, 3.7.4 Y 4.2 DE LAS REGLAS DE OPERACIÓN DEL PROGRAMA OPCIONES PRODUCTIVAS, PUBLICADAS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 29 DE DICIEMBRE DE 2009. LA DELEGACIÓN FEDERAL DE LA SEDESOL EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO, CONFORME AL NUMERAL OCTAVO “DIFUSIÓN DE RESULTADOS” DE LA CONVOCATORIA CITADA, EMITE LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

SE COMUNICA A HOMBRES Y MUJERES, FAMILIAS, GRUPOS SOCIALES U ORGANIZACIONES DE PRODUCTORAS Y PRODUCTORES EN CONDICIONES DE POBREZA, QUE EN LA PRIMER SESIÓN ORDINARIA DEL COMITÉ DE VALIDACIÓN ESTATAL DEL PROGRAMA OPCIONES PRODUCTIVAS, EN LA MODALIDAD FONDO DE COFINANCIAMIENTO, CELEBRADA EL DÍA 7 DE MAYO DE 2010, SE APROBARON DIECIOCHO PROYECTOS PRODUCTIVOS, CONDICIONANDO SU PAGO A LA DISPONIBILIDAD PRESUPUESTAL; A LA VISITA EN CAMPO QUE VERIFIQUE EL CONTENIDO DE LOS PROYECTOS PRESENTADOS; Y A QUE LAS PERSONAS, GRUPOS U ORGANIZACIONES, NO TENGAN ADEUDOS VENCIDOS CON OTROS PROGRAMAS FEDERALES DE NATURALEZA SIMILAR.

BAJO NINGÚN CONCEPTO SE ENTREGARÁN RECURSOS A PERSONAS, GRUPOS U ORGANIZACIONES, QUE TENGAN ADEUDOS CON ALGÚN PROGRAMA DE LA SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL O QUE NO HAYAN PRESENTADO LA COMPROBACIÓN DE GASTOS DE APOYOS PREVIOS Y QUE NO CUMPLAN CON LOS DEMAS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LAS REGLAS DE OPERACIÓN.

LOS PROYECTOS PRODUCTIVOS SELECCIONADOS SON LOS SIGUIENTES:

ESTADO

MUNICIPIO

FOLIO

CLAVE DEL PROYECTO

NOMBRE DEL

REPRESENTANTE

LEGAL O SOCIAL

NOMBRE DEL PROYECTO

1

MICHOACÁN

DE OCAMPO

CHARAPAN

2685 MCC/10/FCS/01/16/10/1023

CESAR ESTEBAN

GALVAN GALVAN

ENGORDA DE GANADO BOVINO

2

MICHOACÁN

DE OCAMPO

CHARAPAN

3392 MCC/10/FCS/01/16/23/1565

BERTHA ALICIA

ACHA ROSAS

CRÍA Y ENGORDA DE CERDOS

3

MICHOACÁN

DE OCAMPO

CHERAN

4480 MCC/10/FCS/01/16/56/3909

CATALINA

CAMPANUR DURAN

ELABORACION DE ROPA TIPICA Y

COSTURA

4

MICHOACÁN

DE OCAMPO

EPITACIO

HUERTA

17332 MCC/10/FCS/01/16/50/3657

MARIBEL LOPEZ

YAÑEZ

PIE DE CRÍA Y COMERCIALIZACION

DE OVINOS SUFFOLK

5

MICHOACÁN

DE OCAMPO

NAHUATZEN

6833 MCC/10/FCS/01/16/9/835

ARTEMIO JIMENEZ

CRISOSTOMO

FABRICACION DE MUEBLES DE

MADERA

"Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el Programa".

6

MICHOACÁN

DE OCAMPO

NAHUATZEN

9860 MCC/10/FCS/01/16/1/84

RAFAEL ONCHI

ZAMUDIO

ENGORDA Y MANEJO DE GANADO

BOVINO

7

MICHOACÁN

DE OCAMPO

NAHUATZEN

27371 MCC/10/FCS/01/16/149/6719

EVERARDO OLIVO

CRISOSTOMO

ENGORDA DE GANADO BOVINO

8

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

13116 MCC/10/FCS/01/16/73/4243

SERAFIN CRUZ

ESQUIVEL

REACTIVACION DE PRODUCCION

DE TRUCHA ARCOIRIS (PERDIDA

POR DESASTRE NATURAL)

9

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

15372 MCC/10/FCS/01/16/66/4190

ROSALIO CRUZ

ESQUIVEL

REACTIVACION DE PRODUCCION

DE TRUCHA ARCOIRIS (PERDIDA

POR DESASTRE NATURAL)

10

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

23355 MCC/10/FCS/01/16/180/10465

ARMANDO SOTO

GONZALEZ

REACTIVACION DE PRODUCCION

DE TRUCHA ARCOIRIS (PERDIDA

POR DESASTRE NATURAL)

11

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

23861 MCC/10/FCS/01/16/87/4489

VICTOR SOTO

GONZÁLEZ

REACTIVACION DE PRODUCCION

DE TRUCHA ARCOIRIS (PERDIDA

POR DESASTRE NATURAL)

12

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

23892 MCC/10/FCS/01/16/65/4157

MARTIN CRUZ

GONZÁLEZ

REACTIVACION DE PRODUCCION

DE TRUCHA ARCOIRIS (PERDIDA

POR DESASTRE NATURAL)

13

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

23938 MCC/10/FCS/01/16/82/4402

ALFREDO

GONZÁLEZ

MONDRAGÓN

REACTIVACION DE PRODUCCION

DE TRUCHA ARCOIRIS (PERDIDA

POR DESASTRE NATURAL)

14

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

24083 MCC/10/FCS/01/16/177/10422

GALDINO CRUZ

GUZMAN

REACTIVACION DE PRODUCCION

DE TRUCHA ARCOIRIS (PERDIDA

POR DESASTRE NATURAL)

15

MICHOACÁN

DE OCAMPO

OCAMPO

26662 MCC/10/FCS/01/16/81/4386

MAURICIO GOMEZ

GONZALEZ

REACTIVACION DE LA ACTIVIDAD

ACUICOLA DE TRUCHA ARCOIRIS
(PERDIDA POR DESASTRE
NATURAL)
16
MICHOACÁN
DE OCAMPO
PANINDÍCUARO 15048 MCC/10/FCS/01/16/162/7569
MA SILVIA LOYA
PEREZ
INVERNADERO CERRO PRIETO
17
MICHOACÁN
DE OCAMPO
URUAPAN
13048 MCC/10/FCS/01/16/11/1048
DOMINGO ALEJO

JIMENEZ
PRODUCCION DE MUEBLES
18
MICHOACÁN
DE OCAMPO
ZITÁCUARO
6666 MCC/10/FCS/01/16/119/5325
MARGARITA
MALVAIS JUAREZ
CRIA DE TRUCHA ARCOIRIS
2. SE SOLICITA A LOS REPRESENTANTES
LEGALES O SOCIALES DE LOS PROYECTOS
PRODUCTIVOS SELECCIONADOS,
PRESENTAR PREVIA CITA, LOS DOCUMENTOS
CORRESPONDIENTES EN LAS OFICINAS DE ESTA
DELEGACIÓN.

“Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el Programa”.

3. LOS PROYECTOS PRODUCTIVOS SELECCIONADOS A RECIBIR APOYO, UNA VEZ CUBIERTAS LAS CONDICIONANTES ANTES MENCIONADAS, DEBERÁN SUSCRIBIR LOS CONVENIOS DE CONCERTACIÓN CORRESPONDIENTES Y SUJETARSE A LAS REGLAS DE OPERACIÓN DEL PROGRAMA OPCIONES PRODUCTIVAS EN LA MODALIDAD DE FONDO DE COFINANCIAMIENTO, LOS PROYECTOS QUE NO APARECEN EN EL PRESENTE FALLO, SE CONSIDERAN NO SELECCIONADOS.

4. LOS INTERESADOS CUYOS PROYECTOS NO HAYAN SIDO SELECCIONADOS, PODRÁN ACUDIR A LA DELEGACIÓN FEDERAL DE LA SEDESOL EN LA ENTIDAD FEDERATIVA PARA CONOCER LAS CONSIDERACIONES QUE HAYAN APLICADO AL CASO.

EN LOS TÉRMINOS PREVISTOS EN EL DECRETO DE PRESUPUESTO EGRESOS DE LA FEDERACIÓN 2010, EN SU ARTICULO 31, CUANDO LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, DETECTE FALTAS DE COMPROBACIÓN, DESVIACIONES, INCUMPLIMIENTO A LOS CONVENIOS O ACUERDOS, O INCUMPLIMIENTO EN LA ENTREGA OPORTUNA DE INFORMACIÓN RELATIVA A AVANCES Y METAS ALCANZADAS, PODRÁ SUSPENDER LA RADICACIÓN DE LOS RECURSOS FEDERALES E INCLUSIVE SOLICITAR SU REINTEGRO SIN PERJUICIO DE LO ESTABLECIDO EN LAS DISPOSICIONES APLICABLES.

Anexo 5.

Notas periodísticas del desastre en febrero del 2010.

14/06/12 La Jornada: Michoacán: suman 16 muertos y más de 20 mil damnificados

www.jornada.unam.mx/2010/02/06/estados/025n1est 2/5

Periódico La Jornada

Sábado 6 de febrero de 2010, p. 25

Dieciséis personas muertas, –entre ellas siete niños–, más de 30 desaparecidas y 20 mil damnificadas han dejado hasta ahora las inundaciones provocadas por el desbordamiento de tres ríos en la zona oriente de Michoacán, luego de las torrenciales lluvias.

La Secretaría de Gobernación emitió una declaratoria de emergencia para los municipios de Ocampo, Tiquicheo, Angangueo, Tuxpan y Tuzantla, por las lluvias severas que iniciaron el 3 de febrero, con lo que se activarán recursos del Fondo de Desastres Naturales para atender a los damnificados.

Ayer se incrementó de siete a 16 la cifra de decesos en la región. En los ejidos de El Rosario y Rancho Escondido, municipio de Ocampo se encontraron los cuerpos de ocho personas que murieron sepultadas al desgajarse dos cerros.

Fueron identificados como Francisco Cruz, Juan Miguel Cruz, Diana Paola Martínez, María de Jesús Herrera, Víctor Alfonso de Jesús, Delfino Cruz, Filemón García y Juan Reyes. En Zitácuaro, Érika Martínez perdió la vida en similares circunstancias.

En otro deslave, también en el ejido de El Rosario, cerca del Santuario de la mariposa monarca, un cerro sepultó dos viviendas. El comisariado ejidal Homero Gómez dijo que podrían haber más de una decena de lugareños sepultados; al cierre de esta edición militares y rescatistas retiraban los escombros.

El gobierno de Michoacán informó que permanecerán cerrados hasta nuevo aviso los santuarios Chincua y El Rosario de la Mariposa Monarca, en Ocampo y Angangueo, respectivamente.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación calculó la pérdida total de 40 mil hectáreas de cultivos de la región, en perjuicio de más de 3 mil productores.

Protección Civil del estado reportó que la situación en Angangueo es grave debido a que en ese municipio confluyen dos cuencas que se desbordaron y destruyeron decenas de casas.

Se estima que 80 por ciento de las viviendas de la localidad tienen algún grado de afectación. Hubo deslaves en las partes altas y cientos de lugareños se alojaron en el vecino municipio de Aporo.

El puente vehicular Tuzantla, ubicado en la carretera Zitácuaro-Ciudad se desplomó y dejó incomunicadas a 300 familias.

Nota periodística 2

Cambio de Michoacán.

Ocampo

Vecinos de Ocampo piden apoyo gubernamental para reparar daños ante desastre natural

Enrique Vilchis

Miércoles 10 de Febrero de 2010

Ocampo, Michoacán.- Con poca maquinaria, el municipio de Ocampo trabaja a marchas forzadas para reparar los daños que dejaron las fuertes corrientes de agua que devastaron varias casas en las comunidades del Rosario, Rincón de San Luis, el Salitrillo, entre otras.

En entrevista, el director de Obras Públicas de Ocampo, Marcos Blancas, apuntó que hasta el momento el municipio no ha obtenido el apoyo de las autoridades estatales y federales para reparación de los daños que dejaron las fuertes corrientes de agua que devastaron caminos y viviendas.

También manifestó que hasta el momento se está trabajando en las comunidades que se encuentran incomunicadas, ya que los vecinos no pueden salir de ellas, asimismo, el funcionario municipal de Obras Públicas declaró que hasta el momento ya fueron reabiertos cuatro de los seis caminos de las comunidades más alejadas del municipio.

Marcos Blancas expuso que en estos momentos ya se cuenta con un avance del 70 por ciento en la apertura de caminos rurales.

Por ultimo, refirió que el director de la Comisión Nacional de Agua (Conagua), manifestó ante medios de comunicación que en Ocampo no había daños, siendo que hasta el momento ninguna autoridad se ha parado en estos sitios que fueron devastados por las fuertes corrientes de la semana pasada, y que también tiene graves daños materiales y pérdidas humanas.

Explicó que el municipio de Ocampo necesita el apoyo de los gobiernos federal y estatal, para seguir con las reparaciones de caminos rurales y desensolves ríos y daños en viviendas de los vecinos distintas comunidades como son: El Rosario, El Asoleadero, Rincón de San Luis y el Salitrillo.

Denuncian vecinos del Salitrillo abuso de autoridades ejidales y vividores del Rosario

En entrevista exclusiva con Enrique Soto García, vecino de la comunidad del Salitrillo una de las comunidades más alejadas del municipio de Ocampo, denunció públicamente el abuso que está llevando a cabo el comisariado ejidal del Rosario y un grupo de agitadores, entre ellos Homero Gomes, apuntó que después que las fuertes lluvias que destrozaron al menos unas cinco viviendas en esta comunidad, en este sitio quedaron arboles, trozos de madera, lodo y otras cosas más que arrastraron las corrientes de agua.

Explicó que ahora ya se presentaron las autoridades ejidales para llevarse la madera que esta en este sitio, argumentando que les pertenece, sin embargo, manifestaron los quejosos, que con la poquita de madera que arrastro la corriente, se piensa reparar algunas de las casas que fueron dañadas.

Pero este grupo de agitadores del Rosario no quieren dejárnosla, así lo mencionaron públicamente vecinos del Salitrillo.

Apuntaron que junto con algunas viviendas también perdieron su fuente de trabajo, los criaderos de pescado Arcoíris, para finalizar agregaron que la pérdida fue de aproximadamente 40 mil pesos y que ahora ya no tienen la manera de sostener a sus familia, por ello hacen un llamado al gobierno estatal y federal para que volteen sus ojos hacia la comunidad del Salitrillo, donde también hubo daños materiales importantes.

Nota periodística 3

La Jornada Michoacán Damnificados de Ocampo continúan exigiendo solución a sus demandas

7 mayo 2012 6:10 am

Óscar Villeda Esquivel, corresponsal

Ocampo, 6 de mayo.- Damnificados de las lluvias de febrero de 2010 sostienen de manera constante reuniones con la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) y con la Comisión Nacional del Agua (CNA) para que les sean resueltas sus demandas en cuanto a los trabajos de reparación y los daños que ocasionó el río Salitrillo.

Las familias responsabilizan a dichas dependencias al igual que al encargado para la reconstrucción del Oriente en aquel momento, Eloy Vargas Arreola, por las pérdidas materiales y humanas en la región registradas después de la tromba, las cuales aseguran “son consecuencia de la inapropiada ejecución de obras a los márgenes de los ríos San Isidro, Limpio y El Rosario”, que afectaron diferentes comunidades del municipio, principalmente las de El Rosario, Las Trojes, La Mora, El Asoleadero, El Soldado y San Cristóbal.

“Se le dijo una y otra vez a la constructora que estas acciones eran deficientes y que no resolverían el problema, sino que lo agravarían porque la piedra con la que cubrieron el río Limpio sería arrastrada por la corriente, taponeando represas que se edificaron de forma irresponsable”, y exigen una acción más eficaz por parte del gobierno del estado y la federación, ya que el riesgo aún es latente, además de la fiscalización de los recursos y que se finquen responsabilidades a funcionarios.

De las reuniones sostenidas con las autoridades estatales, municipales y damnificados se desprende que el objetivo principal es la restauración del río con un muro de contención hecho con cemento y varilla para que ofrezca mayor resistencia al golpeteo del agua y no sólo dirigir el cauce con piedras sobrepuestas; al respecto, el secretario del Ayuntamiento, Homero Gómez, resaltó que las autoridades municipales encabezadas por Roberto Arriaga Colín están en toda la disposición de apoyar a los damnificados: “sabemos de la limitación de recursos, pero en cuanto gestiones haremos lo necesario para que acudan con los otros niveles de gobierno, para que les den una pronta solución antes de que lleguen las primeras lluvias; también hemos hecho un llamado para que se concluyan las obras de aquel desastre, ya que existen puentes a punto de colapsar”.

Resaltó que durante estos días se ha incrementado la presencia de elementos del Ejército nacional, que forman parte del Plan DNIII para verificar las zonas de riesgo que pudieran afectar a la población de Ocampo ante el arribo de las primeras lluvias de finales de mayo

http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=303&id_article=61630

http://www.wwf.org.mx/wwfmex/descargas/FS_region_monarca_0803.pdf

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/2/monarca.html>

<http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN26.pdf>

http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/en

http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_cuadro_de_noms

http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_mexico/es