

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE
TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT
EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y
FAUNA “CUATROCIÉNEGAS”
PERIODO 1973-2000**

INFORME FINAL



COMISION NACIONAL DE
AREAS NATURALES
PROTEGIDAS



Fondo Mexicano para la
Conservación de la
Naturaleza, A. C.
Institución Privada

Enero 2003.

Coordinación

Jorge Carranza Sánchez-CONANP
Concepción Molina Islas-FMCN

Equipo Técnico CONANP

Procesamiento de imágenes de satélite
Eduardo González Hernández
Ignacio Paniagua Ruíz

Sistema de Información Geográfica
Delfina Rodríguez Vélez
Lilián G. Rodríguez Sánchez
Juan C. Zamora Espíndola
Cesar O. Silva González
Roberto D. Cruz Flores
Jesús J. Aguilar Mosqueda

El presente reporte forma parte del Sistema de Monitoreo y Evaluación del Fondo para Áreas Naturales Protegidas que desarrollan conjuntamente la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

Agradecemos a la Fundación MacArthur el financiamiento a través del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C., para la adquisición del equipo utilizado en el presente proyecto. Así mismo agradecemos la colaboración del equipo técnico del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, de la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad y de la Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y Suelo de la SEMARNAT por la información proporcionada.

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS PARTICULARES	9
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIONES.....	30
LITERATURA CITADA.....	31

Resumen

Con el establecimiento de las áreas naturales protegidas se busca mantener áreas representativas de ecosistemas biológicamente diversos, sin embargo, es necesario considerar que estas zonas son sujetas a actividades humanas que en muchos casos modifican sus condiciones naturales. Por este motivo es importante contar con información de base del estado de los recursos naturales que coadyuve a plantear estrategias para el uso sustentable de los mismos. Con el propósito de evaluar el progreso y adaptar el manejo de las áreas protegidas con base en la experiencia que se va adquiriendo, es necesario establecer un sistema de monitoreo.

El presente trabajo forma parte del Sistema de Monitoreo y Evaluación del Fondo para Áreas Naturales Protegidas, desarrollado con el Sistema de Información Geográfica de la CONANP adscrito a la Dirección General de Manejo para la Conservación en coordinación con el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C.

Para la elaboración del presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat correspondientes a las décadas de los 70's, 80's, 90's y 2000 a fin de determinar la tasa de transformación del hábitat mediante un análisis retrospectivo en el área de protección de flora y fauna "Cuatrociénegas". Los tipos de vegetación y uso del suelo se agruparon en forestal (Ley Forestal, 1997) y no forestal.

Los resultados obtenidos muestran que la tasa de transformación del hábitat en el período comprendido entre 1973-2000 es de 0.10%, equivalente a 87 ha/año. Cabe resaltar que hasta 1994 es cuando se decreta como área de protección de flora y fauna, y en 1992 anterior a su establecimiento el área presentó 1,536 ha transformadas. Durante el período 1992-2000 se presentó una tasa de 0.15%, con 127 ha/año transformándose 1,020 ha, que sumadas a la superficie ya transformada da como resultado que en el año 2000 sea de 2,556 ha. Los principales usos de suelo que se presentan son la agricultura de riego eventual, afectando al mezquital, áreas sin vegetación aparente, pastizal halófilo y vegetación halófila-gipsófila principalmente. Mientras que el pastizal halófilo y el mezquital tuvo una afectación debido a la presencia de incendios forestales. Si bien la superficie transformada en el 2000 corresponde al 3.03% de la superficie total del área, las obras de irrigación y el aprovechamiento irracional del agua pueden modificar la estructura vegetal del APFF "Cuatrociénegas".

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional, representativas de diversos ecosistemas y de su biodiversidad, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre y están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo. Con el establecimiento de áreas naturales protegidas se crea una estrategia para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de México a fin de asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (LGEEPA, 1997).

Estos ecosistemas representan el patrimonio natural del país, el cual requiere ser conservado no solo por el valor que representa la naturaleza en sí misma, sino también por los servicios ambientales que éstos proporcionan. Las ANP's deben ser vistas desde una perspectiva amplia, en donde se puede ordenar el desarrollo regional, proponer alternativas económicas ambientalmente sustentables y procurar el crecimiento armónico de la población.

En México, los ecosistemas han sido modificados tanto por factores naturales como por el hombre en un lapso de tiempo corto. Un ejemplo de esto son las selvas, las cuales han sido explotadas por diversos sectores de la industria, y más aún han sido transformadas en regiones agropecuarias. En 1984 el aprovechamiento comercial de las selvas representaba más de la tercera parte del bosque comercial del país, donde llegaba a producirse prácticamente el 90% de toda la madera tropical comercial (Ruiz y Gómez, 1987).

Tradicionalmente, los bosques han sido uno de los recursos naturales más importantes para la humanidad. Estos proporcionan fuentes de energía y materias primas, al mismo tiempo que suministran diversos servicios ambientales. Sin embargo, la acelerada pérdida de los bosques es uno de los problemas ambientales de mayor importancia en el mundo. Actualmente se estima que sólo un tercio de la superficie continental (3.54 mil millones de ha) se encuentra bajo cubierta forestal (IFN 2000-2001).

Varios autores han enfatizado la necesidad de cuantificar dicho grado de conversión y expresarlo en términos de los factores desencadenadores del cambio, dando principal énfasis al resultado de la acción antrópica. Una manera confiable para medirlo es a través del estudio de la dinámica espacio temporal de la cubierta vegetal (Berry, *et al*, 1996). En México, durante los últimos años se han realizando diversos trabajos para conocer la situación que guardan los recursos naturales y estimar la tasa de transformación, a través de la generación de los

inventarios forestales. Las estimaciones de superficies forestales perdidas anualmente varían de 365,000 a 1'600,000 hectáreas (Velázquez *et al.* 2002).

El concepto de inventario forestal nacional incluía básicamente la cuantificación del volumen maderable disponible y su distribución espacial, sin embargo este enfoque se ha ido complementando con una visión ecológico-ambiental e integral del recurso forestal incluyendo además una valoración del recurso no maderable y de los servicios ambientales. El nuevo marco conceptual del Inventario Forestal Nacional 2000-2001 busca obtener información que sirva como base para otras gestiones ambientales, como son el cambio de uso del suelo, la estrategia de conservación de áreas naturales protegidas, la formulación de regiones de alto riesgo y en general de apoyo a la gestión de diversos programas federales y estatales (IFN 2000-2001).

En ANP's son pocos los trabajos que se han realizado con el fin de estimar la tasa de transformación. Dirzo y García en 1992, encontraron que para la región de los Tuxtlas la vegetación se redujo un 56% en 20 años y hacia los inicios de 1986, aproximadamente el 84% de la selva original se había perdido. Con esta tendencia, la selva original se reduce a pequeños fragmentos en forma de archipiélagos, de los cuales los mayores coinciden con las áreas actualmente bajo protección y aquellas zonas más inaccesibles. Arreola *et al.*, 1997 y 1999, analiza la tasa de deforestación de la reserva de la biosfera El Triunfo y Montes Azules, así como la región conocida como Márquez de Comillas en el estado de Chiapas. Arreola estimó que la tasa promedio de deforestación para El Triunfo fue de 0.6% anual para el periodo comprendido entre 1975 y 1995 con una pérdida de casi 25,000 hectáreas, mientras que para Montes Azules la tasa en el periodo comprendido entre 1970 y 1993 fue de 0.8% anual, lo cual significa que en casi veinte años, se han perdido aproximadamente 50,000 ha de vegetación original. Mientras que Hernández, 2002, estimó para el Triunfo, una tasa de transformación de 1.32% anual, para el año de 1996-2000. Hinojosa y Delgadillo en 1999 elaboraron el trabajo titulado "Caracterización del paisaje en la vegetación y uso del suelo, y su cambio en las tres últimas décadas apoyados con imágenes Landsat MSS, en el estado de Baja California, México".

Bocco *et al.*, 2001 realizaron el trabajo sobre "Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia", utilizando fotografías aéreas de 1960, 1975 y 1990, donde presentan modelos predictivos para conocer la dirección del cambio de uso de suelo en los próximos treinta años, mediante el uso de sistemas de información geográfica, cadenas de Markov y análisis de regresión. Además se cuenta con la información de Ramírez, 2001 sobre "Cambios en las cubiertas del

suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000", donde menciona que la tasa de deforestación es de 0.2%, para esta zona. Así mismo Brower *et al.*, 2002, analizan los cambios en un área de hibernación principal para la Mariposa Monarca en una superficie de 42,020 ha en los períodos 1971, 1984 y 1999 encontrando que la tasa anual de la degradación entre 1971 a 1984 fue de 1.7% y de 2.41% para los siguientes años de 1984 a 1999. Sin embargo, al analizar los cambios en el área decretada en 1986 la degradación se incrementa del 1% entre 1971-1984 al 3% entre 1984-1999; mencionando que el decreto de 1986 no protegió el bosque.

Uno de los trabajos más recientes es elaborado por Velázquez, *et al.*, 2002 sobre la "Regionalización Ecológica a nivel regional (Escala 1:250,000 y 1:100,000). Análisis del cambio de uso del suelo", en el cual se menciona que actualmente los estudios referentes a los procesos dinámicos en la cobertura del suelo y la deforestación, son importantes y necesarios porque proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada. Actualmente la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I) con el apoyo del Programa de Desarrollo Regional (PRODERS) está determinando el índice de deforestación en 24 zonas prioritarias de la República Mexicana, que incluyen áreas naturales protegidas.

Justificación

Las acciones gubernamentales en las ANP's se han orientado a consolidar programas que permitan desarrollar actividades permanentes de conservación y en manejar dichas zonas con criterios de sustentabilidad. Sin embargo, dada la escasez de recursos económicos, la política de conservación se ha concentrado en 60 de las 148 ANP's establecidas, que cubren el 80% de la superficie bajo protección. A partir de esta definición de prioridades se protegen los ecosistemas más representativos del país, ya que en ellos se localiza la mayor biodiversidad de México.

Algunas de estas ANP's se encuentran enmarcadas dentro de compromisos internacionales contraídos en diversos foros. Al concentrar los esfuerzos institucionales en áreas de relevancia internacional, se pretende consolidar un grupo de ANP's de alta calidad que sirva de base para ampliar la atención institucional hacia otras áreas mediante el autofinanciamiento y la obtención de fondos por parte de organismos multilaterales. Simultáneamente, se continúa avanzando en otras ANP's

que presentan mayor presión al uso de los recursos naturales, el nivel de organización local, el compromiso institucional, etc.

Actualmente la superficie total de las 148 ANP's de carácter federal en México es de aproximadamente 17,303,133 hectáreas, equivale al 6.9% del territorio nacional y 17.11% del mar territorial (12 millas náuticas). Como complemento a las acciones de manejo que el gobierno federal implementó en las áreas naturales protegidas desde 1995, el Gobierno de México y el Banco Mundial crearon en 1997 el Fondo para Áreas Naturales Protegidas dentro del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

En el FANP están incluidas catorce ANP'S que abarcan una superficie de 6'358,496 ha, equivalente al 36.7% de la superficie total decretada bajo alguna categoría de protección a nivel federal en México. Estas áreas son Calakmul, El Triunfo, El Vizcaíno, Isla Contoy, Islas del Golfo de California, Mariposa Monarca, Montes Azules, Ría Lagartos, Sian Ka'an, Sierra de Manantlán, Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, Cuatrociénegas, Chichinautzin-Lagunas de Zempoala –El Tepozteco y Tehuacan-Cuicatlán (Figura 1).



Figura 1. Distribución geográfica de las catorce ANP's, incluidas en el programa FANP.

En particular el área de protección de flora y fauna "Cuatrociénegas", a partir de marzo de 1997 cuenta con personal responsable de la administración y como parte del FANP a partir de 2002, cuenta con financiamiento que garantiza la operación básica y permitirá llevar a cabo diversas acciones de conservación y gestionar recursos adicionales para el desarrollo de proyectos.

El programa FANP tiene por objetivo consolidar la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en las Áreas Naturales Protegidas de México. A fin de conocer los avances de las ANP's enfocados a alcanzar el objetivo del programa se diseñó el Sistema de Monitoreo y Evaluación. El propósito de este sistema es evaluar, retroalimentar y adaptar el manejo de las ANP'S con base en la experiencia que se va adquiriendo. Una evaluación periódica de las acciones de manejo en campo por medio de un sistema de monitoreo que permita estimar avances, ayudará en la toma de decisiones respecto a cómo orientar las acciones de manejo de cada ANP e identificar las presiones que tienen estas áreas por las actividades humanas.

El sistema de monitoreo y evaluación del FANP incluye cuatro indicadores para medir el impacto del programa, dos de estos indicadores están orientados a medir el impacto general de las actividades de conservación en la biodiversidad: a nivel de paisaje el monitoreo biológico está enfocado al análisis de transformación del hábitat, que determina el porcentaje de la vegetación de las ANP's que ha sido transformada por actividades antropogénicas y el otro indicador es la tendencia en el promedio de organismos observados de especies clave. Los otros dos indicadores son socioeconómicos y están enfocados a medir cómo se están utilizando los recursos naturales: número de hectáreas bajo uso sustentable y número de pobladores que adoptan prácticas de uso sustentable.

La información generada con el presente proyecto permitirá contar con la línea base del estado actual de la cobertura vegetal en cada ANP y estimar la tasa de transformación del hábitat.

Objetivo general

Determinar la tasa de transformación del hábitat en el área de protección de flora y fauna "Cuatrociénegas", utilizando imágenes de satélite del período 1973-2000.

Objetivos particulares

- a) Conocer la línea base del estado de conservación de los recursos naturales en el área para el año 2000.
- b) Establecer una metodología para estimar la tasa de transformación del hábitat en las áreas naturales protegidas, utilizando imágenes de satélite para diferentes épocas.

Descripción del área

El área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas está ubicada en la parte central del estado de Coahuila a 80 km al oeste de la ciudad de Monclova, y forma parte del municipio de Cuatrociénegas de Carranza (Figura 2). Fue decretada el 7 de noviembre de 1994 y cuenta con una superficie de 84,347-47-00 Ha.

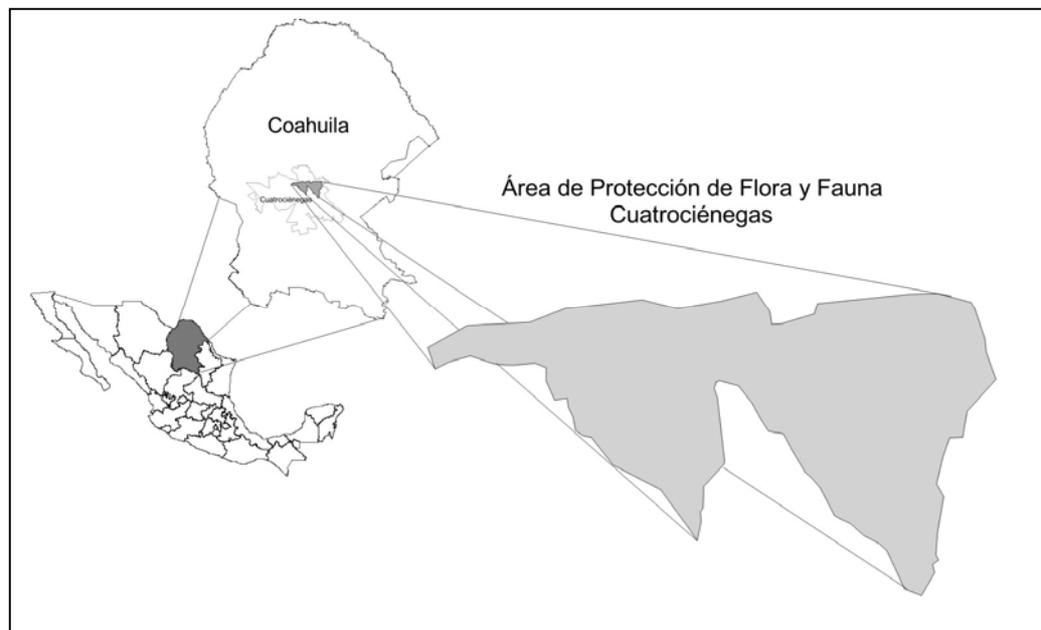


Figura 2. Localización del Área de Protección de Flora y Fauna "Cuatrociénegas".

Cuatrociénegas, se encuentra en la región conocida como Altiplano septentrional o Desierto Chihuahuense e incluye ambientes acuáticos representados por manantiales conocidos como pozas, arroyos permanentes y áreas inundadas donde se concentra el agua de los manantiales conocidos localmente como lagunas. Existen afloramientos de yeso, que en algunas partes se presentan como campos de dunas, las cuales son las segundas en extensión en América donde se localizan algunas especies gipsófilas endémicas. Hay áreas con suelos extremadamente salinos que en algunas partes están cubiertos por matorral o pastizal y otros sin vegetación aparente.

Este sitio es considerado el humedal más importante dentro del Desierto Chihuahuense y uno de los humedales más importantes en México. A nivel internacional el 22 de junio de 1995 fue clasificado como sitio RAMSAR con el registro 734. También es considerado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como uno de los sitios prioritarios para la conservación.

Dentro de los factores ambientales, el clima de la región se considera muy seco semicálido, con muy bajo porcentaje de lluvias invernales. Se caracteriza por una fuerte variación en su temperatura, las escasas precipitaciones pluviales que predominan anualmente varían entre 100 y 440 mm, se presentan en su mayoría en verano, manifestándose en escasos aguaceros y es relativamente común la condición de sequía.

Existen numerosos cuerpos de agua conocidos como pozas, los cuales brotan de manantiales, sus diámetros varían desde menos de un metro hasta más de cien, las profundidades de los mismos van desde 50 cm hasta 18 m, algunas de las pozas están comunicadas entre sí, natural o artificialmente por un sistema de drenaje complicado. Existen alrededor de 200 pozas dentro del valle, aunque también existen algunos arroyos, como el río Mezquites, la mayoría de los cuales son permanentes, sin embargo, la mayor parte del agua es subterránea. Existen dos lagunas de mayor dimensión dentro del Valle llamadas Playitas y Churince.

Originalmente el valle formaba una cuenca cerrada, por lo que es posible que se formaran en la parte más baja pantanos y áreas inundadas someras. La combinación de aislamiento y condiciones extremas de sequedad, humedad y salinidad, así como la presencia de suelos yesosos hacen que el valle presente un mosaico de oportunidades para las formas endémicas y/o relictas, existiendo así una gama de fauna y flora en el sitio. Es importante mencionar que en las zonas donde se acumula el agua se encuentran suelos que presentan problemas de salinidad y sodicidad. Además se pueden encontrar suelos lacustres o aluviales muy alcalinos.

La vegetación se encuentra repartida entre pastizal halófilo y vegetación acuática en el piso de la cuenca, en las dunas de yeso se albergan especies endémicas de plantas gypsófilas, también matorral xerófilo y submontano en las partes más elevadas. Debido al efecto de su clima y suelos, presenta asociaciones vegetales características del desierto Chihuahuense, tales como: matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo, vegetación halófila, vegetación gypsófila y áreas sin vegetación aparente. La fauna de la región de Cuatrociénegas es quizá de las más estudiadas en la zona árida de México, el interés surge del elevado número de taxas endémicas de la región. Algunos de los grupos más estudiados son los moluscos, sin embargo el componente faunístico mas conspicuo en cuanto a diversidad y endemismo son los peces.

La superficie dedicada a actividades agropecuarias y forestales en el municipio de Cuatrociénegas ha sufrido un cambio notorio en la tenencia de la tierra, ya que al dotarse de tierra los ejidos, las haciendas han desaparecido y existe un incremento en la actividad agropecuaria o forestal, triplicándose la superficie dedicada al cultivo de riego como resultado de la construcción de las obras de irrigación por medio de canales dentro del Valle y por otro lado, por la apertura de pozos para riego, mientras que la superficie de las tierras de temporal se ha duplicado de 1930 a la fecha.

En lo que se refiere a la producción pecuaria, se presentan cambios a nivel municipal de acuerdo al número de cabezas de ganado, incrementándose durante 1994. Dentro de los productos agropecuarios del valle y su área de influencia inmediata, se puede mencionar como el más importante a la alfalfa. Es importante señalar que en el valle, se explota con fines comerciales la leña del mezquite, y en los alrededores del área se explota la candelilla. Otro de los recursos importantes es el agua, que brota de diferentes manantiales siendo canalizada y utilizada en labores agrícolas dentro y fuera del valle.

Aunque el valle no debería ser empleado para fines agrícolas por sus características de salinidad, en muchos puntos del valle hay evidencias de desmontes, las tierras abandonadas de cultivo tienen una cubierta vegetal menos abundante que la natural y la erosión de tipo laminar es evidente, ya que constantemente esta barrido por los vientos.

Por otro lado, uno de los problemas más serios es el desarrollo de caminos en el valle. Debido a su superficie plana y a las inundaciones que ocurren en algunas temporadas, los visitantes transitan por nuevas rutas, creando en el muy corto plazo nuevos caminos, lo cual incrementa la erosión y la destrucción de la cubierta vegetal (SEMARNAP, 1999).

Materiales y métodos

Para el presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat con sensores: Multiespectral Scanner (MSS) y Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), identificadas con el path 29 row 41. En la tabla 1, se observa el tipo de sensor y la cantidad de bandas procesadas de las imágenes de satélite para esta área protegida.

Tabla 1. Características de las imágenes de satélite.

CÓDIGO	SENSOR	FECHA	NUMERO DE BANDAS	IMÁGENES PROCESADAS
29/41	MSS	14/Diciembre/1973	5	4
	MSS	12/Marzo/1986	5	4
	MSS	21/Abril/1992	5	4
	ETM	14/Junio/2000	8	6
TOTAL DE IMÁGENES			23	18

Las imágenes MSS empleadas en el presente estudio fueron proporcionadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que corresponden al proyecto North American Landscape Characterization (NALC) que forma parte del Landsat Pathfinder Program de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Las imágenes MSS, cuentan con una resolución espacial de 79 m (0.62 ha) de lado por cada píxel, con una resolución espectral de 0.5 a 1.1 micras distribuidas en 5 bandas (1, 2, 3, 4, 5) que corresponden al espectro visible y al infrarrojo. Para el estudio se emplearon 4 bandas (1, 2, 3, 4).

Las imágenes ETM+ empleadas en el presente estudio, fueron proporcionadas por el Inventario Forestal Nacional 2000-2001, y están compuestas por 8 bandas espectrales que corresponden al satélite más reciente de la familia Landsat e incluye nuevas características que pueden facilitar estudios de cambio de la cobertura vegetal y para su análisis se emplearon 6 bandas que corresponden al espectro visible y al infrarrojo (1, 2, 3, 4, 5 y 7). Las imágenes MSS y ETM+, fueron importadas en IDRISI versión 3.2, utilizando el formato BSQ (Band Sequential) a fin de separar las bandas para su procesamiento. Posteriormente se generaron compuestos en falso color de 24 bits, que sirvieran como base para la identificación de los tipos de vegetación y uso del suelo.

Para la vectorización, se utilizaron Arcinfo 8.1 y Arcview 3.2. Los polígonos de la cobertura vegetal se generaron a partir de la información de uso del suelo y vegetación INEGI, Serie II escala 1:250,000, a nivel

comunidad. Con base a la imagen generada en falso color, se realizaron modificaciones a los límites de los tipos de vegetación y las actividades antrópicas dentro del área para los años 1973, 1986, 1992 y 2000, asimismo se adicionaron polígonos a una escala aproximada de 1:75,000.

Los tipos de uso del suelo y vegetación, que se identificaron para el área de protección de flora y fauna "Cuatrociénegas" en los años 70's, 80's, 90's y 2000, se agruparon de la siguiente forma, de acuerdo a la clasificación del INEGI (Tabla 2).

Tabla 2. Agrupación de los tipos de uso de suelo y Vegetación (INEGI Serie II).

Tipos de Vegetación y uso del Suelo
Matorral desértico micrófilo
Matorral desértico rosetófilo
Matorral submontano
Mezquital
Vegetación halófila y gipsófila
Pastizal halófilo
Área sin vegetación aparente
Cuerpo de agua
Agricultura de riego eventual

La descripción de cada tipo de vegetación corresponde al "Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación" de INEGI, 2000, que se presenta en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Tipos de vegetación identificados para el AFP "Cuatrociénegas".

Vegetación	Descripción	Especies representativas
Matorral desértico micrófilo	Vegetación arbustiva que generalmente presenta ramificaciones desde la base del tallo, cerca de la superficie del suelo y con composición, densidad y altura variable, pero casi siempre inferior a 4 m. Se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país.	<i>Larrea tridentata</i> (Gobernadora), <i>Flourensia cernua</i> (Hojasén), <i>Ambrosia dumosa</i> (Hierba del Burro), <i>Prosopis</i> spp. (Mezquites), <i>Acacia vernicosa</i> (Chaparro prieto), <i>Franseria dumosa</i> (Hierba del burro), <i>Mimosa</i> spp (Uña de gato), <i>Yucca filifera</i> (Palma china), etc.
Matorral desértico rosetófilo	Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se encuentra generalmente sobre xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentarios, en las partes altas de los abanicos aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país.	<i>Agave lechuguilla</i> (lechuguilla), <i>Euphorbia antisiphilitica</i> (candelilla), <i>Parthenium argentatum</i> (guayule), <i>Yucca carnerosana</i> (palma samandoca), etc.
Mezquital	Comunidad vegetal formada por árboles bajos espinosos de mezquites. Se distribuye ampliamente en las zonas semiáridas, principalmente sobre terrenos aluviales profundos, a veces con deficiencia de drenaje. Es común que esta especie se encuentre mezclada con huizaches, palo fierro, palo verde, etc. A veces aparenta ser una comunidad secundaria.	<i>Prosopis</i> spp. (mezquites), <i>Acacia</i> spp. (Huizache), <i>Olneya tesota</i> (Palo fierro), <i>Cercidium</i> spp (Palo verde, Brea).

Matorral submontano	Comunidad arbustiva a veces muy densa, formada por especies inermes o a veces espinosas, caducifolias por un breve período del año; se desarrolla entre los matorrales áridos y los bosques de encino y selva baja caducifolia a altitudes de 1500-1700 m, principalmente en laderas bajas de ambas vertientes de la Sierra Madre Oriental, desde Querétaro e Hidalgo hacia el norte, penetrando más allá de la frontera política con los E. U. A.	<i>Helietta parvifolia</i> (barreta), <i>Neopringlea integrifolia</i> (corva de gallina), <i>Cordia boissieri</i> (anacahuita), <i>Pithecelobium pallens</i> (tenaza), <i>Acacia rigidula</i> (gavia), <i>Gochnatia hypoleuca</i> (ocotillo, olivo), <i>Karwinskia</i> spp. (coyotillo, tullidota), <i>Fraxinus greggi</i> , <i>Acacia berlandieri</i> (guajillo), <i>Amyris</i> spp. (limoncillo), <i>Capparis incana</i> (vara blanca), <i>Rhus virens</i> (lantrisco), <i>flourensia laurifolia</i> , <i>Zanthoxylum fagara</i> , <i>Mimosa leucaneoides</i> , <i>Mortonia greggi</i> (afinador), etc.
Vegetación halófila y gipsófila	Halófila: La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras, en áreas de marismas, etc. Se incluyen en ésta categoría comunidades de gipsófilas, ya que frecuentemente están asociadas. Vegetación arbustiva o herbácea –no con gramíneas- desarrolladas sobre suelos con alto contenido de sales, en zonas áridas o semiáridas. Gipsófila: Vegetación arbustiva o herbácea –no con gramíneas- desarrolladas sobre suelos o rocas con alto contenido de yeso en zonas áridas o semiáridas.	<i>Frankenia</i> , <i>Fouquieria</i> , <i>Dicranocarpus</i> , <i>Sartwellia</i> , <i>Petalonyx</i> , <i>Selinocarpus</i> , <i>Flaveria</i> , <i>Haploesthes</i> , etc. Son comunes las asociaciones de <i>Atriplex</i> spp. (Saladillos, Chamizos, Costilla de vaca), <i>Suaeda</i> spp. (Jauja, Romerillo), <i>Batis maritima</i> (Vidrillo), <i>Abronia maritima</i> (Alfombrilla), <i>Frankenia</i> spp. (Yerbareuma), <i>Limonium californicum</i> (Lavanda de mar), etc.
Pastizal halófilo	Comunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salinos-sódicos, independientemente el clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y cerca de las costas.	<i>Distichlis spicata</i> (zacate salado), <i>eragrostis obtusiflora</i> (zacate jihuite), <i>Spartina spartinae</i> (zacate espinilla), <i>Hilaria mutica</i> (zacate toboso, sabaneta).
Áreas sin vegetación aparente	Se incluye bajo este concepto los eriales, depósitos de litorales, jales, dunas y bancos de ríos y bancos de materiales que se encuentren desprovistos de vegetación o con una cobertura extremadamente baja o en que ésta no sea aparente y, por ende, no se le pueda considerar bajo alguno de los otros conceptos de vegetación. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales como clima muy árido, salinas, o bien porque la vegetación fue eliminada totalmente por actividades humanas.	
Cuerpo de agua	Extensión de agua limitada por tierra.	
Agricultura de riego (incluye riego eventual).	Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas y los cultivos reciben agua de mediante algún sistema de riego durante todo el ciclo agrícola. Riego eventual: Los cultivos reciben agua mediante algún sistema de riego ocasionalmente durante el ciclo agrícola (riegos de auxilio).	

Las coberturas generadas en Arcinfo, fueron transferidas a Arcview 3.2 para su análisis obteniendo el área total en hectáreas de cada uno de los tipos de vegetación por año. Los cálculos de superficie se realizaron en base al polígono establecido en el decreto de 1994, como Área de Protección de Flora y Fauna.

Las clasificaciones de cobertura vegetal, fueron revisadas y modificadas, apoyándose en un trabajo previo en campo realizado por personal de la Subdirección de Análisis de Información Espacial, en coordinación con la dirección del área, registrando puntos con GPS en los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo. Así mismo se consideró el

trabajo realizado por Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A. C. titulado "Sistema de monitoreo del Estado de la Tierra, en el área protegida de Cuatrociénegas y su zona de amortiguamiento". Las correcciones realizadas sobre los límites de los tipos de vegetación y uso de suelo fueron vectorizadas en Arcinfo.

Los tipos de vegetación presentes en el área, se agruparon en vegetación forestal y vegetación no forestal. La primera agrupa al conjunto de plantas dominadas por especies arbóreas, arbustivas o crasas, que crecen y se desarrollan en forma natural formando bosques, selvas y vegetación de zonas áridas (Ley Forestal, 1997) y la segunda agrupa los usos de suelo derivados de actividades antrópicas y/o desastres naturales. Con base a la información obtenida, de la agrupación de los tipos de vegetación, y tomando como base la superficie terrestre de la reserva, se calculó la tasa de transformación del hábitat de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996), citada por Bocco *et al*, 2001, expresada de la siguiente manera:

$$\delta_n = \left(S_2/S_1 \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

δ = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)

S_1 = superficie al inicio del período

S_2 = superficie al final del período

n = número de años entre las dos fechas

En el sistema Arcview se realizó la intersección entre las coberturas de cada década, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La intersección se realizó de la siguiente forma: 70's/80's, 80's/90's, 90's/2000 y 70's/2000. Una vez realizada la intersección, se calculó el área de los polígonos de cambio para generar la base datos, con las propiedades de cada polígono. A partir de esta información se generaron las matrices de Marcov, con los datos de la intersección, donde se muestra las pérdidas y ganancias de cada década como lo muestra Bocco *et al*. 2001. La matriz contienen en el eje vertical los tipos de vegetación forestal y en el horizontal los no forestal, en las celdas se estima la superficie del tipo de vegetación que pasó a otra categoría, permitiendo entender la dinámica de cambio en la cobertura de vegetación y uso de suelo.

Resultados y discusión

Para el análisis se procesaron 18 imágenes de satélite de las que se obtuvieron falsos colores para cada década. La combinación de bandas utilizadas para la generación de compuestos RGB (red, green & blue) se muestran en la tabla 4. En las imágenes MSS, se utilizó un compuesto 421, donde los valores de la vegetación en la banda 4 son muy altos y los de las bandas 2 y 1 muy bajos. Las áreas con este tipo de cobertura aparecen en tonalidades de rojo muy vivas, en la figura 3 se presentan algunos ejemplos de los compuestos usados con muy buenos resultados.

Tabla 4. Combinación de bandas para la elaboración de los compuestos en falso color.

Tipo de sensor	Combinación de bandas
Landsat MSS	421
	321
Landsat ETM	432
	453
	452

Las cuatro coberturas obtenidas como resultado de la modificación de la información de uso del suelo y vegetación INEGI serie II, se encuentran en formato shape compatible a ArcInfo. A los polígonos generados se asignaron identificadores para cada tipo de uso del suelo y vegetación con base a la clasificación del INEGI.

Como resultado del cruce entre las coberturas de las diferentes décadas, se obtuvieron las zonas de cambio con las que se calculó la superficie transformada que se presenta por periodo.

Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 5, donde se puede observar que en 1973, el área presentaba una transformación de 237 ha, que para el año de 1986 era de 758 ha y anterior al decreto en 1992, las áreas transformadas por agricultura eventual ocupaban 1,536 ha.

Para el año 2000, se reporta una superficie transformada de 2,246 ha de agricultura de riego eventual, 2.7% de la superficie total como se puede observar en la tabla 5, existiendo un incremento en la superficie a lo largo del tiempo ocasionado por esta actividad. Para este mismo año se presentó afectaciones a la cobertura vegetal debido a un incendio que cubrió un área aproximada de 310 ha. Los cuerpos de agua cambian periódicamente dependiendo de la temporada del año, por lo que en algunos casos se observa una disminución o un incremento en estos (tabla 5).

Tabla 5. Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para el APFF Cuatrociénegas en el período de 1973-2000.

TIPO DE VEGETACION	1973	%	1986	%	1992	%	2000	%
Vegetación forestal								
Matorral desértico micrófilo	11,717	13.9	11,687	13.9	11,633	13.8	11,575	13.7
Matorral desértico rosetofoilo	10,814	12.8	10,813	12.8	10,785	12.8	10,839	12.9
Matorral submontano	2,984	3.5	2,976	3.5	2,976	3.5	2,963	3.5
Mezquital	10,897	12.9	10,625	12.6	10,419	12.4	10,031	11.9
Vegetación halófila y gipsófila	21,237	25.2	21,237	25.2	21,118	25.1	21,039	25.0
Pastizal halófilo	7,101	8.4	7,006	8.3	6,718	8.0	6,495	7.7
Área sin vegetación aparente	19,091	22.7	18,937	22.5	18,873	22.4	18,609	22.1
Cuerpo de agua	152	0.2	191	0.2	175	0.2	126	0.1
	83,995	99.7	83,474	99.1	82,696	98.2	81,676	97.0
Vegetación no forestal								
Área incendiada							310	0.4
Agricultura de riego eventual	237	0.3	758	0.9	1,536	1.8	2,246	2.7

Los tipos de vegetación descritos en la tabla 5, son agrupados en vegetación forestal y no forestal en la tabla 6, considerando la superficie total del polígono de la reserva, donde se puede observar su comportamiento.

Tabla 6. Superficie forestal en hectáreas para el APFF "Cuatrociénegas" en el período de 1973-2000.

	FORESTAL	%	NO FORESTAL	%
SUPERFICIE TOTAL	84,232			
1973	83,995	99.72	237	0.28
1986	83,474	99.10	758	0.90
1992	82,696	98.18	1,536	1.82
07 Noviembre de 1994, establecimiento del área como APFF.				
2000	81,676	96.97	2,556	3.03

La tasa de transformación del hábitat se calculó aplicando la fórmula a los resultados obtenidos en la agrupación de clases de la vegetación forestal y no forestal, y los resultados se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Tasa de transformación del hábitat para el APFF "Cuatrociénegas" en el período 1973-2000.

Período	S1 (Ha)	S2 (Ha)	Cambio (Ha)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual	Ha/año	Cambio acumulado (Ha)
1973-1986	83,995	83,474	-521	13	0.00048	0.05	40	-521
1986-1992	83,474	82,696	-778	6	0.00156	0.16	130	-1,299
1992-2000	82,696	81,676	-1,020	8	0.00155	0.15	127	-2,319
1973-2000	83,995	81,676	-2,319	27	0.00104	0.10	87	-2,319

En la figura 4, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el APFF "Cuatrociénegas" en el año 1973, donde se observa que la vegetación que predomina en el valle, es la vegetación halófila y gipsófila, áreas sin vegetación aparente, pastizal halófilo y áreas de mezquite, mientras que cercano a la zona de montañas se encuentra el matorral desértico micrófilo, rosetófilo y submontano. En cuanto a las actividades antrópicas se pueden observar una influencia de las zonas de cultivo aledañas a la población de Cuatrociénegas cercano al límite norte del polígono del área, así como cerca de la localidad de Santa Tecla.

En el periodo 1973-1986 se presentó una tasa de transformación del 0.05% (tabla 7), con 40 ha/año, con una superficie transformada de 521 ha, que sumadas a la superficie ya transformada da como resultado que en 1986 lleguen a 758 ha. El resultado de la intersección de las coberturas indica que la agricultura de riego tiene un impacto sobre el mezquital y áreas sin vegetación aparente principalmente (tabla 8).

Tabla 8. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1973 y 1986.

Vegetación y uso de suelo 70's-80's	Transformación (Ha)	
	Área incendiada	Agricultura riego eventual
Forestal		
Matorral desértico micrófilo		-20
Matorral desértico rosetófilo		-3
Matorral submontano		-5
Mezquital		-304
Vegetación halófila y gipsófila		
Pastizal halófilo		-86
Área sin vegetación aparente		-103
Cuerpo de agua		
Total	0	-521
-521 Ha. transformadas en el período.		

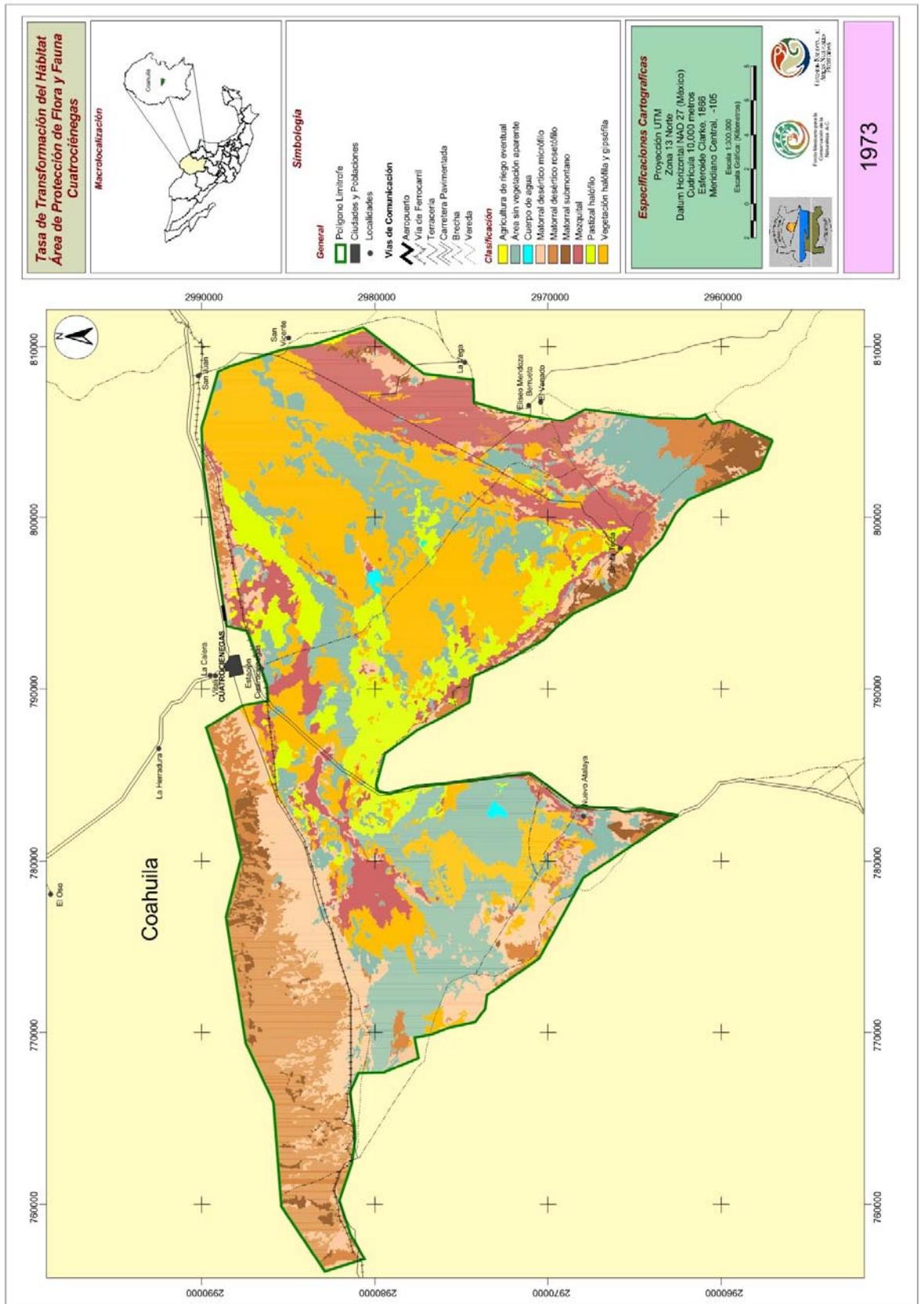


Figura 4. Uso del Suelo y Vegetación en 1973 para el Área de Protección de Flora y Fauna "Cuatrociénegas".

En la figura 5 se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el APFF "Cuatrociénegas" presentes en el año 1986, donde se puede observar un incremento en la superficie de las áreas agrícolas aledañas a la población de Cuatrociénegas, así como cerca de la localidad El Venado y al oeste del polígono del área.

En el periodo 1986-1992 se transformaron un total de 778 ha, con una tasa de 0.16% con 130 ha/año (tabla 7), dando lugar a que en 1992 la superficie transformada llegue a 1,536 ha (tabla 6). En este período, la agricultura de riego eventual crece sobre la vegetación de pastizal halófilo, mezquital y vegetación halófila y gipsófila principalmente (tabla 9).

Tabla 9. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1986 y 1992.

Vegetación y uso de suelo 80's-90's	Transformación (Ha)	
	Área incendiada	Agricultura riego eventual
Forestal		
Matorral desértico micrófilo		-59
Matorral desértico roseto fillo		-28
Matorral submontano		
Mezquital		-227
Vegetación halófila y gipsófila		-137
Pastizal halófilo		-268
Área sin vegetación aparente		-59
Cuerpo de agua		
Total	0	-778
-778 Ha. transformadas en el período.		

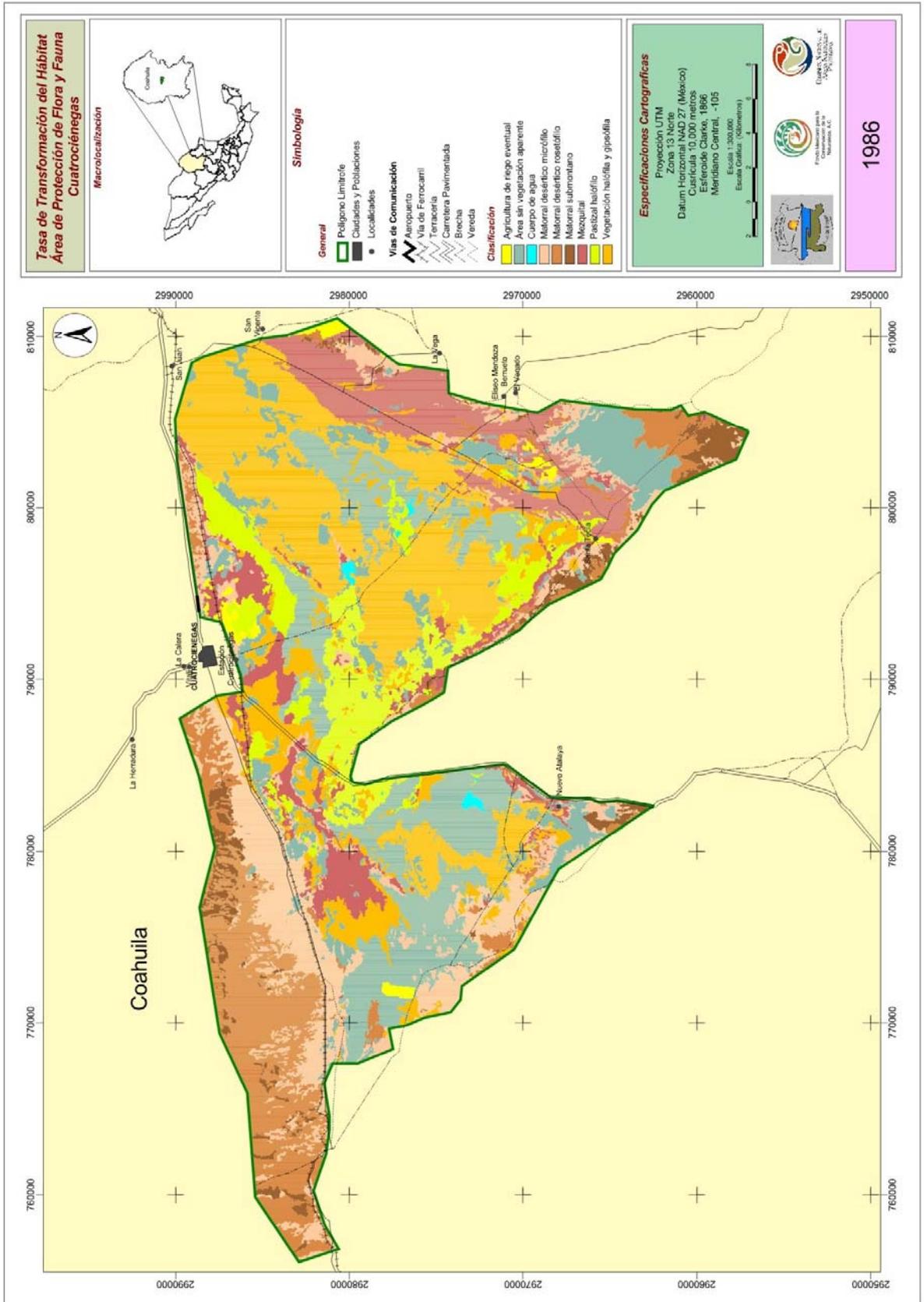


Figura 5. Uso del Suelo y Vegetación en 1986 para el Área de Protección de Flora y Fauna "Cuatrociénegas".

En la figura 6 se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el APFF "Cuatrociénegas" en el año 1992, en esta figura se puede apreciar el crecimiento en las áreas agrícolas ya establecidas y apertura de nuevas áreas al este del polígono cercano a la localidad La Vega.

Para el período 1992-2000 época en que se establece el APFF (1994), se transformaron 1,020 ha con una tasa de transformación a 0.15% con 127 ha/año (tabla 7), lo que ocasiona que la superficie se incremente a 2,556 ha (tabla 6).

En este último período, la agricultura de riego eventual sigue en aumento sobre el mezquital, áreas sin vegetación aparente y vegetación halófila y gipsófila principalmente. En esta década también se presentan áreas afectadas por incendios forestales siendo el pastizal halófilo el más afectado y el mezquital en menor proporción (tabla 10).

Tabla 10. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1992 y 2000.

Vegetación y uso de suelo 90's-2000	Transformación (Ha)	
	Área incendiada	Agricultura riego eventual
Forestal		
Matorral desértico micrófilo		-66
Matorral desértico roseto filo		7
Matorral submontano		-12
Mezquital	-11	-244
Vegetación halófila y gipsófila		-118
Pastizal halófilo	-299	-14
Área sin vegetación aparente		-263
Cuerpo de agua		
Total	-310	-710
-1,020 Ha. transformadas en el período.		

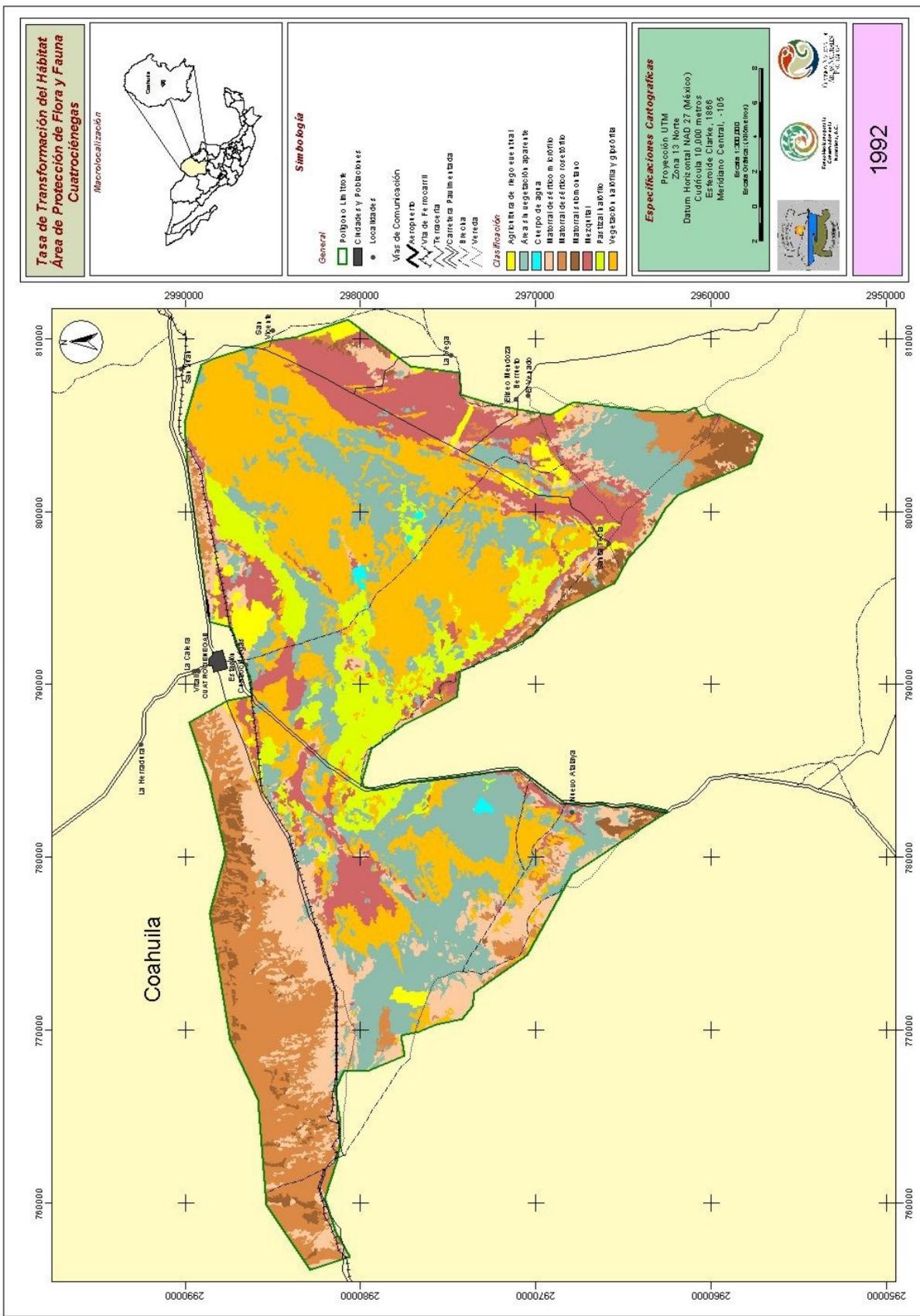


Figura 6. Uso del Suelo y vegetación en 1992 para el Área de Protección de Flora y Fauna "Cuatrociénegas".

En la figura 7 se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el APFF "Cuatrociénegas" en el año 2000, se observa un aumento en las áreas agrícolas establecidas y la presencia de un área de pastizal halófilo incendiada que se ubica al sureste de la población de Cuatrociénegas.

En la tabla 11, se muestra la transformación del hábitat que ha sufrido el área de protección de flora y fauna "Cuatrociénegas" en el periodo 1973-2000. En este período se obtuvo una tasa de transformación de 0.10%, con 87 ha/año (tabla 7), lo cual significa que en un período de 27 años se han transformado 2,319 ha (tabla 7), que corresponden al 2.75% de la superficie total. La actividad principal de uso del suelo ha sido la actividad de agricultura de riego eventual, impactando principalmente al mezquital, áreas sin vegetación aparente, pastizal halófilo, vegetación halófila y gipsófila y matorral desértico micrófilo, así como áreas afectadas por incendios forestales hacia el pastizal halófilo y mezquital (tabla 11).

Tabla 11. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período de los 1973 y 2000.

Vegetación y uso de suelo 70's-2000	Transformación (Ha)	
	Área incendiada	Agricultura riego eventual
Forestal		
Matorral desértico micrófilo		-151
Matorral desértico rosetofo		-14
Matorral submontano		-19
Mezquital	-11	-732
Vegetación halófila y gipsófila		-239
Pastizal halófilo	-299	-318
Área sin vegetación aparente		-536
Cuerpo de agua		
Total	-310	-2009
	-2,319 Ha. transformadas en el período.	

En la figura 8, se presenta la transformación del hábitat en el periodo correspondiente a 1973-2000, en color amarillo se observan las actividades de uso del suelo que se presentaban en 1973. En diferentes colores se indican los cambios de uso de suelo sobre los tipos de vegetación. En las zonas aledañas a la población de Cuatrociénegas cercano al limite norte del polígono del área en donde se registra el mayor cambio de uso de suelo debido a actividades agrícolas, así como también en la localidad de Santa Tecla y cercano al poblado El Venado y La Vega, se observan los diferentes cambios que han existido a lo largo de este período.

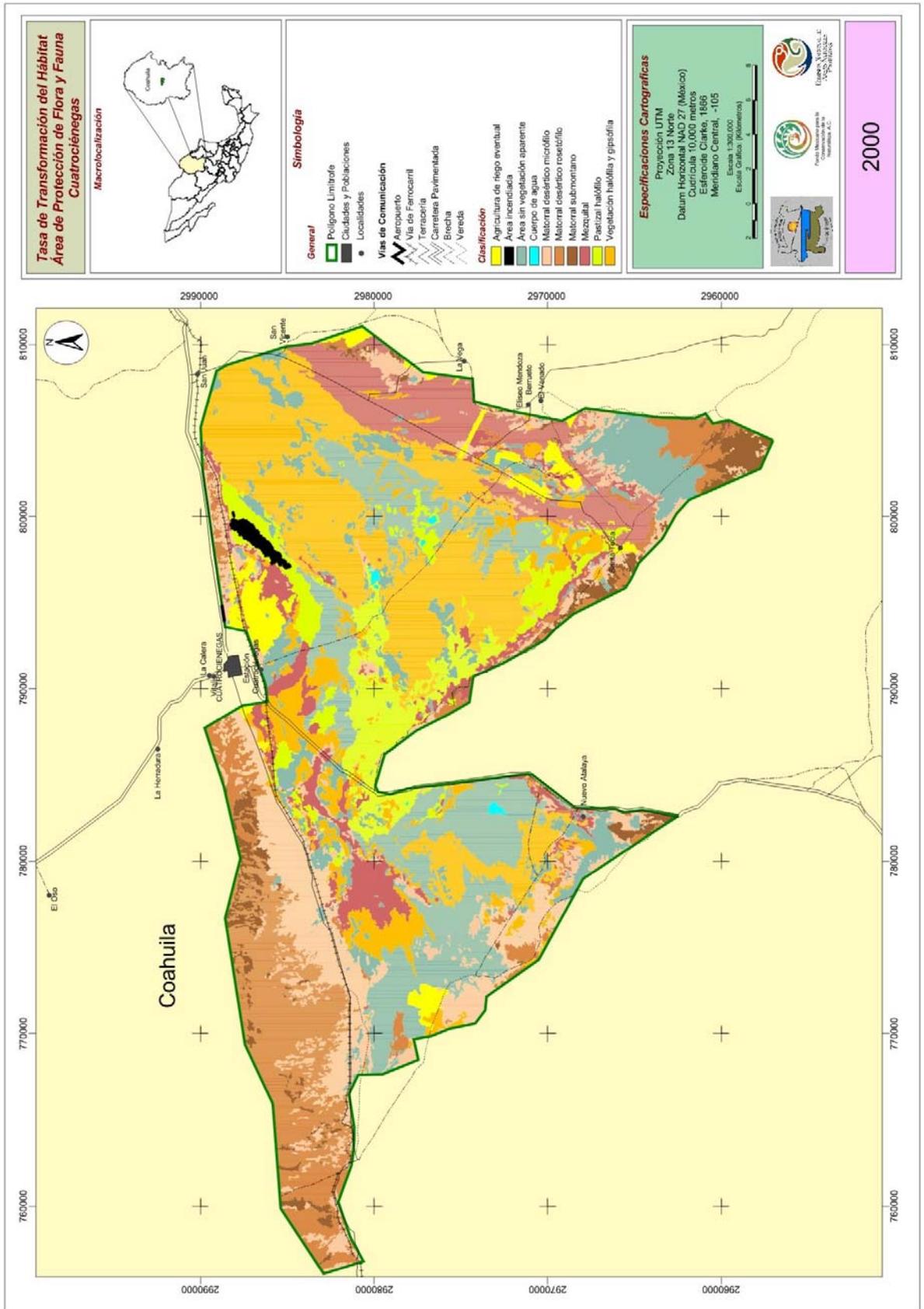
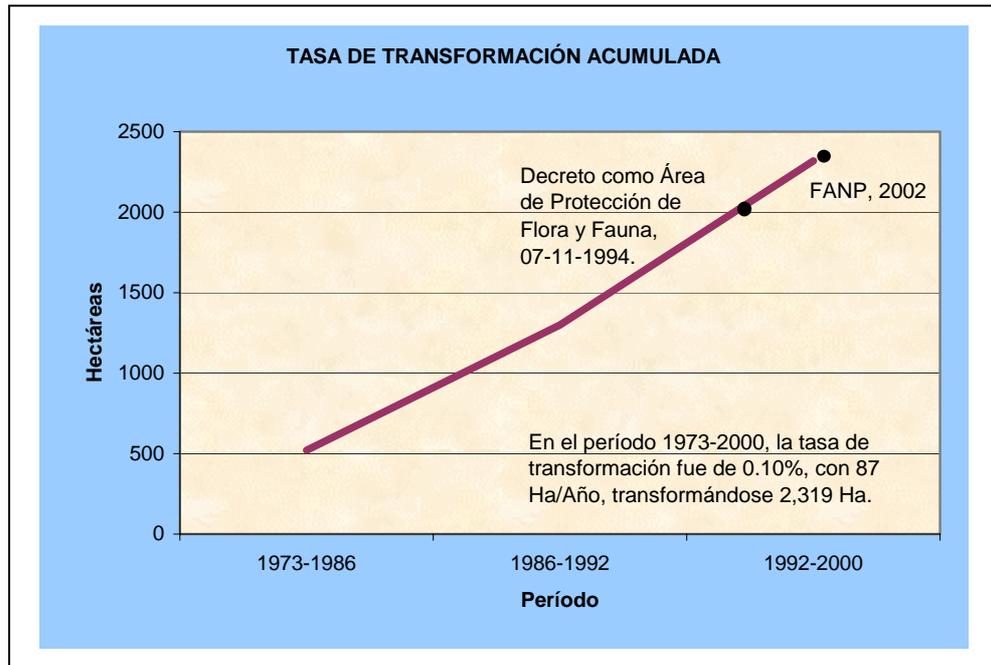


Figura 7. Uso del Suelo y Vegetación en 2000 para el Área de Protección de Flora y Fauna "Cuatrociénegas".

La tendencia a la transformación del hábitat en el polígono que delimita la reserva se puede apreciar en la tabla 7, gráfica 1, en donde se muestran los valores de la superficie transformada acumulada en los tres períodos analizados.



Gráfica 1. Tendencia a la transformación del hábitat del APFF "Cuatrociénegas".

El resultado del análisis de la tendencia en la tasa de transformación del hábitat en el área de protección de flora y fauna "Cuatrociénegas" muestra una tendencia a incrementarse como se observa en la grafica 1, tabla 12.

La tendencia en la tasa de transformación del hábitat corresponde al polígono que actualmente delimita el área. Por lo que la estructura del uso del suelo y vegetación para el año 2000 debe considerarse como la información de base que permitirá conocer la tendencia en la transformación del hábitat en el futuro.

Tabla 12. Tasa de transformación del hábitat de la Reserva, incluida en el FANP

ÁREA NATURAL PROTEGIDA	SUPERFICIE TRANSFORMADA (Ha)				FANP	Tasa de Transformación Anual (% Sup Total)	Ha/Año	# de años
	70's-80's	80's-90's	90's-2000					
	70's	80's	90's	00				
Superficie en el período (Ha/año)		521 (40)	778 (130)	1,020 (127)		0.10	87	27
Superficie acumulada	237	758	1,536	2,556				
	Período de creación del FANP							
	Período en que se decretó el ANP							

Conclusiones

El área de protección de flora y fauna "Cuatrociénegas", presentó en el año 2000 una superficie de 2,556 ha, transformadas por actividades antrópicas correspondiente al 3.03% de la superficie total del área. La tasa de transformación del hábitat obtenida para Cuatrociénegas, en el período 1973-2000 fue de 0.10% con 87 ha/año con una transformación total en este período de 2,319 ha. Durante el período en el que se establece el APFF y que da inicio la administración el área tuvo una transformación de 1,020 ha con 127 ha/año.

La principal actividad humana que ha transformado la cobertura vegetal es la agricultura de riego eventual. Lo anterior debido a que a partir de 1960 el área de irrigación en la zona se triplicó, en parte como resultado de la construcción de obras por medio de canales dentro del valle y por otro lado, por la apertura de pozos para riego, dando lugar a que el cultivo de alfalfa sea el cultivo más importante dentro del valle y sus alrededores. Por otra parte, debido a las características del suelo del valle no deberían de ser utilizados con fines agrícolas por lo que en algunos casos existen evidencias de desmontes y tierras abandonadas de cultivo.

Otra actividad que impacta es la explotación de la leña del mezquite con fines comerciales, las últimas cuotas autorizadas fueron del orden de 1900 m3 para los años 1998-1999.

Otro de los problemas que ocasionan cambio en el uso de suelo son los incendios que pueden ser provocados con el fin de estimular el crecimiento del pasto o bien ocasionados por algún descuido. Durante el

período de análisis en la imagen de satélite del 2000 se registro un área incendiada que ocupó una superficie de 310 ha sobre el pastizal halófilo.

Si bien existe una tendencia a la transformación del hábitat principalmente por actividades agrícolas en los últimos 27 años, este crecimiento dentro del área ha sido sólo del 3.03% de la superficie. Sin embargo, la construcción de obras de irrigación y el uso del agua irracional con fines agrícolas, provocarían una transformación de vegetación por la carencia de agua o por los cambios en el nivel.

Literatura citada

Arreola, A., Cuevas, G., Becerril, R., Guillén, C., Noble, L., Altamirano, M. 1997. Análisis sobre los cambios de uso y cobertura vegetal en la Reserva de la biosfera El Triunfo. WWF-IDESMAC. Chiapas, México. pp. 71-83

Arreola-Muñoz, A.V. 1999. Marginación y cambio de uso del suelo en tres fronteras forestales de Chiapas, Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 294 pp.

Berry, M. W., R.O. Flamm, B. C. Hazen, R.L. MacIntyre. 1996. The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Decisions. IEEE Computational Science & Engineering 3:1. 24-35 pp.

Bocco G., López G., Mendoza C. 2001. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. Instituto de Geografía, Boletín No. 45. UNAM. 56-76 pp.

Brower, L., Castilleja, G., Peralta, A., Lopez, J., Bojorquez, L., Diaz, S., Melgareo, D., Missrie, M. 2002. Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the Monarca butterfly in Mexico, 1971-1999. *Conservation Biology*, Vol. 16, No. 2. 354-356 pp.

Dirzo R., García M. 1992. Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico. Instituto de Geografía, UNAM. 84-86 pp.

Hernández, E. 2002. Tipos de vegetación y uso de suelo en el Corredor Sierra Madre del Sur, ("Quetzal") en el área correspondiente a la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. Informe final. Conservation Internacional México, A. C. 35 pp.

Hinojosa, C. A. y R. J. Delgadillo. 1999. Caracterización del paisaje en la vegetación y uso del suelo, y su cambio en las tres últimas décadas apoyados con imágenes Landsat MSS, en el estado de Baja California, México. CONACYT. México.

INEGI. 2000. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación.

Ramírez R. I. 2001. Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000. Instituto de Geografía, UNAM. 39, 45-52 pp.

Ruíz. M., y Gómez A., 1987. Diagnóstico de los Sistemas de Inventario Forestal Utilizados en la Región Trópico-Húmeda de México, *In*: Lund, H.G, Caballero-Deloya M., Villareal-Canton R. Eds. Land and Resource Evaluation for National Planning in the Tropics: Proceedings of the International Conference and Workshop; 1987; México; Gen. Tech. Report WO-39. Department of Agriculture, Forest Service; Washington, D.C. USA 524 pp.

SEMARNAT, 1997. Ley Forestal. México. 51 pp.

SEMARNAP, 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México. 109-130 pp.

SEMARNAP, 1999. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna "Cuatrociénegas". Instituto Nacional de Ecología. México. 13-38 pp.

SEMARNAT, UAM. Proyecto de determinación del índice de deforestación en 24 zonas prioritarias de la República Mexicana. Dirección General de Programas Regionales. México.

UNAM, Instituto de Geografía, 2000. Informe del Inventario Forestal Nacional 2000-2001, México, 266 pp.

Velázquez A., Mas J. F., Palacio J. L. 2002. Regionalización Ecológica a nivel regional (escalas 1:250,000 y 1:100,000) y local (1:50,000 y 1:250,000). Análisis del cambio de uso de suelo. SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Geografía, UNAM. 5-6, 28-30 pp.