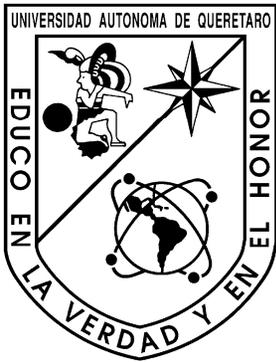


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
FACULTAD DE QUÍMICA
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS

“PROPUESTA DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PAISAJE EN LA MICROCUENCA EJIDO PATRIA, QUERÉTARO”

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN GESTION INTEGRADA DE CUENCAS

PRESENTA
ANTONIO FERNÁNDEZ LÓPEZ
EXPEDIENTE: 158983

DIRIGIDO POR:
M. EN C. ULISES PADILLA GARCÍA

C.U. SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO.

FEBRERO DE 2009



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales
Facultad de Ingeniería
Facultad de Química
Facultad de Psicología
Facultad de Filosofía
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

**“Propuesta de áreas de conservación y evaluación del paisaje en la
Microcuenca Ejido Patria, Querétaro”**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

Antonio Fernández López

Dirigido por:

Ulises Padilla García

SINODALES

M. en C. Ulises Padilla García
Presidente

M. en C. Diana Elisa Bustos Contreras
Secretario

M. en C. Lucía Sanaphre Villanueva
Vocal

M. en C. María Eugenia Briceño Sáinz
Suplente

Dr. Rolando Tenoch Bárcenas
Suplente

Biol. Jaime Angeles Angeles
Director de la Facultad de Ciencias Naturales


Firma


Firma


Firma


Firma


Firma

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Febrero de 2009
México

RESUMEN

La microcuenca Ejido Patria se localiza al norte del municipio de Colón en el estado de Querétaro. Se trata de una zona con una importante variedad ecosistémica y una alta riqueza biológica producto de su accidentada topografía y su amplio gradiente altitudinal. La problemática actual se relaciona con la pérdida de la superficie vegetal original y una mala práctica de manejo ganadero, situaciones que han traído secuelas que se manifiestan en un incremento de la pérdida de suelo y presión sobre la vida silvestre. Por tanto, y para reconocer la importancia ecológica y ambiental de la microcuenca, en el presente trabajo se analizó el estado actual del paisaje y se determinaron áreas de aptitud para la conservación mediante una evaluación multicriterio aplicada a un Sistema de Información Geográfica. Según el análisis del paisaje se encontró un escenario compuesto de 17 clases paisajísticas que suman un total de 393 fragmentos, de los cuales 292 pertenecen a parcelas agrícolas que solo ocupan el 10% del área total de la microcuenca. Los valores de MNN (Índice de la Distancia al Vecino mas Cercano) e IJI (Índice de Adyacencia) muestran una estructura espacial medianamente concentrada entre fragmentos de la misma clase. Por su parte el MSI (Índice de Forma) y el AWMPFD (Índice Fractal) indican que los fragmentos en general tienen formas medianamente complejas, propias de elementos naturales. Los índices de diversidad y distribución de Shannon (SEI y SDI) indicaron que la microcuenca presenta un paisaje heterogéneo y altamente diverso. El análisis del efecto de borde y hábitat interior muestra que un borde de 100 metros permite en cierta medida una mayor conectividad entre hábitats adecuados que un borde de 300 metros. Por otro lado, la simulación manual para la recuperación de hábitat interior resultó en un polígono con forma más simple que integra todos los ecosistemas de la microcuenca sin intervenir en las áreas agrícolas. En cuanto al procedimiento de evaluación multicriterio se encontró que los criterios utilizados apuntan como las áreas mas aptas para la conservación, aquellas en donde la riqueza biológica es mayor y la cubierta vegetal presenta bajos o nulos indicativos de alteración. Mediante el análisis del paisaje, la aplicación del método de ponderación lineal y la integración del balance hídrico y modelo de erosión hídrica se determinó que la microcuenca presenta un alto valor para su conservación, y que el fuerte potencial que presentan sus recursos naturales pueden perfilarse hacia el desarrollo de una amplia gama de proyectos de manejo y aprovechamiento sustentable que repercutan en la participación de sus habitantes y en la mejora de los niveles actualmente altos de marginación que presentan la mayor parte de sus localidades.

Palabras clave: Método de ponderación lineal, Análisis de paisaje, Conservación, Aprovechamiento sustentable.

SUMMARY

The micro-basin Ejido Patria is located north of the town of Colon in the State of Queretaro. This is an area with an important variety of ecosystems and biological richness, product of its rugged topography and its wide altitudinal gradient. The current problem is related to the loss of its original vegetation surface and poor livestock management practice, situations that has brought sequels such as an increased loss of top soil and pressure on its wildlife. Therefore, to recognize the environmental and ecological importance of the micro-basin, this project analyzed the current state of the landscape and identifies adequate areas for the conservation of the ecosystems through a multicriteria evaluation applied to a Geographic Information System. According to the landscape analysis it found a scenario consisting of 17 landscape classes for a total of 393 fragments, of which 292 belong to farms that occupy 10% of the total micro-basin area. MNN values (Index of the Distance of the Nearest Neighbor) and IJI (Adjacency Index) show an average space concentrated structure between fragments of the same class. Also the MSI (Form Index) and AWMPFD (Fractal Index) indicated that the fragments in general have fairly complex forms proper of their natural elements. The diversity and distribution index of Shannon (SEI and SDI) indicate that the micro-basin has a highly diverse and heterogeneous landscape. The analysis of the border effect and interior habitat shows that a border of 100 meters allows somewhat a higher connectivity between suitable habitats than a 300 meters border. On the other hand, the manual simulations for the habitat recovery resulted in a polygon with a simple form that integrates all of the micro-basin's ecosystems without interfering in the agricultural areas. As for the multicriteria evaluation procedure, it was found that the criteria pointed to the most suitable areas for preservation, those where the biological richer areas and the areas with greater vegetable cover, which provides low or no indication of alteration. Through the landscape analysis, the weighted linear prediction method, and the water balance integration and water erosion model it was determined that the micro-basin presents a high viability for its conservation and that the high potential of its natural resources can be lead into a wide range of management and sustainable projects which imply the participation of its people and the improvement of the current highly marginalized levels that occur in most of their localities.

Keywords: weighted linear prediction method, landscape analysis, conservation, sustainable exploitation.

DEDICATORIA

A mi buen amigo Fernando Mendoza Quijano quien lamentablemente falleció el 14 de septiembre de 2008 en un accidente automovilístico. Agradezco enormemente las importantes contribuciones al presente trabajo de tesis, su disponibilidad, el apoyo en la determinación de especies herpetológicas y su inigualable objetividad durante las revisiones. Un abrazo y mi más sincero agradecimiento donde quiera que te encuentres.

Fernando Mendoza Quijano

3 de abril de 1957 – 14 de septiembre de 2008

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios de posgrado al otorgárseme una beca y concluir una etapa mas en mi vida académica. Muchas gracias.

A mi director de tesis Ulises Padilla por apoyarme en la realización del presente trabajo y por su valiosa amistad; a María Eugenia por su constancia y objetividad durante las revisiones y por cada uno de sus consejos; a Diana Bustos por enseñarme parte de la importancia que juega la sociedad dentro de los ecosistemas; a Lucia Sanaphre por su apoyo en el interesante mundo de los Sistemas de Información Geográfica; y a Rolando Tenoch por apoyarme en la corroboración de la identificación de especies cactológicas. Gracias a cada uno de ustedes.

A los profesores y compañeros de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas por dejarme nuevos conocimientos y experiencias de vida, durante esta etapa de estudios. A cada uno de ellos muchas gracias.

Un especial agradecimiento a María Cecilia y sus dos hijas Ariana y Martina por hacerme más feliz mi estancia en la ciudad de Querétaro y por hacerme querer ser una mejor persona cada día. Las quiero mucho.

Un agradecimiento a Norma Hernández por apoyarme en la identificación de algunas huellas de mamíferos.

Agradezco a Nicolás Urbina por sus importantes revisiones, consejos y su apreciable amistad. Gracias.

A María Luisa Barrio de la O “Mi hija” y a mi cuñado Luis Montana por su apoyo en la traducción y revisión del resumen al ingles.

A mi familia que a su manera me han sabido apoyar durante mis estudios.

A mis amigos y camaradas de Ciudad Juárez que me han enviado a la distancia sus buenos deseos para concluir mis estudios de maestría. Ellos saben quienes son.

Agradezco mucho a Judith, Tere y su familia y en especial a Edith por apoyarme durante las salidas de campo y por soportar las intensas caminatas, que sin duda pondría en aprietos a cualquier deportista. Estoy seguro que siempre lo recordarán.

Agradezco de manera muy especial a los habitantes con quien tuve contacto en la Microcuenca Ejido Patria por compartirme parte de su información y visión de sus áreas naturales y por mostrar un particular interés en la conservación de sus recursos naturales.

Muchas gracias a todos los que de alguna manera formaron parte de este viaje de maestría. Me quedo con muchos recuerdos y experiencias.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN -----	I
SUMMARY -----	II
DEDICATORIA -----	III
AGRADECIMIENTOS -----	IV
INDICE GENERAL -----	VI
INDICE DE TABLAS -----	IX
INDICE DE FIGURAS -----	XI
INDICE DE GRAFICAS -----	XIII
1. INTRODUCCION -----	1
2. REVISION DE LITERATURA -----	3
2.1 Métodos multicriterio en proyectos de conservación -----	3
2.2 Manejo de cuencas y enfoque paisajístico -----	4
2.3 El papel de la vegetación en las cuencas y en el paisaje -----	9
2.4 Importancia del conocimiento de la riqueza biológica -----	11
3. OBJETIVOS -----	13
3.1 Objetivo general -----	13
3.2 Objetivos específicos -----	13
4. METODOLOGÍA -----	14
4.1 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS Y SOCIOECONÓMICAS DE LA MICROCUENCA -----	14
4.1.1 Aspecto físico -----	14
4.1.2 Aspecto biológico -----	20
4.1.3 Aspecto socioeconómico -----	22
4.2 DESARROLLO METODOLOGICO -----	27
4.2.1 Diagrama de flujo de las actividades realizadas -----	27
4.2.2 Análisis del paisaje -----	27
4.2.3 Balance hídrico superficial -----	30

4.2.4 Modelo de erosión hídrica actual y potencial -----	32
4.2.5 Método de Ponderación Lineal o Scoring para la determinación de áreas de aptitud para la conservación aplicado a un Sistema de Información Geográfica -----	34
5. RESULTADOS -----	46
5.1 Composición y configuración del paisaje actual -----	46
5.1.1 Composición del paisaje -----	46
5.1.2 Arreglo espacial -----	48
5.1.3 Estado del paisaje a través del índice de forma y dimensión fractal de sus parches -----	49
5.1.4 Diversidad paisajística -----	51
5.1.5 Efecto de borde y hábitat interior -----	51
5.1.6 Simulación manual para la recuperación de hábitat interior y formación de corredores -----	53
5.2 Balance hídrico superficial -----	54
5.3 Erosión hídrica actual y potencial -----	57
5.4 Evaluación multicriterio -----	59
5.4.1 Evaluación de los criterios empleados -----	59
5.4.1.1 Identificación de las alternativas -----	59
5.4.1.2 Estimación de la cobertura, estratos y naturalidad de la vegetación-----	60
5.4.1.3 Riqueza cactológica -----	62
5.4.1.4 Riqueza de vertebrados -----	65
5.4.1.5 Especies en riesgo -----	68
5.4.2 Asignación de pesos a los criterios -----	69
5.4.2.1 Entrevistas semiestructuradas -----	70
5.4.2.2 Información visual recabada durante los recorridos -----	72
5.4.3 Valores ponderados de las alternativas -----	75
5.4.4 Mapa de aptitud para la conservación -----	76

6. DISCUSIÓN	78
6.1 Estado actual del paisaje	78
6.2 Evaluación multicriterio y propuesta de conservación	84
6.3 Panorama para la microcuenca Ejido Patria ante la propuesta de conservación	90
7. CONCLUSIÓN	96
8. RECOMENDACIONES	98
9. LITERATURA CONSULTADA	101
ANEXOS	109
Anexo I. Formato para los registros de flora y fauna durante los recorridos en campo	109
Anexo II. Guía de entrevistas semiestructurada para la toma de datos con los habitantes	110
Anexo III. Listado de las especies de cactáceas	111
Anexo IV. Listado de las especies de vertebrados	112
Anexo V. Resultados obtenidos de la ponderación lineal	115
ANEXO FOTOGRAFICO	116

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Coordenadas extremas en sistema UTM de la microcuenca	14
2	Características hidromorfológicas de la microcuenca	16
3	Proporción de edades de la población de la microcuenca	22
4	Escuelas presentes en la microcuenca	23
5	Atributos utilizados para cada uno de los criterios	44
6	Número de parches y sus respectivas áreas de cada una de las clases paisajísticas que componen el mosaico de la microcuenca	47
7	Índice de forma y dimensión fractal de las clases paisajísticas	51
8	Coberturas, estratos, naturalidad de la vegetación	62
9	Número de especies de cactáceas por tipo de vegetación	63
10	Especies de vertebrados por tipo de vegetación	66
11	Especies referidas en la NOM-059-2001	69
12	Respuestas categorizadas de los cuatro temas abordados	

	durante las entrevistas con habitantes de la microcuenca	71
13	Valores obtenidos para cada alternativa mediante una ponderación lineal	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ubicación de la Microcuenca Ejido Patria	15
2	Principales topoformas de la microcuenca Ejido Patria	16
3	Geología de la microcuenca Ejido Patria	17
4	Mapa edafológico de la microcuenca Ejido Patria	18
5	Hidrología superficial de la microcuenca Ejido Patria	19
6	Uso de suelo y vegetación de la microcuenca Ejido Patria	20
7	Diagrama de flujo de las actividades realizadas	27
8	Mosaico del paisaje en la microcuenca	46
9	Áreas de hábitat interior con un efecto de borde hipotético de 300 Metros	52
10	Áreas de hábitat interior con un efecto de borde hipotético de 100 Metros	52
11	Simulación manual hipotética para la recuperación de área de hábitat interior	53
12	Escurrimiento medio anual en la microcuenca	54

13	Áreas de la infiltración total en la microcuenca	55
14	Áreas de evapotranspiración en la microcuenca	56
15	Áreas de recarga potencial en la microcuenca	57
16	Modelo de erosión hídrica actual en la microcuenca	58
17	Modelo de erosión hídrica potencial de la microcuenca	59
18	Mapa de vegetación de la microcuenca	60
19	Áreas de pastoreo en la microcuenca	73
20	Tierras de cultivo de temporal en la microcuenca	74
21	Mapa de aptitud para la conservación en la microcuenca	77

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica		Página
1	Índice de marginación en 13 localidades de la microcuenca	26
2	Índice de la distancia al vecino más cercano	48
3	Índice de adyacencia	49
4	Índice de forma	50
5	Géneros y número de especies de la familia Cactaceae	63
6	Diferencia en la riqueza de especies de cactáceas entre áreas conservadas y alteradas	64
7	Grupos de vertebrados registrados durante el presente trabajo	65
8	Diferencia en la riqueza de especies de vertebrados entre áreas conservadas y alteradas	67
9	Acumulación de los vertebrados registrados en la microcuenca	68

1. INTRODUCCIÓN

La microcuenca Ejido Patria se localiza al norte del municipio de Colón en el estado de Querétaro. Se trata de una zona con una importante variedad ecosistémica y una integridad ecológica funcional buena, producto de su accidentada topografía, sus formaciones orográficas y su amplio gradiente altitudinal (CONABIO, 2000 y SEDESU, 2006). Algunas características relevantes de este complejo ecosistémico son la presencia de endemismos de plantas vasculares (Gómez y Sánchez, 1999) y una alta riqueza de especies de hongos (Landeros, y col., 2006).

Dentro de un contexto de conservación enfocado en microcuencas, parte del Cerro del Zamorano y sus áreas adyacentes pertenecientes a la microcuenca Ejido Patria (MEP) presentan elementos importantes que se mencionan a continuación:

- La parte alta de la microcuenca es una de las zonas con mayor humedad en el Estado de Querétaro, promoviendo la infiltración del agua de las precipitaciones y regula la dinámica hidrológica por la presencia de sus áreas de bosques conservados.
- Presenta una variedad ecosistémica muy importante debido al amplio gradiente altitudinal (1800 – 3260 msnm), desde matorrales en la parte baja hasta bosques de latifoliadas y coníferas en la cabecera.
- Provee de agua a las comunidades que habitan la microcuenca para sus distintas actividades productivas y uso personal (SEDESU, 2006), además de realizar importantes aportes de agua para alimentar a la presa de La Soledad, donde se lleva a cabo turismo comercial de pescado fresco cocinado, funcionando como un sitio de descanso.
- Mas allá de la presa, fuera de la microcuenca las aguas que se liberan son utilizadas para agricultura de riego, siendo beneficiadas algunas

localidades (como: Salitrera, El Poleo, El Carrizal), sumando una población de mas de 1000 habitantes (INEGI, 2005).

- La cabecera de la microcuenca es la mayor elevación en el Estado donde ocurre el bosque de oyamel en las condiciones más puras y mejor conservadas en el Estado de Querétaro.
- Las áreas boscosas de la parte alta de la microcuenca y otras zonas con buena cobertura vegetal funcionan como elementos preventivos ante posibles avenidas extraordinarias de agua.
- La amplia riqueza de sus recursos naturales, así como la belleza escénica de sus paisajes, representan nuevas alternativas para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento sustentable. Estas alternativas pueden contribuir positivamente en el ámbito socio-económico de las localidades de la microcuenca.

La problemática en el Cerro del Zamorano (de acuerdo a la evaluación de CONABIO, 2000) se relaciona con la pérdida de superficie de la vegetación original, la fragmentación de hábitat, la presión sobre especies de flora y fauna, una mala práctica de manejo ganadero y la extracción de leña.

Por tanto, y para reconocer la importancia ecológica y ambiental de la microcuenca, en el presente trabajo se analizó el estado actual del paisaje y se determinaron áreas de aptitud para la conservación mediante una evaluación multicriterio aplicada a un Sistema de Información Geográfica. De esta manera, por conservación se entenderá como: *la administración sostenible de los recursos naturales implicando preservación, mantenimiento, restauración, utilización sostenible y el mejoramiento de los ecosistemas.*

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Métodos multicriterio en proyectos de conservación

Existe una amplia gama de métodos multicriterio para la toma de decisiones. En general todos ellos tienen la finalidad de evaluar una serie de alternativas a través de múltiples criterios para la determinación y elección de la alternativa más apropiada según el objetivo planteado.

Estos métodos han sido ampliamente utilizados para múltiples fines dentro del mundo administrativo, educativo, legislativo y científico por mencionar algunos (Ocaña y Galacho, 2002; Sánchez y col., 2004; Geneletti, 2007). De estos métodos podemos mencionar algunos:

- **Método de utilidad multiatributo (MAUT):** Desarrollado por Keeny y Raiffa (1976) este método está encaminado a expresar las preferencias del decisor ante un conjunto de atributos o criterios según la utilidad que le reportan dentro de un contexto de la teoría de la decisión en condiciones de incertidumbre. Este modelo se basa en la agregación de preferencias efectuadas en relación a criterios individuales, en los cuales se modelan las preferencias globales mediante una función de valor. Las principales ventajas son: que se puede excluir cualquier incomparabilidad y que las preferencias son transitivas.
- **Método de ponderación lineal o scoring:** Se trata de uno de los métodos más utilizados en el mundo para la toma de decisiones. Con este método se obtiene una puntuación global mediante la suma de las contribuciones de cada criterio (Anderson y col., 1999). Es un método compensatorio que llega a resultar dependiente de la asignación de pesos a los criterios y de la escala de valores, además de que supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad. Posiblemente su mayor

ventaja es que se pueden obtener resultados de una manera rápida y sencilla.

- **Proceso de análisis jerárquico (AHP):** Desarrollado por Thomas Saaty (1980), se basa en la comprensión intuitiva de problemas complejos utilizando una estructura jerárquica. Tiene la finalidad de que el decisor estructure un problema multicriterio en forma visual y jerarquice los atributos a partir de una ponderación pareada.
- **Método ELECTRE:** Se basa en las relaciones de superación para decidir a cerca de la determinación de una solución, que si bien puede no ser óptima se le considera como satisfactoria

Estos métodos multicriterio son una herramienta de gran utilidad cuando se proyectan para beneficio de la conservación. Han funcionado para sustentar el valor de áreas ecológicas, áreas para la protección de flora y fauna, áreas con potencial hidrológico e incluso en programas de manejo y rehabilitación de áreas perturbadas (Sánchez y col., 2004; Geneletti, 2007). De ahí que estos métodos funcionen como una alternativa viable y de relativa facilidad de aplicación para quienes tienen la capacidad y el poder de tomar decisiones sobre la administración de los recursos naturales.

2.2 Manejo de cuencas y enfoque paisajístico

El concepto original de manejo de cuencas se refiere a la regulación de la descarga de agua que proviene de la misma. En estos casos se busca que los suelos absorban el agua y con ellos regular las descargas en cantidad, calidad y tiempo, siempre retardando y reduciendo la escorrentía superficial al promover la infiltración. También hay proyectos que buscan el fin contrario, es decir, buscan que el agua no se infiltre para poder captarla en algún receptáculo o impedir que las plantas freatófitas extraigan el agua subterránea. En cualquier caso se busca

utilizar a la cuenca como captadora de agua utilizándose como unidad territorial adecuada para su manejo (Dourojeanni y col., 2002).

Analizar el ambiente desde un enfoque de cuencas hidrográficas ayuda a entender los eventos de interrelación del relieve-suelo-clima-vegetación, así como da la posibilidad de explicar las externalidades que se presentan por los diferentes usos del suelo. De esta manera, las cuencas se muestran como unidades apropiadas de gestión, sin embargo, no presentan homogeneidad en su territorio lo que las hace un sistema complejo. Para llegar a un mayor entendimiento sobre el manejo de cuencas, es imprescindible acudir a herramientas que integren sus elementos. Una alternativa es el estudio a nivel de paisaje analizando su estructura y composición, pues en ellos se puede buscar la homogeneidad en unidades espaciales manejables que expliquen con mayor detalle el funcionamiento ecológico-social en ese espacio dado (Cotler y Priego, 2004).

Existe un gran número de definiciones para el concepto “Paisaje” y resulta tan variante como la percepción que tiene cada persona de su entorno inmediato. Algunas definiciones son:

- Unidades naturales existente, consideradas como un todo formada por partes (elementos y componentes naturales) que interactúan entre si y formal un sistema (Sochava, 1978).
- Es la proyección en un espacio concreto del geosistemas, donde existen relaciones geográficas compuestas por un fenosistema (elementos perceptibles del paisaje) y un criptosistema (factores ocultos que explican los elementos del paisaje) (Gómez, 2000).
- Complejo fisonómico que se proyecta como una armónica individualidad (Buzai, 2001).

- Extensión de cualquier dimensión, en cuyos límites los diferentes componentes naturales de la estructura geológica, litología, el relieve, el clima, el agua, los suelos, la flora y la fauna tanto en estado natural o bien, modificados por actividad humana, se encuentran en estrecha interacción formando un sistema (Mateo, 2007).

Cual sea el caso, realizar estudios del medio ambiente desde un enfoque paisajístico o de cuencas hidrográficas, traen consigo ventajas únicas de manera independiente por lo que una integración de ambos enfoques presenta una alternativa atractiva al considerar la perspectiva holística que maneja el estudio de paisajes y el poder explicativo de las externalidades del uso del suelo que maneja el enfoque de cuencas (Cotler y Priego, 2004).

Considerando que el territorio puede estudiarse en unidades de paisajes según su extensión (zona, dominio, región natural, geosistemas, geofacies, geotopo) es viable considerar a las cuencas como unidades paisajísticas como una alternativa para la gestión integrada de los recursos naturales, ya que en ella pueden seguirse estudios y principios básicos del derecho ambiental y de la economía ecológica que pueden sintetizarse así (Gutiérrez-Yurrita 2007b):

- Investigaciones ecológicas para establecer el grado de **recuperación** o rehabilitación de los sistemas dañados, de tal forma que puedan conservarse los ecosistemas en un estado que haga sustentable el uso de sus recursos y mantener, así, el “buen estado ecológico” de ríos, lagunas y humedales, por ejemplo.
- Aplicar el principio de **Integración** ecológica de los cauces y riberas en la gestión de las cuencas a través de sus valoraciones (González y García., 2006), así como el Principio de **Precaución**, por el cual se establece que si

no hay certeza del efecto que causará una acción, es mejor que no se realice.

- El análisis de **Riesgos** es determinante para conocer qué repercusiones negativas tanto para el medio humano como para el medio social tendría una acción en la cuenca; y la **Gestión de los riesgos** dentro del estudio de riesgos, sirve para observar cómo pueden paliarse los efectos naturales e inducidos imprevisibles, como la **sequía**.
- Todo estudio conlleva un análisis de ahorro y mejora de la **eficiencia** en el uso de los recursos naturales de la cuenca, incluyendo el uso directo e indirecto del agua; este análisis va emparejado con la aplicación de nuevas **tecnologías**.
- El fomento de las actividades para involucrar a la sociedad en la toma de decisiones, mediante los llamados procesos de **Participación** ciudadana son ineludibles.
- La **Racionalidad** económica de la gestión de las aguas y la **Gestión integrada** de recursos hídricos, considerando todos los aspectos y actores interrelacionados es otra asignatura crucial en el estudio de cuencas.
- Elaboración de documentos normativos para usos del territorio, donde el respeto al **marco legal** y los criterios establecidos de justicia son imperativos para el desarrollo integral de la sociedad.

Por otro lado, en el manejo de los recursos hídricos, el enfoque de cuencas es el mas aceptable, pues las cuencas son las unidades de manejo por excelencia del recurso agua. Existen cuatro categorías bien definidas sobre el manejo de los recursos hídricos (Banco Mundial, 1998):

1. *Desarrollo de los recursos hídricos orientados a proyectos.* Da prioridad a proyectos aislados de agua potable, irrigación, generación de energía hidroeléctrica, recreación, etc., por lo que los beneficios son individuales para cada uno de ellos.
2. *Desarrollo subsectorial de los recursos hídricos.* Se trata de proyectos que pueden tener usos similares concebidos en un marco subsectorial. La mayor parte de los proyectos surgen de planes maestros de agua potable, riesgo y saneamiento.
3. *Manejo subsectorial de los recursos hídricos.* Aquí se refiere a problemas relativos al uso del agua para ser resueltos.
4. *Gestión integrada de los recursos hídricos.* Todos los proyectos consideran todos los usos que puede tener el agua incluyendo, incluyendo al medio ambiente y los conflictos entre los usuarios.

Según la definición de la Asociación Mundial del Agua, la gestión integrada de los recursos hídricos, es un proceso destinado a promover el manejo y el desarrollo coordinados de los recursos hídricos, los suelos y los recursos conexos, con vistas a maximizar el bienestar económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales. Esta definición está basada en el reconocimiento de que una intervención de un punto incide sobre la totalidad del sistema. La gestión sostenible y eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque holístico, vinculando el desarrollo social y económico, así como a la protección de los ecosistemas naturales, estableciendo los enlaces correspondientes entre la ordenación de las aguas y de los suelos (GIC, 2004).

Bajo esta perspectiva, tiene sentido –no sólo antropocéntrico sino egocéntrico también- el concepto original de manejo integrado de cuencas creado por la Comisión Internacional del Agua : “*el proceso que promueve el manejo coordinado del agua y los recursos naturales relacionados en la cuenca con el fin de maximizar el bienestar social y económico, velando por la*

sustentabilidad de los recursos naturales bajo utilización y de los ecosistemas afectados”, que aunque tiene connotaciones 100% económicas, pretende regular las actividades humanas en la cuenca hidrográfica de manera integral, conduciendo tales acciones hacia el desarrollo sustentable local, e incorporando los conocimientos de usos antiguos y modernos en una amalgama de actuaciones generando cadenas productivas donde el mayor beneficiado sea el morador local (Gutiérrez-Yurrita 2006).

De todo lo anterior se puede extraer que el enfoque de cuencas permite analizar y explicar con mayor detalle las interrelaciones del trinomio agua-suelo-vegetación y que el enfoque paisajístico es una herramienta que aporta gran información en función de su composición y configuración a través del tiempo, dados principalmente por el uso del suelo y el aprovechamiento de los ecosistemas por el hombre. De tal suerte, la combinación de ambos enfoques permite una visión más holística e integral del estado ambiental de los ecosistemas que de manera separada.

2.3 El papel de la vegetación en las cuencas y en el paisaje

Los principales problemas que se presentan en una cuenca al haber mal o inexistente manejo de los bosques, se relacionan con la lluvia. Esta puede crear fuertes escorrentías provocando inundaciones en la parte baja de la cuenca. Por eso, la primera opción para cualquier proyecto de manejo, debe ser la protección de la tierra que todavía se encuentra en condición aceptable, especialmente las áreas de bosques naturales y secundarios. De esta manera, priorizar la conservación de la cobertura vegetal efectiva es el primer paso para proteger los suelos, que en un contexto de cuencas hidrográficas es elemental para promover la captación de agua, estabilizar el clima regional y coadyuvar a la recarga de los acuíferos (Margalef, 1983; Tschinkel, 2001). Pero el mundo forestal no solo provee protección a los suelos, sino que genera un número importante de bienes y servicios para el hombre, como son la extracción de

madera, el secuestro de carbono, el esparcimiento y la regulación del ciclo hidrológico dentro de las cuencas por mencionar algunos (Pearce, 2001).

Por otra parte, para la fauna silvestre la vegetación es la base para el desarrollo de sus poblaciones. La relación puede darse de manera directa con la vegetación –como alimentarse o vivir de la vegetación misma- o bien, de manera indirecta, proveyendo ésta, condiciones climáticas más adecuadas para ciertos organismos. En este sentido es la conservación de la vegetación la que favorece la creación de ambientes y microhábitats adecuados para una amplia gama de vida silvestre, por ejemplo, puede regular en gran medida la temperatura y crear ambientes de mayor humedad –aptos para muchas especies de hongos, anfibios y otros vertebrados- al retener por mas tiempo el agua de las precipitaciones y al mantener una temperatura relativamente mas baja que en áreas con menor cobertura vegetal debido a la proyección de sombra de las plantas (Urbina y Londoño, 2003).

En términos ecológicos la fragmentación de la cubierta vegetal es considerada por muchos ecólogos como uno de los fenómenos que afectan más severamente a la biodiversidad. Se considera que entre mas pequeños son los parches hay una tendencia a la disminución de especies y de sus poblaciones, corriendo riesgos de extinción, a esta teoría se le llama Teoría de Islas (Mac Arthur y Wilson, 1967), de ahí que la conservación de parches de mayor tamaño sea la mejor opción para garantizar áreas de importancia ecológica (Wilson and Dorgas, 2003).

En el ámbito paisajístico la vegetación es uno de los elementos más importantes que le da valor a los mismos. Los principales eventos que provocan una disminución en la cubierta vegetal se relacionan con fenómenos naturales tales como los incendios, aunque las actividades antrópicas como son el aprovechamiento maderable, la agricultura, la ganadería y todo cambio de uso de suelo quizás sean las causas más agresivas y de mayor importancia de la

pérdida de la vegetación. Por tanto para llevar a cabo acciones de rehabilitación es necesario conocer cual es el arreglo del bosque en un sitio alterado –si es posible antes y después de la alteración- para poder intervenir de manera adecuada. Una forma de determinar el patrón espacial de un bosque, es a partir del uso de sistemas de información geográfica y un necesario examen en campo, de manera que aporte la información suficiente para intervenciones o decisiones de manejo (Brooks y Merenlender, 2001).

2.4 Importancia del conocimiento de la riqueza biológica

Tanto la flora como la fauna han jugado un rol muy importante durante la existencia del hombre proveyéndoles alimento, liquidez económica, compañía, un entorno mas agradable e incluso forman parte en un contexto religioso (Batis y Rojas, 2002; Casas, 2002; Domínguez, 2007). En este sentido la conservación de la biodiversidad es un asunto que compete a la sociedad, para lo cual es necesario contar con información contundente que permita la gestión de este recurso.

En términos de manejo de cuencas contar con información de la flora y la fauna es de suma importancia, pues la cuenca misma se ve afectada por una variedad de procesos biológicos. La principal información que se debe obtener sobre la biota de un lugar es la siguiente: 1) Determinar las especies de plantas y animales que ocurren en una cuenca; 2) Estimar la abundancia de cada especie cuando sea posible; y 3) Conocer las interrelaciones entre las especies y su medio inmediato (Heathcote, 1998). Esta información básica en principio permitiría darle un mejor lugar a la biodiversidad que cohabita con el ser humano ante una gestión de cuencas que se centraliza mayormente en el bienestar económico y social de los pobladores (Willson and Dorgas, 2003).

En la actualidad existen múltiples técnicas o instrumentos para minimizar, corregir y entender los impactos que traen consigo el desarrollo humano sobre hábitats acuáticos y terrestres. Algunas técnicas son la valoración de

ecosistemas riparios (Munné y col., 1998; Munné y col., 2006; Gonzáles y García, 2006), diagnósticos dirigidos a grupos faunísticos en particular (Urbina y Londoño, 2003; Padilla, 2005) e incluso el uso de flora o fauna como indicadores biológicos o con fines de biorremediación (Rosenberg y Resh, 1993; Maldonado, 2004).

Uno de los principales problemas por los cuales innumerables especies de flora o fauna se ven amenazadas, es por la pérdida de hábitat. A esta cuestión, el análisis de los paisajes es una herramienta importante que aporta información espacial de la estructura y configuración de alguna zona en particular. Las primeras recomendaciones para el manejo de las tierras fragmentadas se basan en la búsqueda de enlazar áreas de hábitat adecuado para la vida silvestre a través de corredores o trampolines (Bennet, 2004).

Derivado de lo anterior es importante resaltar por un lado la necesidad de identificar áreas con aptitud para la conservación que permitan *la administración sostenible de los recursos naturales implicando preservación, mantenimiento, restauración, utilización sostenible y el mejoramiento de los ecosistemas*, y por otro lado, desarrollar técnicas de análisis que optimicen el proceso de toma de decisiones para tal efecto, de aquí surgen cuestionamientos tales como: ¿es posible identificar áreas de aptitud para la conservación asociando los enfoques del análisis del paisaje y la gestión integrada de cuencas mediante una evaluación multicriterio aplicada a un Sistema de Información Geográfica?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

- Analizar el estado actual del paisaje e identificar áreas de aptitud para la conservación en la microcuenca Ejido Patria mediante un método de evaluación multicriterio.

3.2 Objetivos específicos:

- Analizar la composición y configuración actuales del paisaje.
- Definir las áreas agrícolas y los asentamientos humanos por medio de foto-interpretación y corroboración en campo.
- Definir y evaluar el estado actual de la vegetación mediante foto-interpretación y corroboración en campo.
- Caracterizar la fauna y la flora cactológica de la microcuenca.
- Realizar el balance hídrico y el modelo de erosión hídrica actual y potencial para la microcuenca.
- Aplicar el método de *"Ponderación Lineal"* a un Sistema de Información Geográfica para la determinación de áreas de aptitud para la conservación.

4. METODOLOGÍA

4.1 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS Y SOCIOECONÓMICAS DE LA MICROCUENCA

4.1.1 Aspecto físico

Ubicación: La microcuenca Ejido Patria (MEP) se ubica al norte del municipio de Colón en el estado de Querétaro (figura 1). Al norte colinda con el municipio de Tierra Blanca, Guanajuato y al oriente, poniente y sur colinda con localidades mismas del municipio de Colón. La manera de llegar es a través de la Carretera Federal 57 con dirección Querétaro-San Juan del Río, de ahí, se toma la desviación hacia Bernal sobre la Carretera Estatal 120 hasta llegar a la desviación hacia Colón, aproximadamente a 35 km. A partir de esta desviación, se recorren 10 km antes de llegar a una carretera empedrada que conduce hacia el Cerro del Zamorano. Se recorren 18 km para llegar a la primera localidad de la microcuenca (Nuevo Álamos), así sucesivamente se pasan los poblados de El Coyote, Ejido Patria y Trigos antes de llegar a la parte mas alta de la microcuenca. De la primera localidad (Nuevo Álamos) hasta la parte mas alta, son cerca de 20 km sobre un camino empedrado y es posible llegar en vehiculo. La Microcuenca Ejido Patria se localiza en las coordenadas extremas de la tabla 1, según el Sistema de Coordenadas UTM (Universal Transversal de Marcator).

Tabla 1. Coordenadas extremas en sistema UTM de la MEP

	X	Y
NE	382549.30	2315150.49
NO	375962.67	2314653.28
SE	388973.61	2305018.29
SO	376464.91	2304391.42

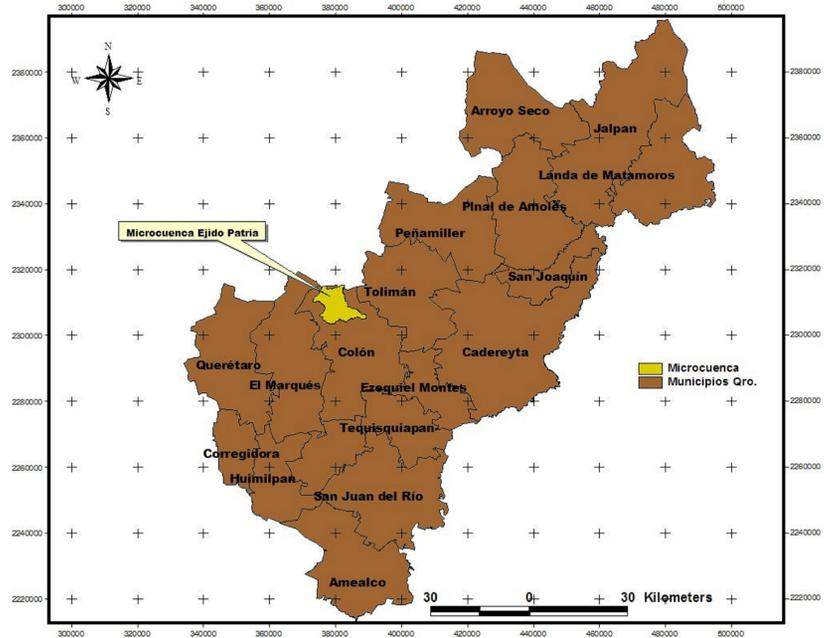


Figura 1. Ubicación de la Microcuenca Ejido Patria.

Características hidromorfológicas: La microcuenca Ejido Patria es de tipo exorreica, esto quiere decir, que el agua captada en la microcuenca tiene un punto de salida fuera de la misma, en este caso se ubica en la presa de La Soledad. Cuenta con un área total de 9467 has., y un perímetro de 56.65 Km. El rango altitudinal es bastante amplio. La parte mas baja de la microcuenca esta a una altura de 1800 msnm y la parte más alta se ubica alrededor de los 3300 msnm. Presenta un Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (Kc) de 1.6, lo que nos indica que su forma es irregular. Su Factor de Forma (Kf) tiene un valor de 4.4, esto quiere decir, que la microcuenca presenta una respuesta hidrológica rápida, que se puede ver controlada en cierta medida con la vegetación presente. La longitud del cauce principal es de 22 Km., y su valor de sinuosidad (S) es de 1.4, valor que sugiere un alineamiento medianamente recto y por tanto, el cause esta sujeto a avenidas súbitas. La Densidad de Drenaje (Dd) es de 2.4, valor que nos muestra que la microcuenca presenta un buen drenaje (Tabla 2).

Tabla 2. Características hidromorfológicas de la MEP. Fuente: Elaboración propia

Área (has.)	9467	Orden Corrientes (Strahler)	5
Perímetro (km)	56.65	Long. Cause Princ. (km)	22.030
Altitud máxima (msnm)	3300	Long. Corrientes (km)	233.46
Altitud mínima (msnm)	1800	Densidad de Drenaje (Dd)	2.40
Longitud axial (km)	15.20	Sinuosidad (S)	1.425
Coefficiente de Compacidad (Kc)	1.60		
Índice de Forma (Kf)	4.414		

Geología y Fisiografía: La Microcuenca Ejido Patria pertenece a la Provincia Fisiográfica de la Mesa del Centro, a la Subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, donde las dos principales topofomas presentes son Mesetas y Sierras (INEGI, 1986). Las Mesetas cubren un área de 2950 has. y la zona de Sierras un área total de 6735 has (figura 2).

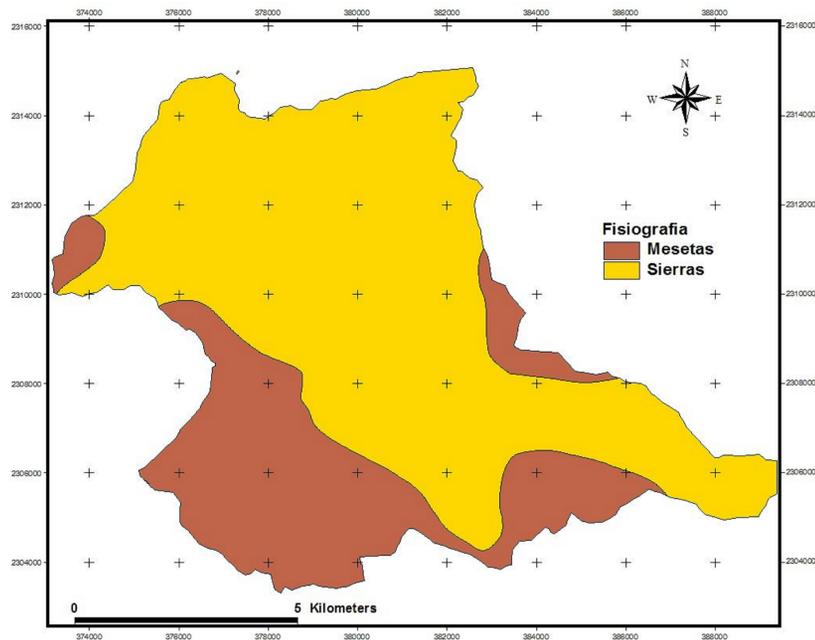


Figura 2. Principales topofomas de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

Geológicamente el área de estudio está compuesta por rocas de la edad del Terciario Superior (Ts) y Plioceno Cuaternario (Tpl-Q). La unidad litológica correspondiente al Terciario Superior es la Riolita-Toba Ácida (R-Ta) ocupando

un área aproximada de 4850 has. Por otra parte, las unidades litológicas que corresponden al Plioceno Cuaternario son los Basaltos (B) y las Andesitas (A) que abarcan un área de 4838 has (figura 3).

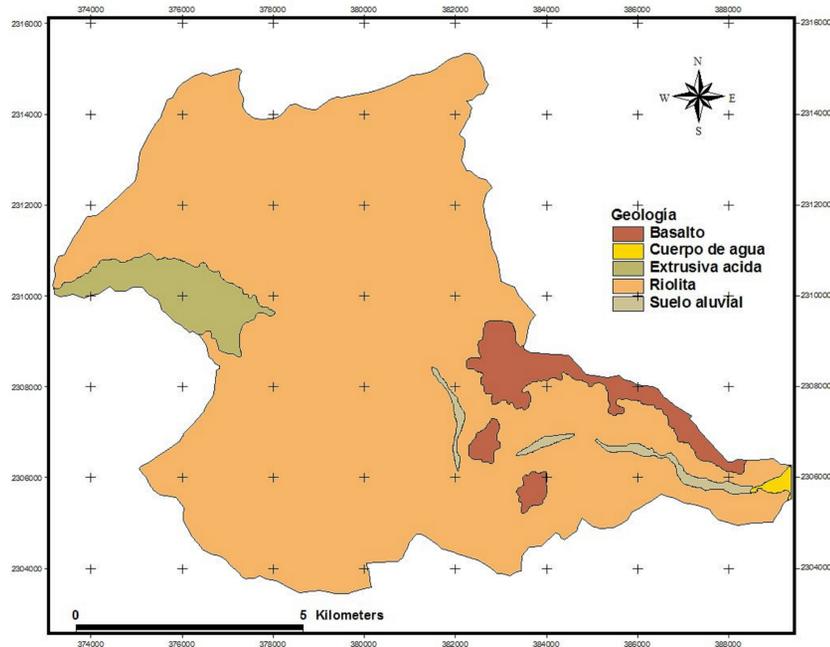


Figura 3. Geología de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

Edafología: Se presentan cinco tipos de suelos en la Microcuenca Ejido Patria de acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO (1968) (Figura 4): Feozem háplico (Hh), Feozem lúvico (Hl), Vertisol pélico (Vp), Litosol (l) y Castañozem háplico (Kh). La mayor parte de la microcuenca pertenece al tipo Feozem háplico, cubriendo un área total de 6281 has., este se caracteriza por ser un suelo rico en materia orgánica, donde la capa superficial es oscura, suave y rica en nutrientes.

Los suelos tipo Feozem lúvico cubren un área de 969 has., y se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa de arcilla. Estos suelos pueden ser aptos para actividades agrícolas o forestales en función de la profundidad que presenten así como el relieve del terreno entre otras características. Presentan una susceptibilidad de moderada a alta ante la

erosión. Un área de 1519 has., corresponden al tipo Litosol, que son suelos con una profundidad menor a 10 cm hasta llegar a la roca, tepetate o caliche duro. La fertilidad o infertilidad esta en función de los materiales que lo conformen y pueden presentar una moderada o alta susceptibilidad a la erosión dependiendo de las características topográficas del lugar. Los suelo que corresponde al tipo Vertisol pélico cubren un área en la microcuenca de 785 has. Este tipo de suelo presenta un horizonte A muy arcilloso con grietas de desecación notorias y facetas de fricción. Son suelos oscuros, muy arcillosos y pegajosos cuando se humedecen y duros cuando se secan. Aunque son suelos fértiles pueden presentar problemas para fines agrícolas. Presentan fuerte susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica. Los suelos Castañozem háplico presentan una capa superficial de color castaño, rica en materia orgánica y nutrientes o bases (Ca, Mg, K, Na) y enriquecimiento secundario de carbonatos (cal) o sulfatos de calcio (yeso). Cubren un área en la microcuenca de 85 has.

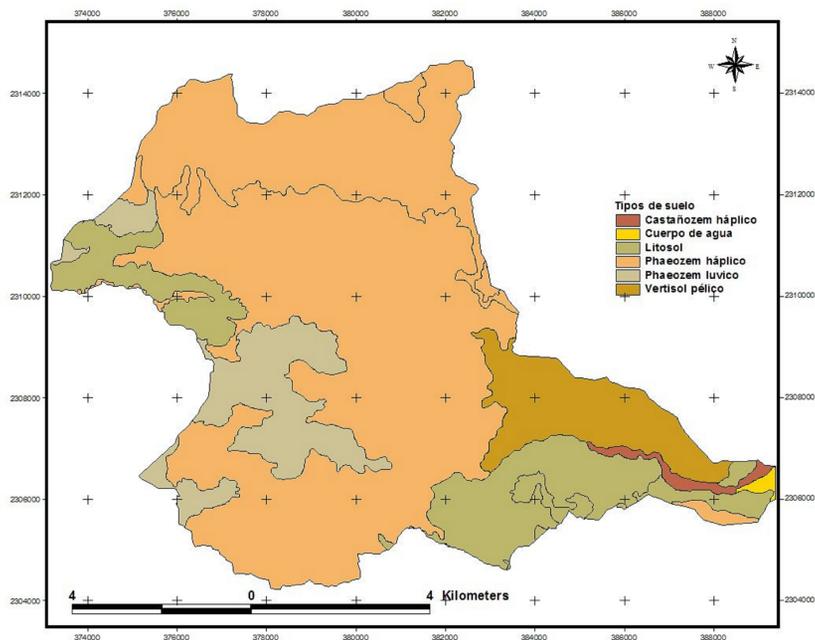


Figura 4. Mapa edafológico de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

Clima: Presenta dos tipos de clima. Templado seco en la mayor parte de la microcuenca, que corresponde a las zonas más bajas en donde se desarrollan

los tipos de vegetación de matorral xerófilo y chaparral. El segundo tipo de clima es el templado subhúmedo y corresponde a la zona alta de la microcuenca donde ocurren los bosques de oyamel y encino y en algunas cañadas. La temperatura promedio anual es de 15 – 17 °C y la precipitación promedio se ubica en el orden de los 440 - 622 mm anuales (SMN, 2008).

Hidrología: La microcuenca Ejido Patria pertenece a la Región Hidrológica del Panuco (RH 26), a la Cuenca del Río Moctezuma y a la Subcuenca del Río Extoraz. Según el sistema Strahler, la microcuenca tiene un máximo de 5 órdenes de corrientes con una longitud total de los causes de 233.45 Km., donde el cause principal tiene una extensión de 22 Km. La salida de la microcuenca se ubica en la presa de La Soledad, esta tiene un área de 52 has., y un perímetro de 4.5 Km. Por otra parte, el área de estudio cuenta con un número total de 9 bordos y tres manantiales (Figura 5).

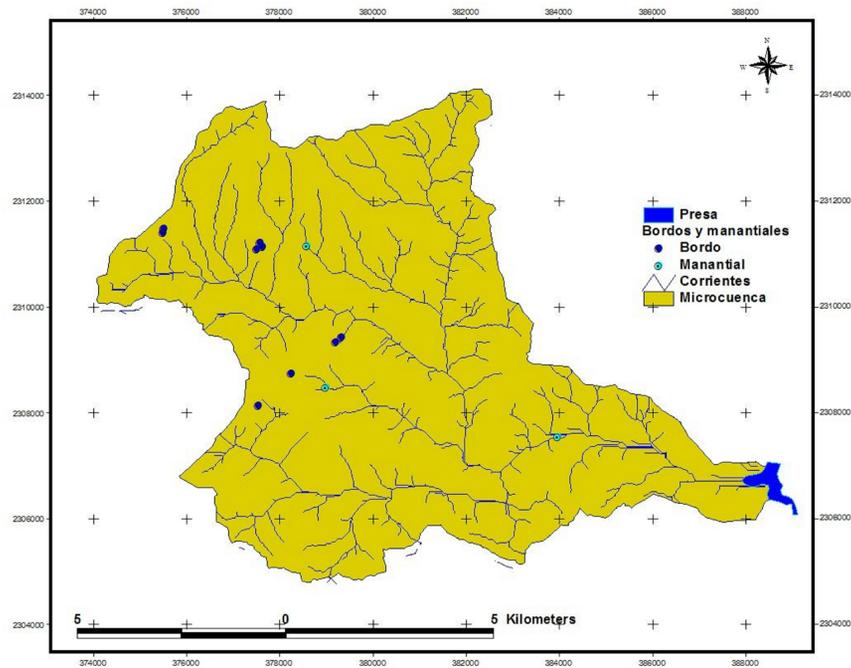


Figura 5. Hidrología superficial de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Aspecto biológico

Comunidades vegetales: Según la SEDESU (2006), ocurren seis tipos de vegetación en la microcuenca Ejido Patria: Bosque de coníferas, bosque de encino, chaparral, matorral xerófilo (inermes y subinermes), pastizal (natural e inducido), y las áreas agrícolas de uso temporal (nómadas y permanentes) (figura 6).

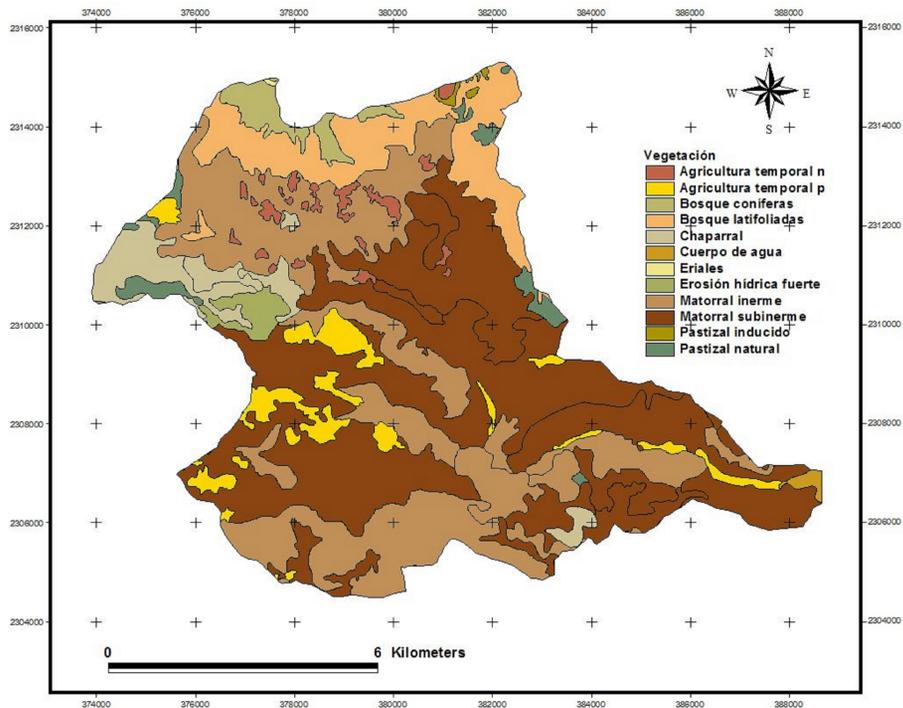


Figura 6. Uso de suelo y vegetación de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: SEDESU, 2006.

El bosque de coníferas se ubica en la parte más alta de la microcuenca entre los 3300 y 3000 msnm, donde las pendientes son fuertes. Está representado por la especie *Abies religiosa* ocupando un área aproximada de 190 has. El bosque de encino ocurre entre los 2500 y cerca de los 3000 msnm. Algunas especies presentes son: *Quercus potosina*, *Q. ovata* y *Q. rugosa*. Ocupa una extensión aproximada de 915 has. El chaparral se encuentra presente entre los 2200 y 2600 msnm, ocupando un área aproximada de 470 has. El matorral se presenta en un amplio rango altitudinal, que va de los 1800 hasta los 2800 msnm ocupando un área cercana al 60% del total de la

microcuenca. Las zonas de pastizal ocupan un área de 185 has., a altitudes entre los 2200 y 2700 msnm. Las tierras agrícolas ocupan una extensión aproximada de 1248 has., ubicadas principalmente en las mesetas.

Flora y fauna: El área de estudio ha sido muy poco estudiada en lo que respecta a su riqueza biológica a pesar de presentar un amplio mosaico de ecosistemas y por ende una interesante zona para la investigación. Los estudios encontrados acerca de su flora y fauna son pocos y muy generales. Por ejemplo, en el caso de la flora, Gómez y Sánchez (1999) realizaron un trabajo florístico de especies vasculares referente a las zonas de bosques de oyamel y encino, registrando 282 especies, mientras que Martínez y García (2001) realizaron un análisis de la flora y vegetación acuáticas en el Estado de Querétaro incluyendo en su estudio a la presa de La Soledad y el arroyo El Zamorano. Por otra parte, Landeros y col., (2006) desarrollaron un trabajo sobre la riqueza de hongos limitada también a ecosistemas de alta montaña (bosques de oyamel y encino) y cañadas, por ser las áreas de mayor humedad, favoreciendo el crecimiento de una variada diversidad de especies fúngicas. Ellos registraron un total de 130 especies de hongos.

Referente a la riqueza de fauna no se encontraron estudios puntuales que nos permitieran conocer la variedad de los grupos de vertebrados o de otros grupos faunísticos con que cuenta la microcuenca. El decreto del Área Natural Protegida Pinal del Zamorano (2000) correspondiente al estado de Guanajuato solo hace mención de la existencia de algunas especies de vertebrados, donde cabe esperar que sus distribuciones se extiendan hasta el área de estudio. Por otro lado, hay registros para el municipio de Colón de algunos vertebrados, que de alguna manera es posible que ciertas especies (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) ocurran también en la microcuenca Ejido Patria (Padilla y Pineda, 1997; Tinoco, 2005; Sánchez, 2007).

4.1.3 Aspecto socioeconómico

Población: En la MEP se localizan 22 localidades distribuidas en toda el área de estudio. Las localidades con mayor número de habitantes se encuentran asentadas en zonas de mesetas donde la pendiente es muy baja. La población total de la microcuenca es de 2356 habitantes (INEGI, 2005). Las localidades más grandes corresponden a Ejido Patria y Puerto del Coyote con 879 y 438 habitantes respectivamente. La proporción de sexos es casi de 50% hombres y 50% mujeres. La población menor a 15 años corresponde al 40 % del total poblacional, mientras que los habitantes mayores a 60 años solo cubren un 9 % (Tabla 3).

Tabla 3. Proporción de edades de la población de la MEP. Fuente: INEGI, 2005

Rangos de edad	Hombres	Mujeres	Total	Población (%)
0 – 4	128	107	235	9.9
5	45	41	86	3.6
6 – 14	314	314	628	26.6
15 – 59	600	594	1194	50.6
60 y mas	103	110	213	9
Total	<u>1190</u>	<u>1166</u>	<u>2356</u>	<u>100</u>

Vivienda: Existen 420 hogares de los cuales 365 están bajo jefatura masculina y 55 bajo jefatura femenina. Aproximadamente el 70% de las viviendas tienen de tres a cinco cuartos. La mayoría de las viviendas cuentan con los servicios básicos, excepto drenaje, donde solo 28 viviendas cuentan con él. El 70% de las casas cuentan con agua entubada y cerca del 80% con electricidad. En general todas las viviendas son propias y solo un pequeño porcentaje paga renta. En cuanto a aparatos eléctricos, un 70% cuentan con equipo de radio y el 50% con televisión. Solo 69 hogares cuentan con refrigerador, 16 cuentan con lavadora y apenas 13 casas cuentan con servicio telefónico.

Salud: Hay dos centros de salud en la microcuenca, uno en El Potrero y otro en Ejido Patria. Además, hay un dispensario dental en la localidad de Ejido Patria. La población con derecho a algún beneficio médico como IMSS, ISSSTE o Seguro Popular es de solo el 10% de los habitantes (INEGI, 2005).

Educación: La población de 6 – 14 años que sabe leer es de 532 habitantes, mientras que los que no saben leer es de 112. La población de 15 años con primaria es de 251 habitantes, los que han terminado la secundaria son 169. La población con educación media superior es: 41 habitantes para quienes tienen 15 años y 18 habitantes para quienes tienen 18 años. La población de 18 años quienes tienen estudios superiores son solo 7 habitantes.

En la microcuenca existen 12 escuelas. De éstas, tres son jardines de niños, siete primarias y dos tele-secundarias. La ubicación de las escuelas se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Escuelas presentes en la MEP y sus respectivas localidades. Fuente: SEDESU, 2008.

Escuela	Localidad
Jardín de niños	El Potrero
Jardín de niños	El Fuenteño
Jardín de niños	Ejido Patria
Escuela primaria	El Fuenteño
Escuela primaria	Ejido Patria
Escuela primaria	Nuevo Álamos
Escuela primaria	Peña Blanca
Escuela primaria	El Potrero
Escuela primaria	El Leoncito
Escuela primaria	El Jilguero
Tele-secundaria	El Fuenteño
Tele-secundaria	Ejido Patria

Recreación y religión: La religión que se profesa en general es la Religión Católica. Existen dos iglesias, una ubicada en la localidad de Ejido Patria y otra en la localidad de El Potrero. Además hay cinco capillas, una en la localidad de Nuevo Álamos, otra en Peña blanca y tres en El Fuenteño. El panteón se encuentra situado en la localidad de Ejido Patria.

El día 9 de marzo una gran mayoría de las distintas localidades del municipio de Colón –incluidas todas las pertenecientes a la MEP- llevan a cabo una peregrinación a pie celebrando a la Virgen de Soriano, donde el destino final es la iglesia que lleva el mismo nombre de la Virgen.

Para recreación de los pobladores existen canchas de fútbol, campos deportivos, un lienzo charro y un jardín infantil. Estos se ubican de la siguiente manera: en El Fuenteño existe un campo de fútbol, en El Potrero hay un campo de fútbol, una cancha de básquetbol y un lienzo charro y en la localidad de Ejido Patria hay un campo deportivo, una cancha deportiva y un parque infantil.

Población económicamente activa y actividades productivas: La población económicamente activa es de 431 personas lo que representa el 18.2 % del total poblacional. Aproximadamente el 6% de la población esta ocupada en el sector primario, cerca del 8% en el sector secundario y solo el 3.2% en el sector terciario.

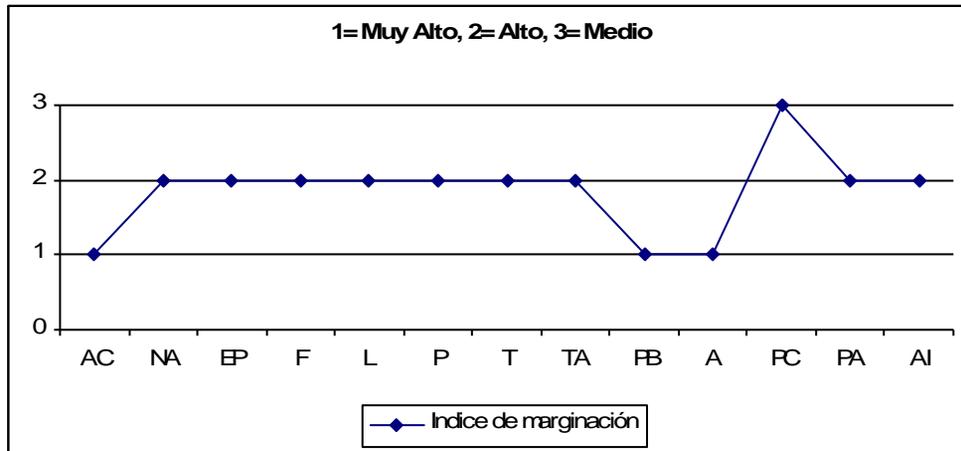
Las principales actividades productivas son el pastoreo de ganado – mayormente bovino y en menor medida caprino- y la agricultura de temporal - persistente y nómada-, donde los principales cultivos son de maíz, frijol y avena. También existe, pero en menor escala que en épocas pasadas la extracción de leña y la cosecha de piñón. También hay un vivero ejidal ubicado en la localidad de Ejido Patria, sin embargo, no se tiene la información de qué se produce en él o si este actualmente en funcionamiento.

Tenencia de la tierra: La tenencia de la tierra en la microcuenca esta conformada en ejidos y pequeños propietarios. Los ejidos se dividen en cinco – El Potrero, Trigos, Patria, Los Álamos y El Coyote-. Existe dos casas ejidales donde se organizan todos los representantes de las localidades.

Uso del suelo: El uso de la tierra en la microcuenca se divide en tres usos generales. El primer uso se refiere a las áreas habitadas, es decir, las áreas donde se ubican las viviendas, las escuelas, los campos deportivos, las iglesias, los pequeños comercios, etc. Este conjunto de edificaciones ocupan un área aproximada de 88 has. El segundo uso son las zonas agrícolas de uso temporal, que ocupan un área aproximada de 1248 has. Y el tercer uso de la tierra son las áreas de uso común que en general se lleva a cabo la actividad de pastoreo de ganado bovino y en menor medida ganado caprino. Ocupa una extensión aproximada de 7787 has.

Índice de marginación: El concepto de marginación es un fenómeno estructural del modelo de desarrollo manifestado en la dificultad en propagar el avance técnico en términos de producción, de manera que implica la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y del disfrute de sus beneficios. Entonces el índice de marginación es una medida que resume y permite diferenciar a las localidades censales del país como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes (CONAPO, 2007).

En la microcuenca Ejido Patria se tiene información de 13 de las 22 localidades sobre este aspecto. En la gráfica 1 se puede ver que nueve localidades presentan un índice de marginación alto, tres localidades un valor de muy alto y solo la localidad de Puerto El Coyote con un valor medio. En general la microcuenca presenta un índice de marginación alto, mostrándonos la necesidad de desarrollo que requieren las localidades de la microcuenca.



Gráfica 1. Índice de marginación en 13 localidades de la microcuenca Ejido Patria. AC= Álamo Cuate, NA= Nuevo Álamos, EP= Ejido Patria, F= Fuenteño, L= Leoncito, P= Potrero, T= Trigos, TA= Tanquecitos, PB= Peña Blanca, A= El Arte, PC= Puerto El Coyote, PA= Palo Alto y AI= Ailitos. Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, 2005.

4.2 DESARROLLO METODOLOGICO

4.2.1 Diagrama de flujo de las actividades realizadas

Las actividades realizadas durante el presente proyecto se resumen en el siguiente diagrama de flujo (figura 7):

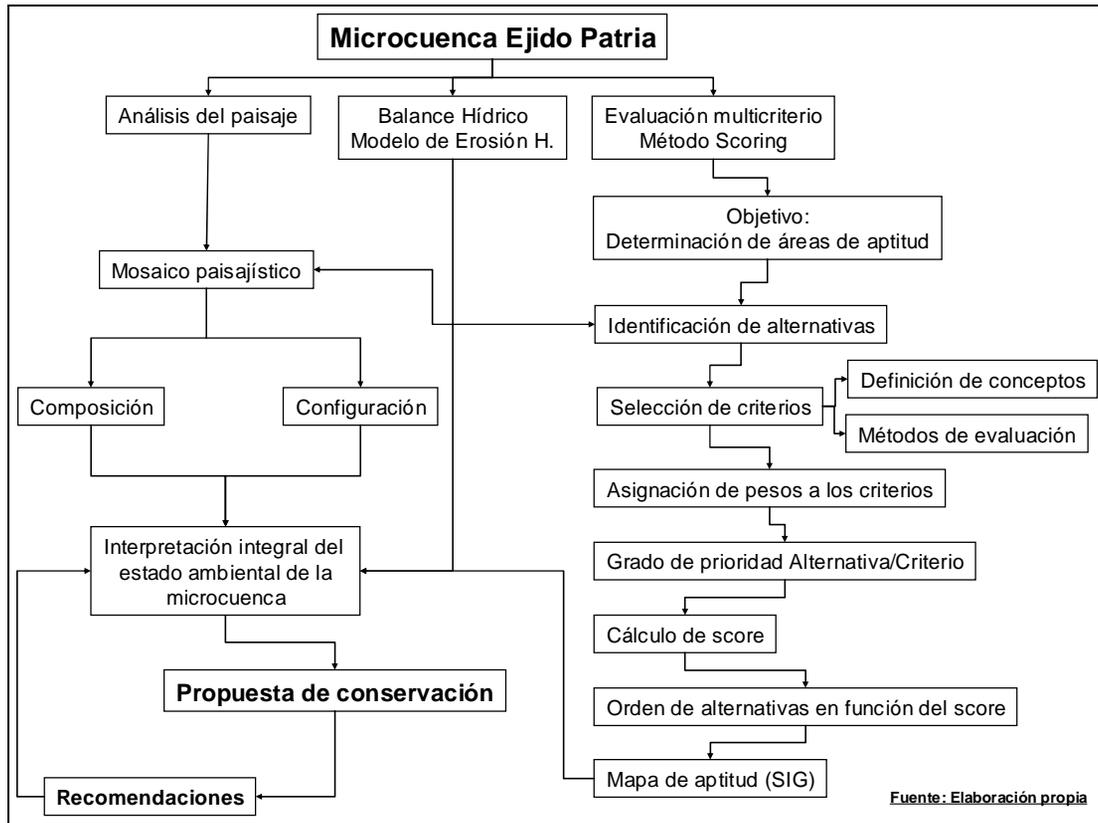


Figura 7. Diagrama de flujo de las actividades realizadas.

4.2.2 Análisis del paisaje

Como se vió en capítulos anteriores, existe una gran variedad de definiciones para el término paisaje, sin embargo el significado que se adoptará en el presente estudio es el siguiente:

- *“Extensión de cualquier dimensión, en cuyos limites los diferentes componentes naturales de la estructura geológica, litológica, el relieve, el clima, el agua, los suelos, la flora y la fauna tanto en estado natural o*

bien, modificados por actividad humana, se encuentran en estrecha interacción formando un sistema” (Mateo, 2007).

Generación del mosaico paisajístico. El paso previo al análisis del paisaje es la generación del mosaico paisajístico identificando los distintos tipos de cubiertas vegetales, así como los usos del suelo en la microcuenca. El método empleado fue la foto-interpretación con corroboración en campo.

La foto-interpretación consistió en delimitar en polígonos las diferentes áreas del cambio de uso del suelo y la vegetación de manera manual en un Sistema de Información Geográfica (ArcView 3.2) a partir de fotografías aéreas correspondientes al vuelo catastral 2002 del estado de Querétaro con una resolución 1:20,000. El mapa resultante fue corroborado y corregido con recorridos en campo mediante la georreferenciación de una serie de puntos distribuidos en toda la microcuenca.

Una vez definido el mosaico del paisaje, se dividió en 17 clases o tipos de parches: bosque de oyamel, bosque de encino, bosque de encino perturbado, chaparral, chaparral perturbado, matorral subinerme, matorral subinerme perturbado, matorral crásicaule, matorral rosetófilo, bosque ripario, selva baja caducifolia, bosque de eucalipto inducido, tierras de cultivo, tierras sin vegetación, bordos, presa, asentamientos humanos.

Ya obtenido el mosaico paisajístico se aplicaron una serie de cálculos e índices para analizar la composición y configuración de paisaje. Este procedimiento fue realizado con el programa Patch Analyst 3.1 que funciona como una extensión del Sistema de Información Geográfica Arc View 3.2 (Rempel y col., 1999).

Composición general. Para conocer como esta compuesto un paisaje en base a sus características morfológicas de los parches se aplicaron cálculos

básicos que funcionan como sustento para muchos otros. Estos cálculos fueron la determinación del área, la densidad y la variabilidad de los parches.

Complejidad paisajística a través de la forma de los parches. El índice de forma sirve para calcular la complejidad de las formas de los fragmentos en relación con una forma estándar, como sería una circunferencia (proyección vectorial) o un cuadrado (proyección raster) el cual recibe un valor igual a 1, incrementando éste, con forme aumenta la complejidad de la forma. Por otra parte, se calculó la dimensión fractal corregida, AWMPFD (por sus siglas en inglés), que permite cuantificar la complejidad de la matriz en lugar de la irregularidad de los parches individuales.

Configuración del paisaje. El nivel de compactación o fragmentación de una clase paisajística es posible evaluarlo a través del índice de la distancia al vecino más cercano, definiendo la distancia promedio borde con borde (metros) entre un parche y el adyacente más cercano de la misma clase. Otro índice empleado es el índice de adyacencia, donde un valor cercano a 0 significa que se trata de un solo parche y conforme se acerca a 100 el número de parches es mayor, así como la distribución de los mismos en el paisaje.

Diversidad del paisaje. Esta característica del paisaje se calculó mediante el índice de diversidad de Shannon. Los valores que se pueden obtener de este índice están en función de la escala del análisis, de las fuentes de información y de los objetivos que se planteen. Un índice con un valor de 0 significa que solo hay una clase paisajística y resulta un paisaje homogéneo, y con forme se incrementa el número de clases paisajísticas se incrementa también el valor del índice, dando lugar a un paisaje heterogéneo. El índice de distribución y abundancia de Shannon ofrece una buena idea de la fragmentación y heterogeneidad del paisaje al considerar la distribución y abundancia espacial de cada una de las clases paisajísticas.

Efecto de borde y área de hábitat interior. El efecto de borde juega un papel muy importante en el manejo de los ecosistemas. Esta característica, así como el área de hábitat interior se calcularon con dos niveles de buffers, 100 y 300 metros con el fin de conocer que clases paisajísticas necesitan mayor atención según su área de hábitat interior. Para este efecto, el mosaico se convirtió en tres clases: Vegetación conservada, Vegetación perturbada y Áreas de uso antrópico, ya que hay parches de vegetación conservada adyacentes entre si formando una masa vegetal mas grande, o bien, hay vegetación conservada que se extiende mas allá de los limites de la microcuenca por lo que realizar los cálculos a las 17 clases de manera separada presentaría cierto sesgo.

Simulación manual para la recuperación de hábitat interior y formación de corredores. La simulación se hizo de forma manual a partir de los mapas generados del efecto de borde y área de hábitat interior, usando un Sistema de Información Geográfica (ArcView 3.2) y analizando las formas que tienen los parches de las áreas conservadas, así como el uso del suelo por parte de las localidades de la microcuenca (Echeverry y Rodríguez, 2006). Se manejo una ampliación aproximada de 100 metros hacia el exterior del borde de las áreas de vegetación en buen estado. En algunos casos se les dio una amplitud un poco mayor para poder alcanzar la formación de corredores amplios. Asimismo se les dio una forma más simple a los parches para aumentar con esto el área de hábitat interior, pues el principio básico es que: parches con formas más complejas tienen una menor área de hábitat interior que aquellas que presentan formas más simples.

4.2.3 Balance hídrico superficial

El balance hidrológico es un planteamiento matemático del ciclo del agua que consiste en conocer la cantidad de agua de lluvia que entra y sale de una cuenca durante un período de tiempo determinado (Maderey y Jiménez, 2005).

Para estimar los cálculos se hizo uso de Sistemas de Información Geográfica con apoyo del programa Arc View 3.2. El método que se siguió fue el método indirecto que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que se refiere al uso de capas de información que se ingresan en un SIG y se aplican las respectivas formulas que mas adelante se describen.

La información climatológica (Temperatura y Precipitación) se obtuvo de las estaciones meteorológicas Colón, Colón (clave: 00022026) y El Zamorano, Colón (clave: 00022049), utilizando los valores normalizados para tales efectos, los del Servicio Meteorológico Nacional (2008). Para generar la cartografía de precipitación y temperatura se implementó el método de Polígonos de Thiessen (criterios meramente geométricos), pues dicho método permite definir el área de influencia de las estaciones meteorológicas. Para generar los Polígonos de Thiessen se eligieron, las estaciones de El Zamorano (ubicada dentro de la microcuenca) y las más cercanas a la microcuenca (alrededor de 10). Por el tamaño del área de estudio y por la relativa lejanía de la mayoría de las estaciones, solo dos de ellas aparecieron como de influencia.

El coeficiente de escurrimiento (C) se calculó a partir de la asignación de un valor K en función de la cobertura vegetal (en este caso, se usó el mapa de vegetación generado en el presente trabajo) y de la textura del suelo. La ecuación que se aplicó es la siguiente:

$$C = [K ((P - 250)/2000)] + [(k - 0.15)/1.5]$$

Donde:

K= Valor que se asigna en función de la cobertura y textura del suelo (valor de tablas)

P= Precipitación media anual (mm)

La infiltración total representa la proporción de lluvia que no se pierde por escorrentía y se calcula mediante la formula:

$$I_t = (1 - C) P$$

Donde:

C= Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

P= Precipitación media anual (mm)

Sin embargo, una parte de la infiltración total se pierde por evapotranspiración (procesos de evaporación y transpiración) y se calcula a partir de la fórmula de Turc:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + (P/L)^2}}$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración

P= Precipitación media anual

L= $300 + 25T + 0.05 T^3$

Donde:

T= Temperatura media anual

Finalmente la infiltración neta o recarga potencial se calculó al restar la evapotranspiración a la infiltración total.

$$I_n = ETR - I_t$$

4.2.4 Modelo de erosión hídrica actual y potencial

La erosión hídrica se refiere a la desagregación, transporte y sedimentación de las partículas del suelo causada por las precipitaciones y por el escurrimiento superficial de las mismas. Los factores que afectan este evento son, el clima, el suelo, la vegetación y la topografía. Estimar la erosión de una zona en particular nos permite tomar medidas precautorias para evitar la pérdida del suelo, o bien, implementar prácticas para la retención del mismo.

La erosión hídrica se calculó a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (EUPSR) con la ayuda del programa Arc View 3.2. De acuerdo a la ecuación utilizada, la pérdida de suelo actual es el resultado de multiplicar cinco factores:

R= Erosividad de la lluvia

K= Erodabilidad del suelo

LS= Factor topográfico o de longitud y el grado de su pendiente

C= Manejo de la cubierta vegetal

P= Prácticas para el control de la erosión

Factor R. Debido a los escasos registros pluviométricos en nuestro país, se utilizó una de las 13 ecuaciones desarrolladas por Cortés (1990) (13 regiones en el país a partir de la precipitación media anual) correspondiente a la región suroeste del estado de Querétaro, donde se localiza nuestra área de estudio. La ecuación para obtener R es la siguiente:

$R = 3.4880P - 0.000188P^2$, donde R= Factor R y P= Precipitación media anual.

Factor K. El factor K se obtuvo a partir de una tabla de valores definidos por FAO (1980) considerando el tipo de suelo y su textura respectiva. La cartografía edáfica utilizada fue del INEGI (1983) en la escala 1:50,000.

Factor C. Para obtener el factor C se utilizaron, el mapa de vegetación generado en el presente trabajo y los mapas proporcionados por la SEDESU (2006) de uso de suelo. De esta manera, se aplicó la tabla propuesta por Renard y col. (1997) para darle el valor correspondiente a cada polígono de uso de suelo y vegetación de la microcuenca.

Factor LS. La ecuación utilizada para la obtención del factor LS es la siguiente:

$$LS = (L/22.13)^m(0.065+0.045s+0.0065s^2), \text{ donde:}$$

- **L=** Longitud de la pendiente en proyección horizontal
- **m=** Valores propuestos por Mitchell (1984) en función de la pendiente del terreno.

Valor del exponente m	Pendiente del terreno (%)
0.5	>5
0.4	3 – 5
0.2	<3

- **s=** Pendiente del terreno en %

Una vez obtenidos todos los factores se aplica la formula general para conocer la perdida de suelo actual promedio.

$$E = R * K * L * S * C$$

Si se quiere conocer la erosión potencial se elimina el factor C, que se refiere a la erosión máxima que se podría presentar si no existiera ningún tipo de cobertura vegetal. Este cálculo es de gran importancia para estimar los efectos devastadores que produce el agua ante la ausencia de la cubierta vegetal.

4.2.5 Método de Ponderación Lineal o Scoring para la determinación de áreas de aptitud para la conservación aplicado a un Sistema de Información Geográfica.

El método de ponderación lineal o Scoring es uno de los métodos mas conocidos dentro del ámbito multicriterio con el cual se pueden identificar las mejores alternativas de manera rápida y sencilla (Anderson y col., 1999). Consiste en la suma de los valores obtenidos para cada alternativa a partir de

las calificaciones dadas a cada criterio por el peso atribuido a cada criterio en particular.

Este método se desarrolla en siete etapas: 1) Identificación de la meta u objetivo, 2) Identificación de las alternativas, 3) Selección de los criterios a emplear, 4) Asignación de pesos a cada criterio, 5) Establecimiento del grado de prioridad de cada alternativa a nivel de cada criterio, 6) Cálculo del score para cada uno de las alternativas, y 7) Orden de las alternativas en función del score.

Etapa 1. Identificación de la meta u objetivo. El objetivo que se plantea en este estudio es la determinación de áreas de aptitud para la conservación de los mejores ecosistemas de la microcuenca Ejido Patria en base a una serie de criterios o atributos.

Etapa 2. Identificación de las alternativas. En esta etapa se seleccionaron los distintos tipos de comunidades vegetales diferenciando su estado de conservación. El resultado fueron 13 alternativas: Bosque de oyamel, Bosque de encino, Bosque de encino perturbado, Bosque ripario, Bosque de Eucalipto inducido, Chaparral, Chaparra perturbado, Selva baja caducifolia, Matorral subinerme, Matorral subinerme perturbado, Matorral rosetófilo, Matorral crasicaule y Tierras desnudas.

Nota: El método para la generación del mapa de uso de suelo y vegetación se describe en la sección metodológica correspondiente al análisis del paisaje.

Etapa 3. Selección de los criterios a emplear. Se seleccionaron seis criterios o atributos de la vegetación en términos de su estructura y su riqueza biológica: Cobertura vegetal, Número de estratos de la vegetación, Grado de naturalidad de la vegetación, Riqueza de vertebrados, Riqueza de flora cactológica y Número de especies de flora y fauna en riesgo (NOM-059-2001).

La justificación de la selección de dichos criterios se explica en capítulos posteriores.

A continuación se definen cada uno de los criterios:

- **Cobertura.** Se refiere al porcentaje de área que cubre la vegetación en un sitio determinado.
- **Estratos.** Capas bien definidas de vegetación que forman las plantas en relación a su altura.
- **Naturalidad.** Se consideran comunidades vegetales naturales aquellas que solo presentan plantas de origen autóctono; a la vegetación que presenta especies autóctonas con naturaleza invasora, pero con individuos de distribución esporádica. A las áreas sin cubierta vegetal con origen antrópico se considerarán antinaturales.
- **Riqueza de vertebrados.** Número total de especies de vertebrados (registrados en la microcuenca).
- **Riqueza cactológica.** Número total de especies de la familia Cactaceae (registrados en la microcuenca).
- **Especies en riesgo.** Especies referidas en la Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT-2001 bajo alguna categoría de riesgo.

Los métodos para estimar y fundamentar cada uno de los criterios seleccionados se describen a continuación:

Estimación de la cobertura y estructura actuales de la vegetación

Para tener una estimación de la cobertura y estructura actuales de la vegetación de la microcuenca se realizaron 32 cuadrantes rectangulares georreferenciados de 300 m² c/u (10x30) con un promedio de tres cuadrantes por comunidad vegetal (excepto el bosque de eucalipto y matorral rosetófilo que presentan áreas muy pequeñas, donde se realizó solo un cuadrante para cada una de ellas, y para el área de tierras desnudas no se hizo ningún cuadrante por

razones obvias) en las distintas comunidades vegetales de manera aleatoria considerando solo las plantas a partir de un metro de altura (Hernández, 2007).

La cobertura de las plantas se obtiene a partir de la siguiente ecuación asumiendo que las copas son de forma circular:

$$A = (\pi)(r)^2$$

donde:

A= Área que ocupa una planta en un espacio determinado

$\pi = 3.1416$

r= Radio de la copa de la planta (tomada en campo)

Así, la cobertura vegetal es la suma de las áreas de las copas de cada una de las plantas que se encuentran dentro del cuadrante, valor que multiplica por 100 y se divide entre el área del cuadrante para obtener un valor en porcentaje de la cobertura vegetal. De los valores de los tres cuadrantes de cada tipo de vegetación se obtiene un promedio y ese valor resultante se maneja como la cobertura promedio de cada vegetación.

Para conocer los estratos de la vegetación se tomaron en cuenta las alturas de las plantas ubicándolas a lo largo del cuadrante para poder graficarlas. De esta manera, se infiere el número de estratos sobre la dominancia que tienen las plantas en alguna altura en particular. Por ejemplo, las plantas herbáceas forman un estrato, las arbustivas pueden formar otro y las arbóreas otro más, sin embargo, esto lo condiciona el tipo de comunidad vegetal del que se trate.

El número de estratos obtenido de los cuadrantes de cada tipo de vegetación se promedió y se manejó como un valor promedio que representó al tipo de vegetación correspondiente.

Caracterización de la fauna y la flora cactológica de la MEP

El método de muestreo consistió en recorridos de manera simultánea para la toma de datos de flora y de fauna a partir de búsquedas directas considerando: visualizaciones, captura directa de los organismos y vocalizaciones (Bojorges, 2004; Padilla, 2005; Domínguez, 2007). Para diseñar los recorridos se dividió la microcuenca en cinco unidades de escurrimiento mediante un Sistema de Información Geográfica (ArcView 3.2) utilizando la extensión Hydrologic Modeling. Este número de unidades de escurrimiento permitió manejar áreas lo suficientemente cómodas para los muestreos evitando tener que muestrear en toda la amplitud de la microcuenca. Los recorridos se realizaron a través de todos los tipos de vegetación que ocurren en cada unidad de escurrimiento para tener la representatividad de los diferentes ecosistemas de la microcuenca.

El nivel de esfuerzo sumó un total de 420 horas/hombre durante todo el proyecto con un promedio de 20 horas/hombre/día, distribuidas en 10 salidas de enero a julio del 2008 con un total de 21 días de trabajo de campo.

Los métodos para la toma de datos de flora y fauna se describen a continuación:

Visualizaciones. Consiste en observar de manera detenida a los especímenes que se vayan encontrando tratando de obtener la mayor cantidad de características para su identificación. Es importante tener conocimientos sobre los diferentes grupos de vertebrados y la flora de la región para que la determinación sea más certera. Un apoyo a este inconveniente fue la toma de fotografías, siempre que fue posible, además de apoyarse de especialistas para la determinación de especies que representaron dificultad.

Vocalizaciones. Este método consiste en la identificación de las especies a partir de los sonidos que emiten algunos animales como parte de su

comunicación y comportamiento. Es importante tener experiencia para determinar especies a partir de este método. En el caso del presente trabajo, se pudieron identificar algunas especies de aves, que posteriormente se pudo corroborar la determinación con fundamento fotográfico.

Captura directa. El presente método consiste en capturar de manera manual a los organismos para su identificación en el laboratorio y posterior liberación. Si se trataba de especies comunes solo se les tomó una serie de fotografías como base para la identificación.

La identificación de las distintas especies de flora y fauna se realizó con literatura específica y con apoyo de especialistas en caso de especies dudosas (Bravo y Sánchez, 1978; Bravo y Sánchez, 1991; Flores y col., 1995; Padilla y Pineda, 1997; Anderson, 2001; Garza y col., 2004; Scheinvar, 2004; Ceballos y Oliva, 2005; Pennington y Sarukhán, 2005; Tinoco, 2005; Sánchez, 2007).

Con los registros obtenidos se generó una base de datos que incluye el nombre de la especie por tipo de vegetación y su respectiva categoría de riesgo si fuera el caso según la NOM-059-2001, esta base de datos representa la riqueza de especies específica para cada tipo de vegetación (Anexo I).

Etapas 4. Asignación de pesos a cada criterio. La asignación de los pesos a cada uno de los criterios se realizó mediante una escala de ponderación de cinco valores.

- 1: Muy poco importante
- 2: Poco importante
- 3: Importancia media
- 4: Algo importante
- 5: Muy importante

La base de la asignación de pesos se proyecta en términos de los tres elementos del desarrollo sustentable, Ecológico, Económico y Social, es decir, en base a información bibliográfica de ventajas o bienes potenciales que aporta cada criterio a dichos elementos (Batis y Rojas, 2002; Bravo y Sánchez, 1978; Bravo y Sánchez, 1991; Domínguez, 2007; Padilla, 2005; Tinoco, 2005; Tschinkel, 2001; Urbina y Londoño, 2003). A continuación se enlistan algunos de los aportes que hace cada criterio a los tres elementos del desarrollo sostenible (Ecológico, Social y Económico):

Cobertura vegetal:

- **Ecología.** Mantiene la diversidad biológica. Interviene en los flujos energéticos. Provee refugio y áreas de anidación o reproducción para la fauna silvestre. Regulación climática.
- **Economía.** Aporta beneficios a los agricultores de temporal al regular el ciclo hidrológico. Potencial de servicios ambientales e hidrológicos. Disminuye el proceso de erosión aumentando el tiempo de vida de reservorios de agua (presa, bordos). Mejora la estructura de los suelos.
- **Social.** Da tranquilidad a las localidades cuenca abajo ante posibles inundaciones. Regula la calidad del aire. Ofrece áreas de esparcimiento. Regula el clima.

Estructura vegetal:

- **Ecología.** Mantiene la diversidad biológica. Interviene en los flujos energéticos. Provee refugio y áreas de anidación o reproducción de la fauna silvestre. Crea microambientes, importantes para especies de fauna con nichos ecológicos restringidos. Regula el clima. Funciona como filtro de agua y luz.
- **Economía.** Aporta beneficios a los agricultores de temporal al regular el ciclo hidrológico. Potencial de servicios ambientales e hidrológicos. Disminuye el proceso de erosión aumentando el tiempo de vida de reservorios de agua (presa y bordos).

- **Social.** Da tranquilidad a las localidades cuenca abajo ante posibles inundaciones. Regula la calidad del aire. Ofrece áreas de esparcimiento. Regularan el clima.

Naturalidad de la vegetación:

- **Ecología.** Mantiene la diversidad biológica. Interviene en los flujos energéticos. Provee un entorno de desarrollo de la fauna silvestre que depende de áreas conservadas. Ayuda a evitar la aparición de posibles plagas.
- **Economía.** Potencial para turismo alternativo (belleza escénica) al mantener la belleza natural de sus paisajes.
- **Social.** Áreas de esparcimiento. Ofrece un valor de origen entre la gente y su vegetación autóctona.

Fauna:

- **Ecología.** Interviene en los flujos energéticos. Interviene en la estructura de la vegetación como métodos naturales de dispersión de semillas.
- **Economía.** Potencial cinegético. Mercado regulado de especies comerciales.
- **Social.** Valor de origen o identificación entre los pobladores y la fauna autóctona. Valor visual de la fauna silvestre. Sustento alimenticio de algunas especies. Valor mitológico. Participación en proyectos cinegéticos o de aprovechamiento de especies con valor ornamental. Participación en proyectos de manejo de fauna silvestre.

Flora cactológica:

- **Ecología.** Interviene en los flujos energéticos. Funcionan como sitios de anidación, refugio y de percha.
- **Economía.** Aprovechamiento de especies con potencial comercial como alimento, ornato o producto derivados.

- **Social.** Valor de origen o identificación entre los pobladores y la flora autóctona. Valor visual de sus especies cactológicas. Posible valor religioso relacionado con especies que presentan ciertos niveles de alcaloides. Valor mitológico. Participación en proyectos productivos de especies con potencial comercial. Participación en proyectos de manejo de su flora cactológica.

Especies en riesgo:

- **Ecología.** Interviene en los flujos energéticos. Representan especies altamente vulnerables en los ecosistemas. Posible desequilibrio ecológico ante un decremento de sus poblaciones o su extinción local.
- **Economía.** Planteamiento de proyectos de reproducción con fines de repoblación y económicos.
- **Social.** Valor de origen o identificación entre los pobladores y la flora o fauna autóctona. Valor visual de sus especies. Valor mitológico. Participación en proyectos de reproducción y manejo de especies en riesgo.

Por otra parte, se integró como elemento fundamental para el procedimiento de asignación de pesos a los criterios, toda la información visual obtenida durante los recorridos, tales como la identificación de las áreas con mayor actividad de pastoreo, extracción de leña, uso o aprovechamiento de algún recurso natural por parte de los habitantes, etc. El procedimiento consistió únicamente en la toma de coordenadas donde había mayor tránsito de ganado, extracción de leña aparente y se tomaron notas de las especies de plantas y animales que se observaron en algunas casas como elementos de ornato u otro uso. Las coordenadas obtenidas se ingresaron en una tabla con formato DBF para su visualización cartográfica.

También se integraron 20 entrevistas semi-estructuradas realizadas con los habitantes de la microcuenca (Anexo II), donde las pláticas se centraron entorno a los siguientes temas:

- Usos de los recursos naturales de la microcuenca.
- Percepción que tienen de los bosques y matorrales de la microcuenca.
- Posibilidad de proteger y manejar sus recursos naturales.
- Creación de turismo alternativo para beneficio de las localidades.

La información generada de esta actividad se ingresó en una tabla general de respuestas categorizadas.

Etapas 5. Establecimiento del grado de prioridad de cada alternativa a nivel de cada criterio. Para asignar los valores a cada alternativa se utilizó la misma escala de valoración de cinco puntos antes mencionada con diferentes atributos para cada uno de los criterios como se muestra en la tabla 5. Para el criterio “Cobertura”, el valor mas bajo se refiere a las áreas sin cubierta vegetal y el valor mas alto a las áreas con una cobertura superior al 75%. En el criterio “Estratos” el valor más bajo corresponde a aquellas áreas que no presentan cubierta vegetal y por obvias razones no presentan ningún estrato, y por otro lado las áreas con un máximo de cuatro estratos reciben la mayor puntuación. Para el criterio “Naturalidad” el valor mas alto le corresponde a la vegetación sin presencia de especies alóctonas o vegetación secundaria, mientras que el valor mas bajo le corresponde a las áreas sin vegetación seguidas de las áreas con vegetación inducida, producto de acciones de revegetación con especies exóticas. En el criterio “Riqueza de vertebrados” y “Riqueza de cactáceas” el valor mas bajo les corresponde a las áreas que presentan menos del 5% del total de especies registradas en la microcuenca y las áreas que presentan un porcentaje mayor al 75% les corresponde el valor mas alto. Finalmente en el criterio “Especies en riesgo”, las áreas que no presentan especies bajo alguna

categoría reciben el valor mas bajo y las que presentan de 10 a 12 especies reciben el valor más alto.

Tabla 5. Atributos utilizados para cada uno de los criterios. SV: sin vegetación, VI: vegetación inducida, DVS: dominancia de vegetación secundaria, VN: vegetación natural, DVN: dominancia de vegetación natural.

Escala de valores	Criterios					
	Cobertura	Estratos (#)	Naturalidad	Vertebrados (% de especies totales)	F. Cactológica (% de especies totales)	Especies en riesgo (# especies)
1	SV	0	SV	<5%	<5%	SE
2	< 25%	1	VI	5 - 25%	5 - 25%	1 a 3
3	25 - 50%	2	DVS/VN	25 - 50 %	25 - 50 %	4 a 6
4	50 - 75%	3	DVN/VS	50 - 75 %	50 - 75 %	7 a 9
5	> 75%	4	VN	75 - 100 %	75 - 100 %	10 a 12

Etapa 6. Cálculo del score para cada una de las alternativas. El procedimiento fue asignar un valor de la escala planteada de cinco puntos a cada una de las alternativas respecto al criterio correspondiente. Una vez concluida la valoración se multiplican cada uno de los valores de las alternativas de manera lineal por el valor ponderado de los criterios. De esta manera, se genera otra matriz con los nuevos valores obtenidos del procedimiento de ponderación lineal. Finalmente se suman los valores de las columnas de cada alternativa, obteniendo así, las distintas opciones numéricas en la cuales se basó el mapa de aptitud.

Etapa 7. Orden de las alternativas en función del score. En teoría, el valor más alto de la suma del puntaje de cada alternativa indica la mejor opción como respuesta al objetivo planteado, por lo que consecuentemente dicho valor estaría indicando el área de mayor aptitud para la conservación y así sucesivamente el valor mas bajo indicaría el área con menos aptitud para ser considerada como área para su conservación.

Creación del mapa de aptitud. Una vez finalizados los siete pasos del proceso multicriterio se ingresaron los valores obtenidos para cada alternativa en el mapa de uso de suelo y vegetación en el programa Arc View 3.2. Las áreas de asentamientos humanos y tierras de cultivo tuvieron un valor de 0, pues no se tomaron en cuenta para el procedimiento de valoración. Los valores de las 13 alternativas se dividieron en una escala cualitativa de valores para la conservación de cinco puntos: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto. Este mapa resultante indica las áreas de mayor aptitud para la conservación en términos de los criterios empleados.

5. RESULTADOS

5.1 Composición y configuración del paisaje actual

5.1.1 Composición del paisaje

El área de estudio comprende una extensión de 9467 has, donde se encontró un escenario compuesto de 17 tipos de parches (figura 8): BO= Bosque de oyamel, BE= Bosque de encino, BEP= Bosque de encino perturbado, CH= Chaparral, CHP= Chaparral perturbado, SBC= Selva baja caducifolia, MS= Matorral subinerme, MSP= Matorral subinerme perturbado, MC= Matorral crasicaule, MR= Matorral rosetófilo, BEU= Bosque de eucalipto inducido, BR= Bosque ripario, TD= Tierras desnudas, B= Bordos, P= Presa, A= Asentamientos humanos, y TA= Tierras agrícolas. El número total de parches se ubica en 393, donde el de menor tamaño cubre un área de tan solo 0.0027 has., correspondiendo al matorral subinerme perturbado, y en contraste, el de mayor tamaño cubre un territorio de 1620 has., correspondiendo al tipo de vegetación de matorral subinerme conservado (tabla 6). El tamaño promedio de los parches oscila en 24 has.

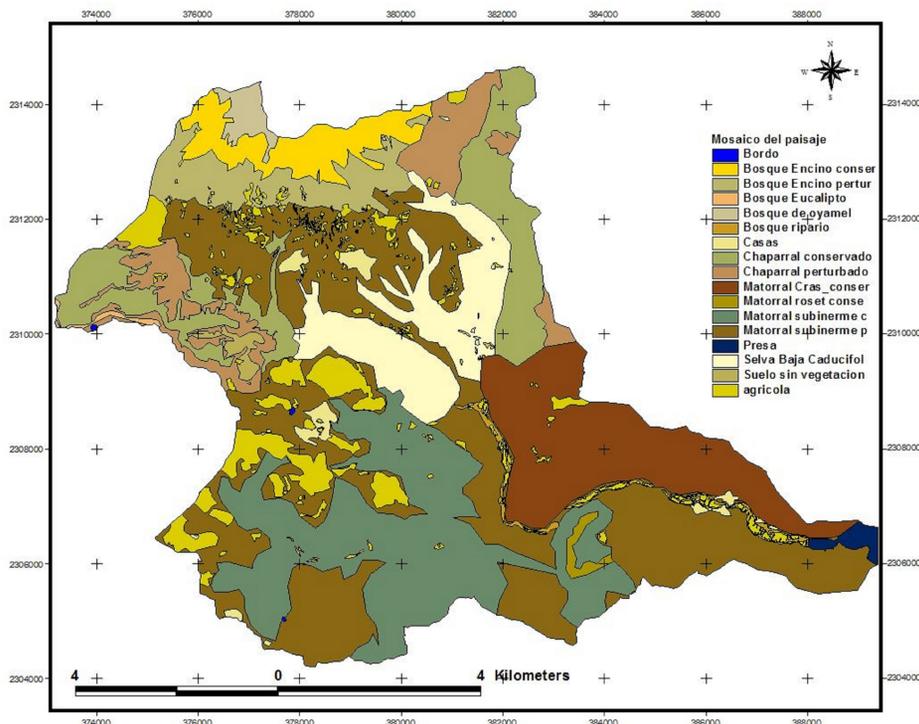


Figura 8. Mosaico del paisaje en la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

Al observar el mosaico del paisaje se puede notar que aunque hay una abundancia de parches pequeños correspondientes a las áreas de cultivo, en términos de extensión territorial dominan los parches grandes, por lo que en principio se puede inferir que la microcuenca presenta una relativa baja fragmentación en la mayor parte de su territorio y una alta fragmentación en algunas áreas muy específicas que corresponden a las tierras con mas baja pendiente de la microcuenca.

Tabla 6. Número de parches y sus respectivas áreas de cada una de las clases paisajísticas que componen el mosaico de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

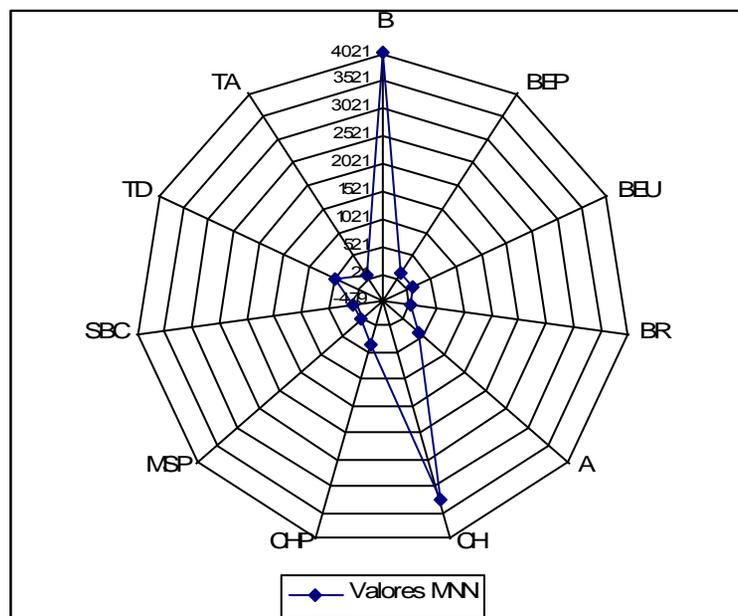
Clases	No. Parches	Área (has.)	Máximo (has.)	Mínimo (has.)	Media (has.)
BO	1	85.6	85.6	85.6	85.6
BE	1	363.2	363.2	363.2	363.2
BEP	3	422.2	415.2	0.49	140.7
CH	2	847.6	449.6	398	423.8
CHP	7	546.5	213.4	5.7	78
SBC	3	780.5	437	0.01	260.1
MS	1	1620	1620	1620	1620
MSP	39	2759.4	1142.5	0.002	70.7
MC	1	1055.3	1055.3	1055.3	1055.3
MR	1	38.1	38.1	38.1	38.1
BEU	3	16.1	14.2	0.5	5.3
BR	5	65	30.6	0.25	13
TD	3	47.6	46.8	0.25	15.8
B	3	2.8	1.15	0.55	0.93
P	1	47.4	47.4	47.4	47.4
A	27	107.7	33.7	0.01	3.9
TA	292	662.1	114.7	0.02	2.26
Total	393	9467.1			

El matorral subinerme conservado se consideró como la matriz por estar compuesto de un solo fragmento y por ser, además, el parche de mayor extensión con un total de 1620 has., rodeado de parches de tierras agrícolas y matorral subinerme perturbado.

5.1.2 Arreglo espacial

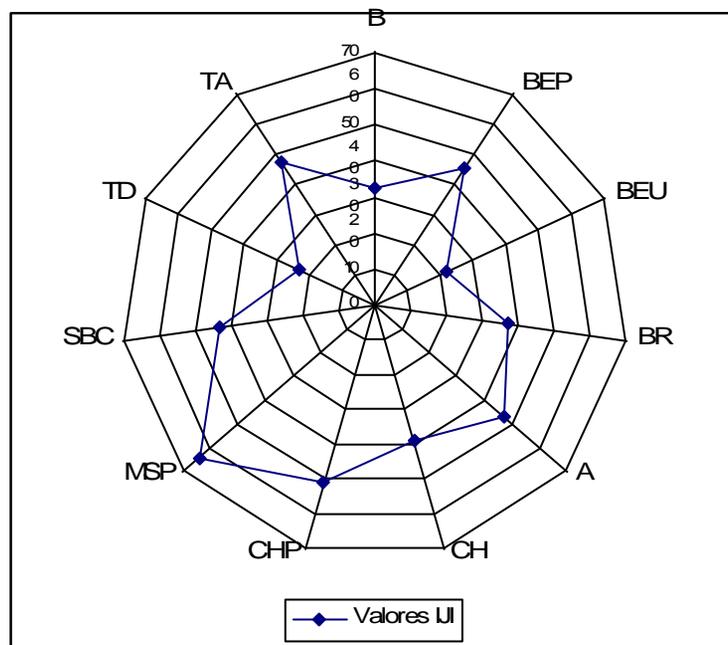
El arreglo espacial actual de los parches nos permite conocer el uso del territorio y la forma en la que se hizo en el pasado por parte de sus habitantes. También ofrece elementos de gestión para acciones futuras. Los índices utilizados para este objetivo fueron el índice de la distancia al vecino más cercano y el índice de adyacencia encontrando lo siguiente:

Índice de la distancia al vecino más cercano (MNN): De acuerdo con los resultados obtenidos del índice de la distancia al vecino más cercano (gráfica 2) encontramos que cinco clases paisajísticas (BEU, BR, MSP, SBC y TA) presentan una evidente compactación con valores menores a 100 m entre parches de la misma clase. Otro grupo de seis clases tuvieron valores de 0 por tratarse de parches únicos (BE, BO, MC, MR, MS y P). Las clases con los mayores valores de MNN corresponden a los bordos y al chaparral conservado con valores de 4021 m y 3267 m respectivamente.



Gráfica 2. Índice de la distancia al vecino más cercano (MNN) a nivel de microcuencia. **Nota:** Las clases que no aparecen conforman un solo parche cada una de ellas. Fuente: Elaboración propia

Índice de adyacencia (IJI): Respecto a los resultados del IJI para la microcuenca (gráfica 3) se encontró que las clases B, BEU y TD presentan valores alrededor de 20 – 30 indicando una abundancia baja de parches y un patrón espacial más o menos concentrado, este primer grupo presenta los valores mas bajos. Las clases BR, A, CH, CHP, SBC, TA y BEP forman el segundo grupo y presentan valores de adyacencia alrededor de 50 demostrando una mayor dispersión de los parches en la microcuenca, o bien, un aumento del número de los mismos. Finalmente, la clase MSP tiene un valor mas alto (64) indicando que los parches que la conforman se encuentran distribuidos en más del 50% de la microcuenca. En parte, este valor se debe a la gran extensión que ocupa dicha clase.

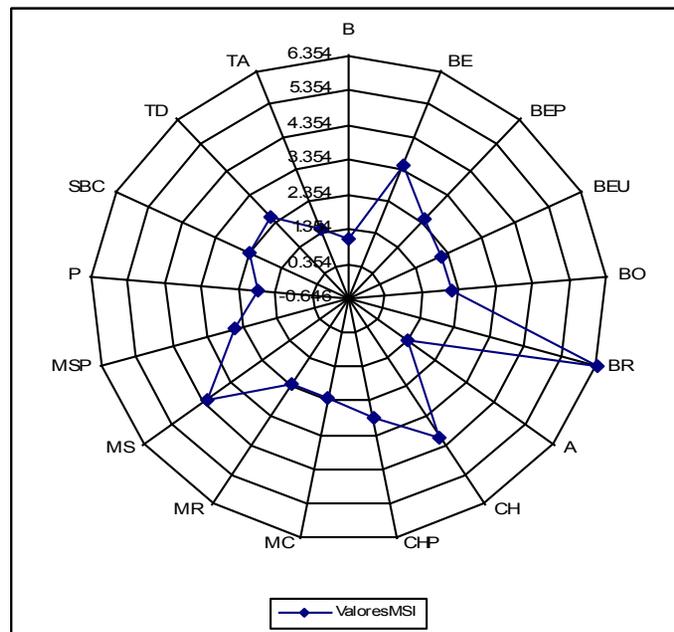


Gráfica 3. Índice de adyacencia (IJI) a nivel de microcuenca. **Nota:** Las clases que no aparecen conforman un solo parche cada una de ellas. Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Estado del paisaje a través del índice de forma y dimensión fractal de sus parches.

Índice de forma (MSI): En los resultados obtenidos (gráfica 4) (tabla 7) el primer grupo (clases B, A, P y TA) presenta valores en su MSI menores a 2

indicándonos que sus formas tienden a ser regulares o de geometría simple. Estas clases coinciden en ser de origen antrópico lo cual explica los valores tan bajos. Un segundo grupo (BEC, BEP, BEU, BO, CHP, MC, MR, MSP, SBC y TD) que se encuentra en el rango de 2 – 4 presenta formas más complejas, lo cual está en relación, en parte, a la forma en que ha sido moldeado el paisaje en el tiempo por acciones de aprovechamiento de los recursos naturales. El tercer grupo lo conforman las clases BR, CH y MS. Estos presentan valores alrededor de 4 – 7.



Gráfica 4. Índice de forma de las distintas clases paisajísticas (MSI). Fuente: Elaboración propia

Índice fractal (AWMPFD): Los valores obtenidos de la dimensión fractal para las microcuenca (tabla 8) nos indican que las clases paisajísticas P, B, MC y BO presentan formas poco complejas con valores menores a 1.30, mientras que las clases BEU, BR y MSP muestran las formas más irregulares con valores que están por arriba de 1.40.

Tabla 7. Índice de forma y dimensión fractal de las clases paisajísticas. Fuente: Elaboración propia

Clases	Índice de forma MSI	Dimensión fractal AWMPFD
B	1.072	1.291
BE	3.429	1.331
BEP	2.440	1.362
BEU	2.134	1.401
BO	2.148	1.297
BR	6.354	1.558
A	1.374	1.303
CH	4.010	1.331
CHP	2.844	1.331
MC	2.251	1.257
MR	2.281	1.325
MS	4.159	1.324
MSP	2.549	1.369
P	1.785	1.282
SBC	2.337	1.296
TD	2.464	1.354
TA	1.473	1.305

5.1.4 Diversidad paisajística

Índice de diversidad de Shannon e Índice de distribución y abundancia de Shannon: El mosaico paisajístico de la microcuenca muestra una alta diversidad con un valor en su SDI de 2.16, indicando que se trata de un paisaje heterogéneo. Para el caso del SEI el valor obtenido de este cálculo fue de 0.76 indicando que el paisaje se encuentra altamente fragmentado y que la distribución de dichos fragmentos se presenta por toda el área de estudio.

5.1.5 Efecto de borde y hábitat interior

Según los resultados la extensión que ocupa la clase “Vegetación Conservada” comprende 4790 has, que corresponden al 50% aproximadamente del área total de la microcuenca. Teóricamente con un borde de 300 metros se generan un total de 18 parches que suman 1081 has., de hábitat interior (figura 9). En este caso el área total con influencia de efecto de borde es de 3709 has. Por otra parte, con un efecto de borde de 100 metros se generan 23 parches que suman un total de 3161 has., de hábitat interior formando unidades amplias

de hábitat efectivo (figura 10). Para este caso, teóricamente se tendrían solo 1629 has., con influencia de borde.

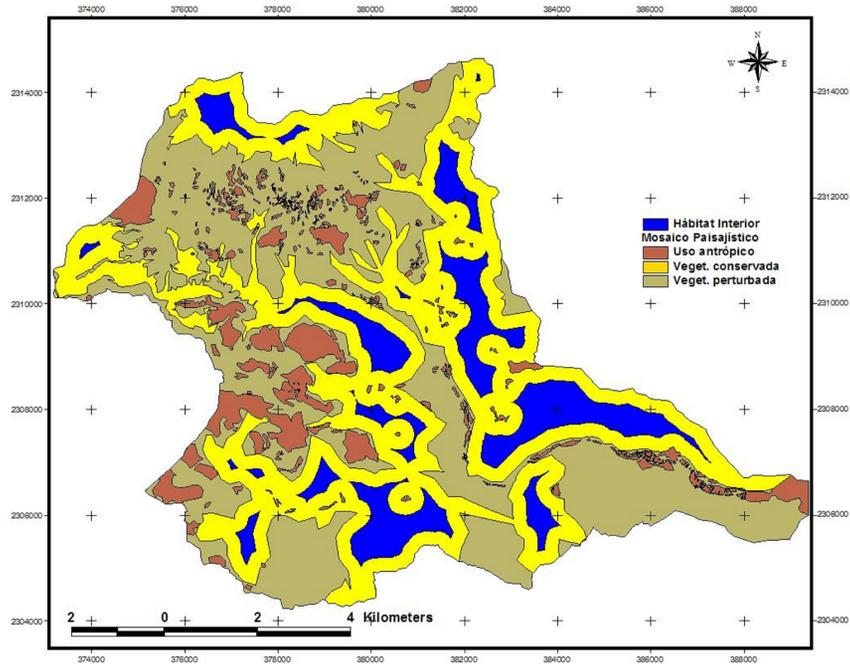


Figura 9. Áreas de hábitat interior con un efecto de borde hipotético de 300 metros. Fuente: Elaboración propia

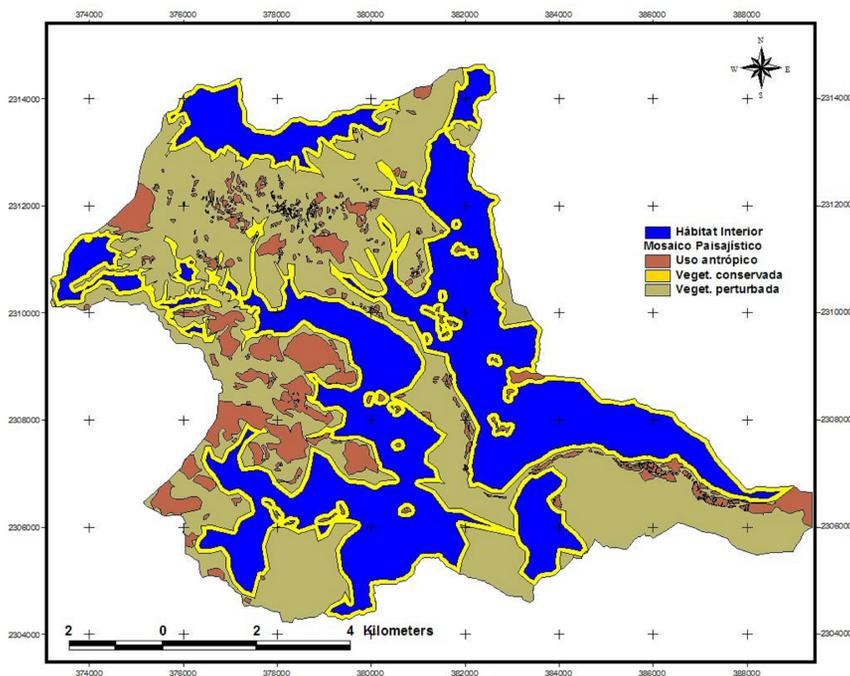


Figura 10. Áreas de hábitat interior con un efecto de borde hipotético de 100 metros. Fuente: Elaboración propia

5.1.6 Simulación manual para la recuperación de hábitat interior y formación de corredores.

Las áreas de vegetación conservada en la actualidad tienen una extensión de 4790 has., con una superficie de hábitat interior de 3161 has. En la simulación el área conservada se aumentó a 5883 has., dándole una forma más simple al polígono resultante (para disminuir el efecto del borde y aumentar el área de hábitat interior) y considerando la presencia de corredores biológicos. El área de hábitat interior aumentaría a 4665 has, con una completa conexión en todos los ecosistemas de la microcuenca (figura 11) manteniendo la calidad ecosistémica y respetando las áreas de uso humano. Por otra parte, el mapa resultante cubre las áreas donde las pendientes son más pronunciadas protegiendo los suelos ante eventos de erosión y regulando el funcionamiento hidrológico de la microcuenca.

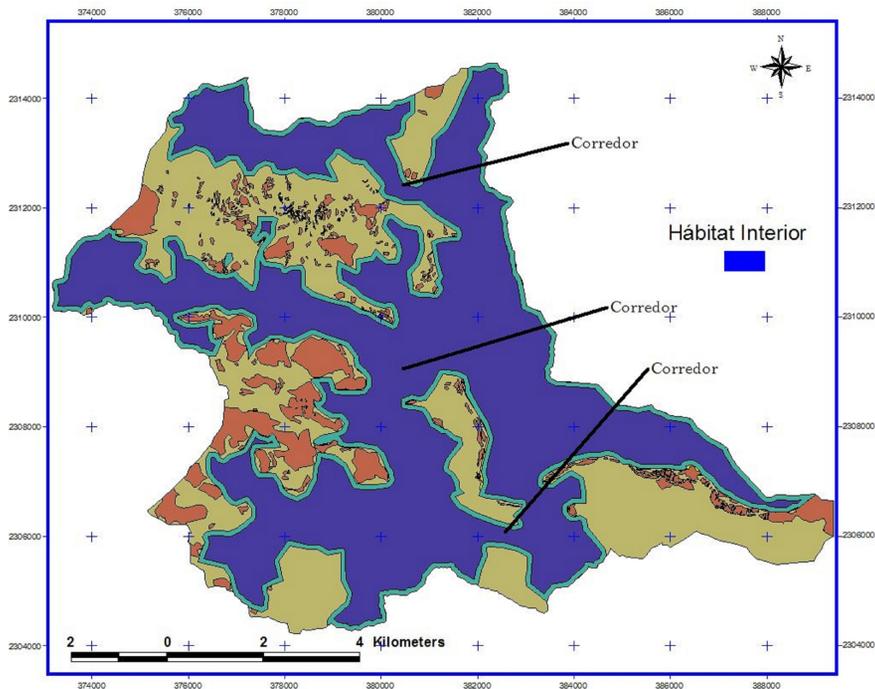


Figura 11. Simulación manual hipotética para la recuperación de área de hábitat interior y formar corredores biológicos con un efecto de borde de 100 metros. Fuente: Elaboración propia

5.2 Balance hídrico superficial

A continuación se presentan los resultados obtenidos del escurrimiento medio anual, la filtración total, la evapotranspiración y la recarga potencial para la microcuenca Ejido Patria:

Escurrecimiento medio anual: Según los resultados que se obtuvieron el área donde no presenta escurrimiento corresponde a la presa de La Soledad. Las áreas con escurrimiento bajo ($9 - 36 \text{ m}^3/\text{año}$) se sitúan en zonas donde la cobertura vegetal se encuentra por encima del 100 %. El escurrimiento medio ($43 - 65 \text{ m}^3/\text{año}$) se presenta en áreas donde la vegetación se encuentra un tanto alterada y/o las coberturas son inferiores al 75 %. Finalmente las zonas donde se presenta mayor escurrimiento ($75 - 107 \text{ m}^3/\text{año}$), ocurre en tierras de cultivo y en áreas donde la vegetación esta muy alterada, llegando a oscilar la cobertura vegetal entre 0 y menos del 50 % (figura 12).

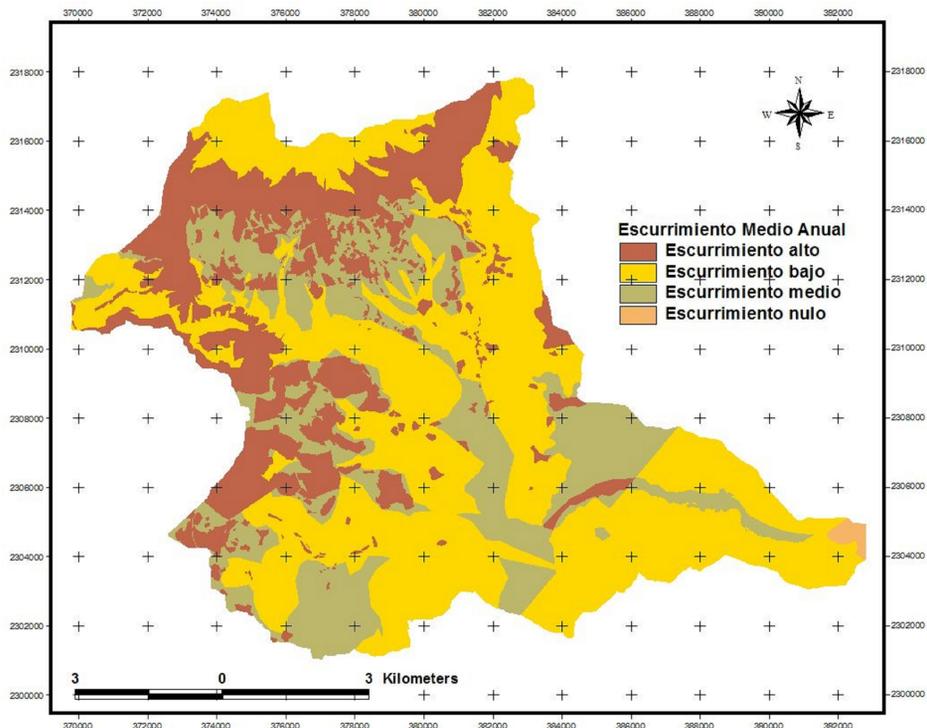


Figura 12. Escurrecimiento medio anual en la MEP. Elaboración propia

Infiltración total: La infiltración baja (376 – 430 mm/año) se presenta en la zona de la microcuenca donde la precipitación es menor y el clima es mas seco, corresponde a la parte baja de la microcuenca. La infiltración media (484 – 525 mm/año) corresponde al área de la presa y algunos pequeños polígonos, donde hay tierras de cultivo. Y la zona donde hay mayor infiltración (530 – 599 mm/año) abarca la mayor parte del área de estudio, donde la precipitación es mayor y corresponde a la parte media y alta de la microcuenca (figura 13).

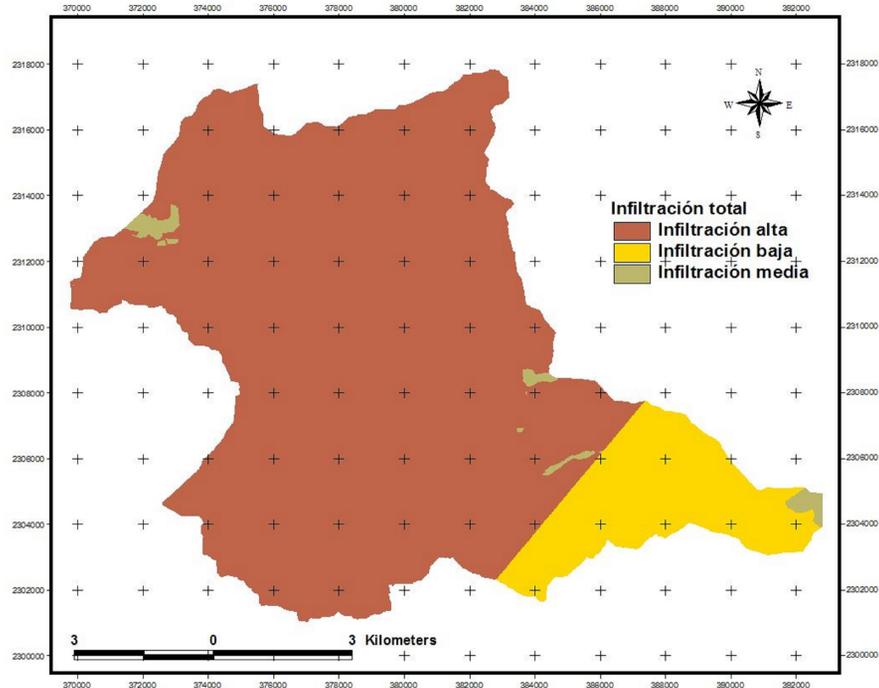


Figura 13. Áreas de la infiltración total en la MEP. Elaboración propia

Evapotranspiración: En la evapotranspiración solo se identificaron dos grandes áreas que corresponden a las zonas de influencia de las dos estaciones meteorológicas (figura 14). La zona de color amarillo corresponde a la mayor evapotranspiración con un valor de 519 mm/año y el área de color café corresponde a la menor evapotranspiración con 419 mm/año.

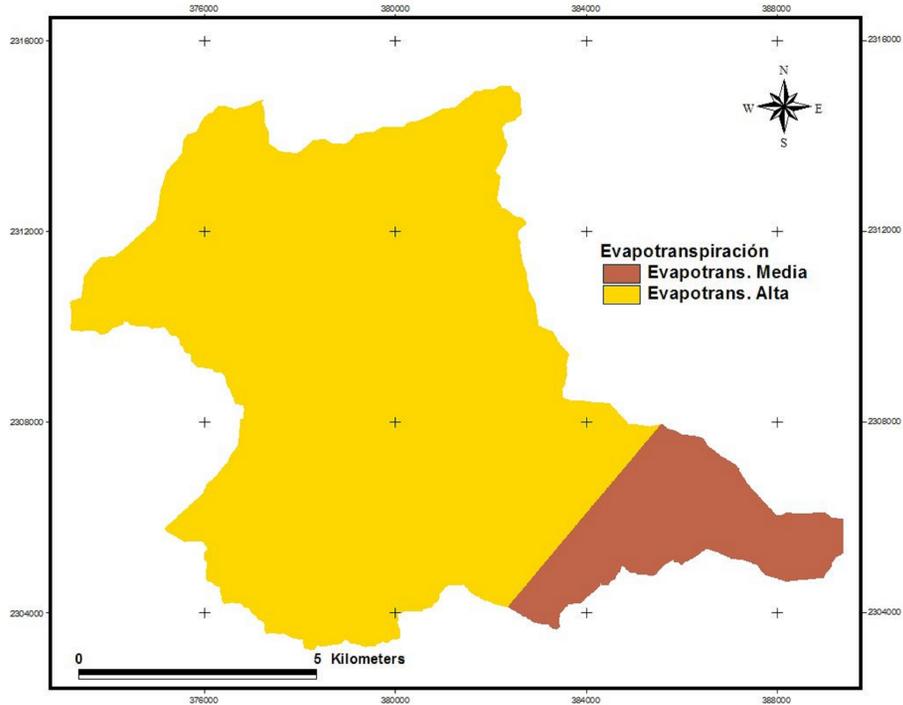


Figura 14. Áreas de evapotranspiración en la MEP. Fuente: Elaboración propia

Recarga potencial: Las áreas donde no hay recarga corresponden a la mayor parte de la microcuenca, donde prácticamente toda el agua de las precipitaciones se pierde por evapotranspiración. Las áreas de recarga baja (6 – 16 mm/año) se sitúan en algunas áreas agrícolas y algunos polígonos en la zona seca de la microcuenca. Las zonas de recarga media (22 – 38 mm/año) se localizan en la mayor parte de las tierras de cultivo y las áreas con vegetación alterada de la parte media y alta de la microcuenca. Finalmente las áreas de mayor recarga (48 – 80 mm/año) corresponden a la presa y a las zonas con vegetación en buen estado, donde la cubierta vegetal supera el 100 % (figura 15).

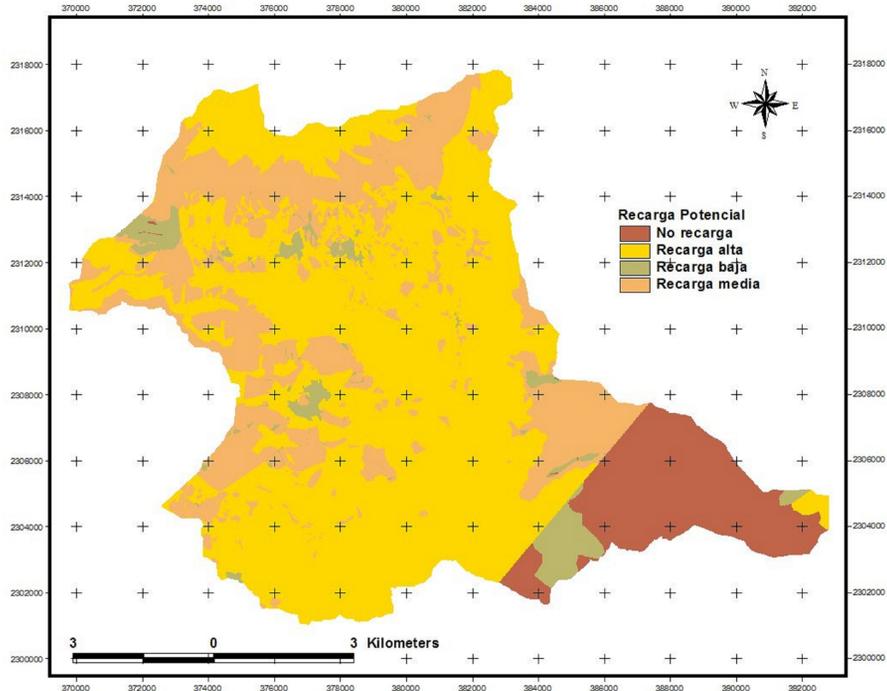


Figura 15. Áreas de recarga potencial en la MEP. Elaboración propia

5.3 Erosión hídrica actual y potencial

Erosión hídrica actual: El modelo de erosión hídrica actual nos muestra tres grados de erosión predominantes (figura 16), de los cuales la mayor parte de la microcuenca corresponde a una erosión ligera (0 – 10 tn/ha/año) y los valores aumentan conforme la pendiente es mayor. Las áreas con erosión moderada (10 – 50 tn/ha/año) se ubican en algunas tierras de cultivo y en cañadas donde las pendientes son muy pronunciadas. Por otra parte, las áreas con erosión alta (50 – 200 tn/ha/año) se concentran en las tierras de cultivo abandonadas (donde la pendiente supera el 10%) y en los dos cañones que surcan los arroyos de Los Trigos y El Fuenteño, sitios que presentan las mayores pendientes de la microcuenca. En estos dos cañones (sitios de alta vulnerabilidad) la vegetación es bastante densa lo que regula en gran medida los procesos erosivos de la lluvia.

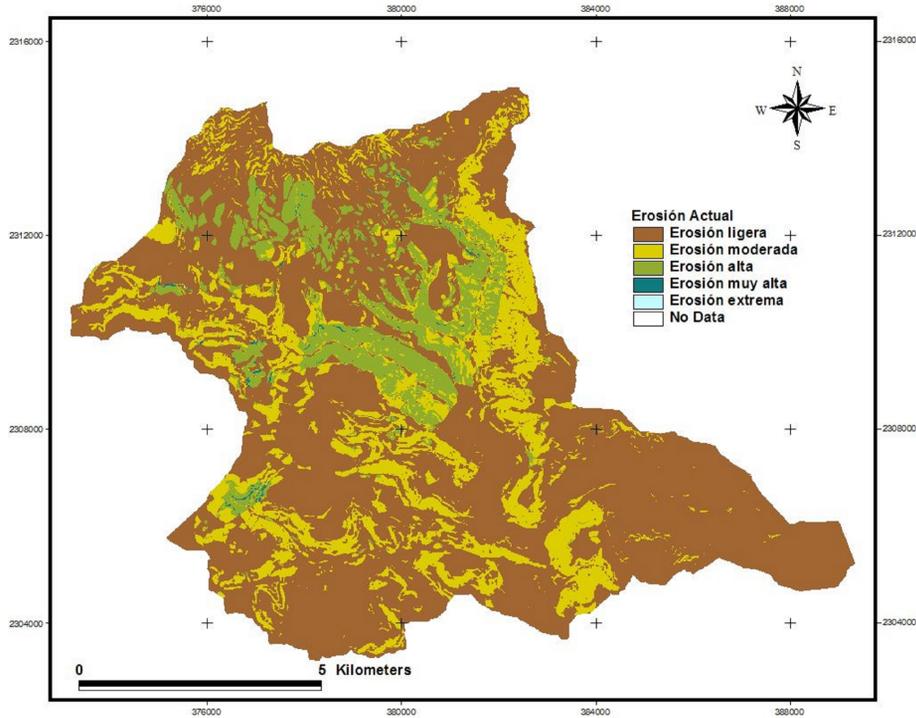


Figura 16. Modelo de erosión hídrica actual en la MEP. Elaboración propia

Erosión hídrica potencial: El modelo de erosión hídrica potencial nos muestra la cantidad de suelo que se perdería si no hubiese la protección de la cobertura vegetal. En la figura 17, se muestran en color café las áreas con erosión ligera, que corresponden a las tierras donde las pendientes son menores al 10% y en color amarillo se muestran las áreas con erosión moderada, donde la pendiente se encuentra entre 10 y 20%. Nótese que las áreas con erosión alta y muy alta predominan en la microcuenca debido a la accidentada topografía.

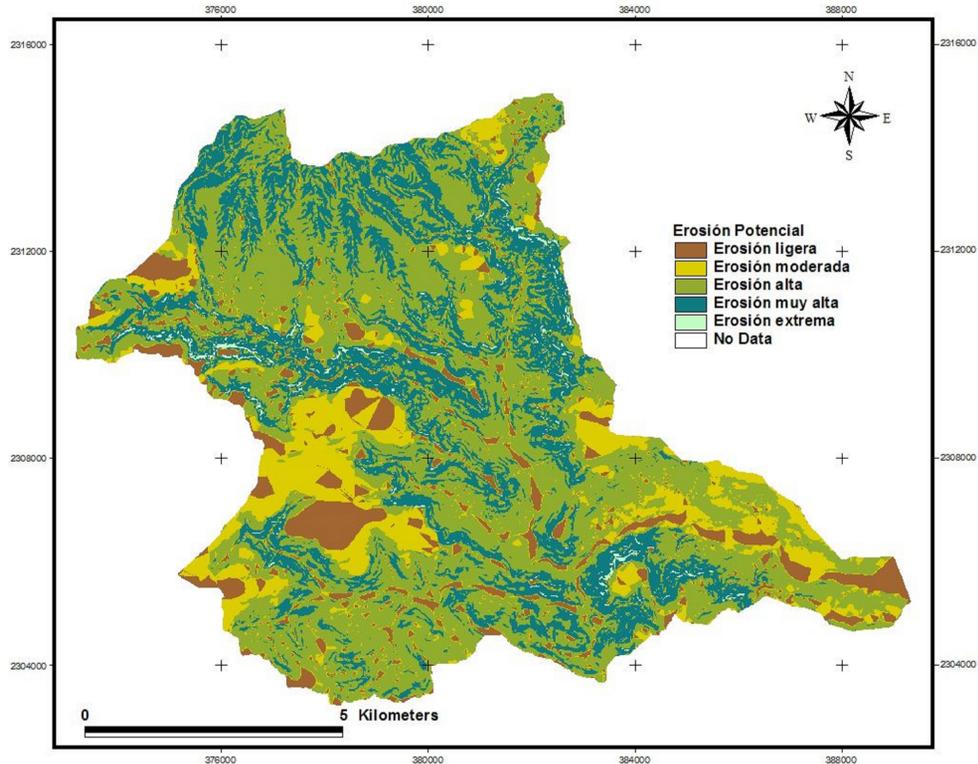


Figura 17. Modelo de erosión hídrica potencial de la MEP. Elaboración propia

5.4 Evaluación multicriterio

Partiendo de la etapa 1, que se refiere al planteamiento del objetivo a cumplir a través del desarrollo de una evaluación multicriterio se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del método de Ponderación Lineal:

5.4.1 Evaluación de los criterios empleados

5.4.1.1 Identificación de las alternativas

Se definieron siete tipos de comunidades vegetales en la microcuenca Ejido Patria: selva baja caducifolia, matorral xerófilo con tres variantes (crasicaule, rosetófilo y subinerme), chaparral, bosque de encino, bosque de oyamel, bosque ripario y bosque de eucalipto inducido (Ver anexo fotográfico). Algunos tipos de vegetación presentan áreas con algún tipo de impacto (pérdida completa en la cobertura vegetal, pérdida parcial de la cubierta vegetal y/o presencia de vegetación secundaria), mientras que otras se encuentran en condiciones aceptables de conservación (presentan amplias coberturas y

ausencia de vegetación secundaria o alóctonas), por tanto, se hizo distinción entre dichas áreas. Con mayor detalle se distinguen 13 clases de polígonos con distintas variantes en su vegetación (figura 18), mismas que conforma las 13 alternativas de la evaluación multicriterio.

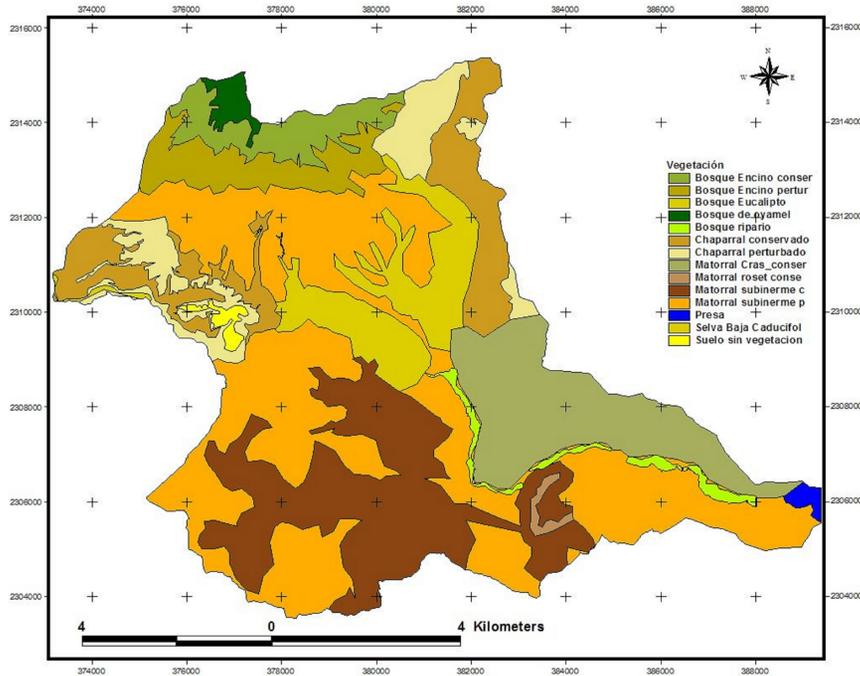


Figura 18. Mapa de vegetación de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

El tipo de vegetación que ocupa la mayor parte de la microcuenca le corresponde al matorral subinermemente perturbado con una extensión aproximada del 35% del área total y el tipo de vegetación que menos área ocupa es el bosque inducido de eucalipto con un 0.2% (tabla 8).

5.4.1.2 Estimación de la cobertura, estratos y naturalidad de la vegetación

Coberturas: De los siete tipos de vegetación encontramos áreas perturbadas de bosque de encino, chaparral, bosque ripario y matorral subinermemente. Estas áreas de vegetación presentan una cobertura promedio menor al 75%. En condiciones conservadas los bosques de encino, oyamel, chaparral y selva baja superan una cobertura del 100%, mientras que los matorrales pueden estar en el orden del 50% de cobertura vegetal promedio, aun en buen estado

de conservación, pues tienen una estructura semi-abierta (característico en vegetación árida y/o semiárida) y se desarrollan en parte, sobre suelos pedregosos. El tipo de vegetación de bosque de eucalipto es de naturaleza exótica e inducida y presenta una cobertura promedio menor al 50%. Finalmente las áreas de suelo desnudo no presentan ningún tipo de vegetación arbórea o plantas leñosas mayores a un metro de altura, de hecho, solo se observó la presencia de plantas herbáceas anuales y pequeños cactus que crecen en algunas acumulaciones de suelo entre las grietas de la roca madre, por tanto la cobertura vegetal que se manejó para estas áreas fue de cero (tabla 8).

Estratos: En cuanto al número de estratos, los bosques de oyamel, encino conservado y selva baja presentan hasta cuatro estratos bien definidos: hierbas, arbustos, árboles jóvenes y árboles maduros. El resto de la vegetación presenta tres estratos marcados por especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, excepto la zona categorizada como suelo sin vegetación, que aunque presenta plantas muy esparcidas y creciendo en acumulaciones de suelo, se trata de plantas anuales o cactáceas de pequeño tamaño por lo que no se consideró como un estrato vegetal (tabla 8).

Naturalidad: Respecto a la naturalidad de la vegetación encontramos que los bosques de oyamel y encino conservado, chaparral conservado, selva baja caducifolia y los matorrales subinermes conservados, crasicuale y rosetófilo presentan una buena naturalidad en su composición vegetal, al no encontrar aparentemente especies alóctonas o invasoras, mientras que el bosque ripario, el chaparral perturbado y el matorral subinermes perturbado presentan vegetación secundaria notoria (en algunas áreas esta vegetación domina sobre la autóctona). Las especies detectadas como vegetación secundaria son: *Dodonea viscosa*, *Senecio praecox* e *Ipomoea murucoides*. Algunas áreas de matorral subinermes perturbado presentaban una clara dominancia de la especie *Dodonea viscosa*, en otros sitios se encontraban combinadas las tres especies antes mencionadas. En algunas áreas de chaparral y bosque de encino

perturbados se observó una gran presencia de *Senecio praecox*, que aunque suele estar presente en la zona como una especie esporádica, tiene una gran adaptabilidad y poder de colonización ante eventos de disturbio.

El bosque de eucalipto es un tipo de vegetación de origen inducido por lo que presenta el mayor grado de antinaturalidad. Y finalmente existe un área en la microcuenca sin cubierta vegetal que se consideró igualmente con el mayor grado de antinaturalidad (tabla 8).

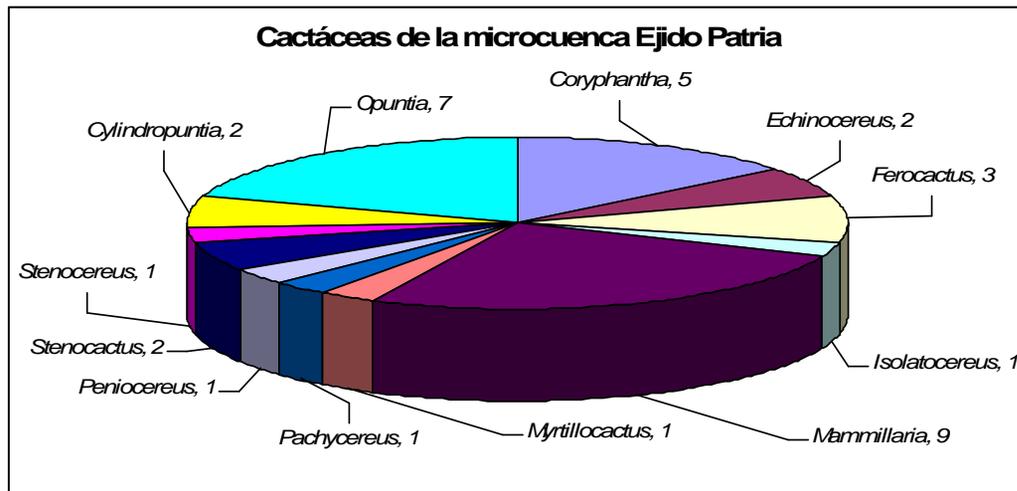
Tabla 8. Coberturas, estratos, naturalidad y áreas que ocupan los diferentes tipos de vegetación de la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

Tipos de vegetación	Área (has.)	Cobertura promedio (%)	No. Estratos	Naturalidad
Bosque de oyamel	85	240	4	Veg. Natural
Bosque de encino	362	174	4	Veg. Natural
Bosque de encino perturbado	451	44	3	Dominância Veg. Sec/Veg. Nat.
Bosque ripário	115	45	3	Dominância Veg.Nat./Veg. Sec.
Bosque de eucalipto inducido	16	46	3	Veg. Inducida
Chaparral	848	100	3	Veg. Natural
Chaparral perturbado	572	40	3	Dominância Veg. Sec/Veg. Nat.
Selva baja caducifolia	788	173	4	Veg. Natural
Matorral rosetófilo	38	40	3	Veg. Natural
Matorral crasicale	1075	40	3	Veg. Natural
Matorral subinerme	1634	33	3	Veg. Natural
Matorral subinerme perturbado	3393	73	3	Dominância Veg. Sec/Veg. Nat.
Suelo sin vegetación	49	0	0	Sin vegetación

5.4.1.3 Riqueza cactológica

De las 10 salidas realizadas se registró un total de 35 especies de cactáceas (Anexo III) distribuidas en 12 géneros (gráfica 5). El género mejor representado es *Mammillaria* con nueve especies seguida del género *Opuntia* con siete especies. Los tipos de comunidades vegetales con mayor riqueza de

cactus son los matorrales subinermes y crasicales con 23 y 22 especies respectivamente, mientras que las comunidades vegetales con menor número de especies corresponden para el bosque de eucalipto inducido (1), el bosque de encino perturbado (2) y el bosque de oyamel (3) (tabla 9). Por supuesto, los matorrales resultaron con mayor riqueza, pues este grupo de plantas se ha adaptado en general y principalmente a climas áridos. En contraparte, a grandes alturas, donde el clima es templado húmedo, solo pocas especies logran sobrevivir colonizando principalmente en pequeños claros de los bosques, donde el sol penetra durante varias horas al día.



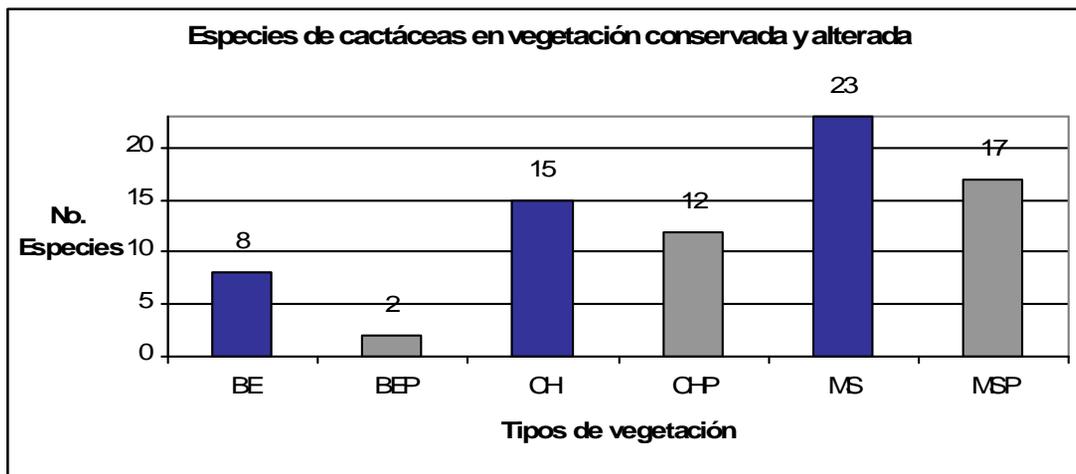
Gráfica 5. Géneros y número de especies de la familia Cactaceae registradas durante el presente trabajo. Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Número de especies de cactáceas por tipo de vegetación. Fuente: Elaboración propia

Tipos de vegetación	No. Especies
Bosque de oyamel	3
Bosque de encino	8
Bosque de encino perturbado	2
Bosque ripario	11
Bosque de eucalipto inducido	1
Chaparral	15
Chaparral perturbado	12

Selva baja caducifolia	10
Matorral rosetófilo	9
Matorral crasicaule	22
Matorral subinerme	23
Matorral subinerme perturbado	17
Suelo sin vegetación	5

Analizando los mismos tipos de vegetación, tanto en estado de conservación como en estado alterado, se puede observar que las áreas con vegetación alterada presentan un decremento en la riqueza de especies de cactáceas lo cual sugiere que algunas especies presentan una baja tolerancia ante eventos de disturbio. Las zonas alteradas de bosque de encino y matorral subinerme muestran una baja de seis especies y las zonas perturbadas de chaparral presentan una baja de tres especies (grafica 6).



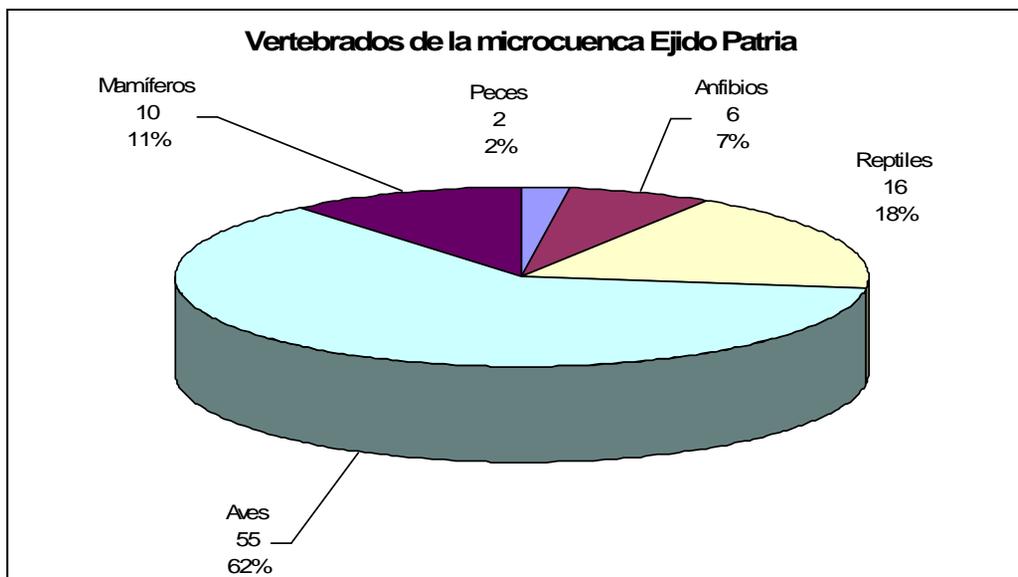
Gráfica 6. Diferencia en la riqueza de especies de cactáceas entre áreas conservadas y alteradas en tres tipos de vegetación. BE= Bosque de encino, BEP= Bosque de encino perturbado, CH= Chaparral, CHP= Chaparral perturbado, MS= Matorral subinerme, MSP= Matorral subinerme perturbado. Fuente: Elaboración propia

El estado de Querétaro cuenta con 112 especies de cactáceas colocándolo entre los primeros lugares a nivel nacional (Hernández y col., 2004; Scheivar, 2004). De estas 112 especies, la microcuenca Ejido Patria representa

el 31.2 % del total de especies del Estado colocando a la microcuenca como un área de alto valor en términos de su riqueza cactológica, incluso, probablemente uno de los sitios mas interesantes a nivel estatal. Por otro lado, 34 de las 35 especies registradas, presentan algún valor potencial de uso, tales como alimento, ornato o para cercas vivas.

5.4.1.4 Riqueza de vertebrados

Los resultados obtenidos de las 10 salidas a campo nos arrojan un total de 89 especies de vertebrados registrados para la microcuenca Ejido Patria (Anexo IV). De éstos, dos especies pertenecen al grupo de los peces; seis especies a los anfibios; 16 especies para los reptiles; 55 especies para el grupo de las aves y 10 especies de mamíferos (gráfica 7).



Gráfica 7. Grupos de vertebrados registrados durante el presente trabajo. Fuente: Elaboración propia

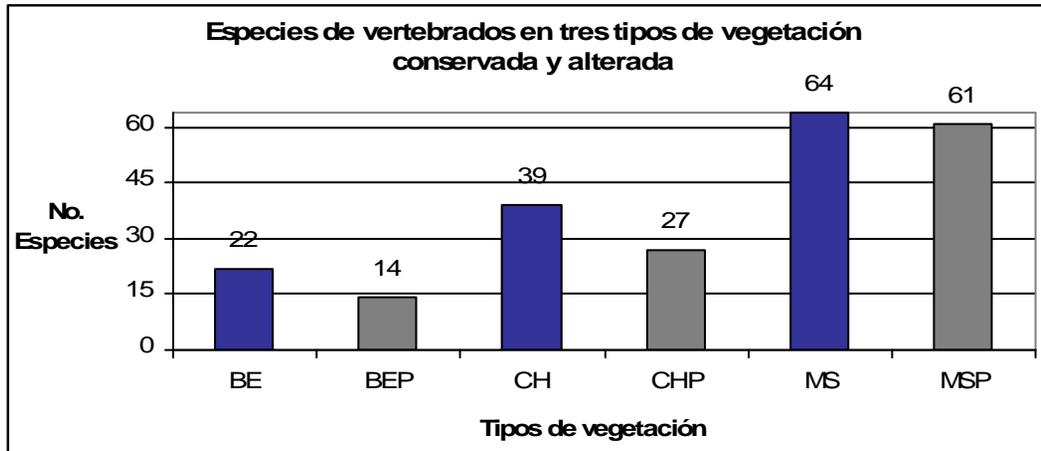
Según el tipo de vegetación el matorral subinorme presenta la mayor riqueza con un total de 64 especies, seguido por el matorral crasicaule, chaparral y bosque ripario con alrededor de 40 especies cada una. Las tierras sin cubierta vegetal presentan la riqueza mas baja con un total de tres especies

registradas (tabla 10). Es de esperarse, que al haber una pérdida de la cubierta vegetal se ejerza una presión hacia las especies menos tolerantes, induciendo a la dispersión o extinción puntual de las poblaciones de dichas especies.

Tabla 10. Número de especies de vertebrados por tipo de vegetación. Fuente: Elaboración propia

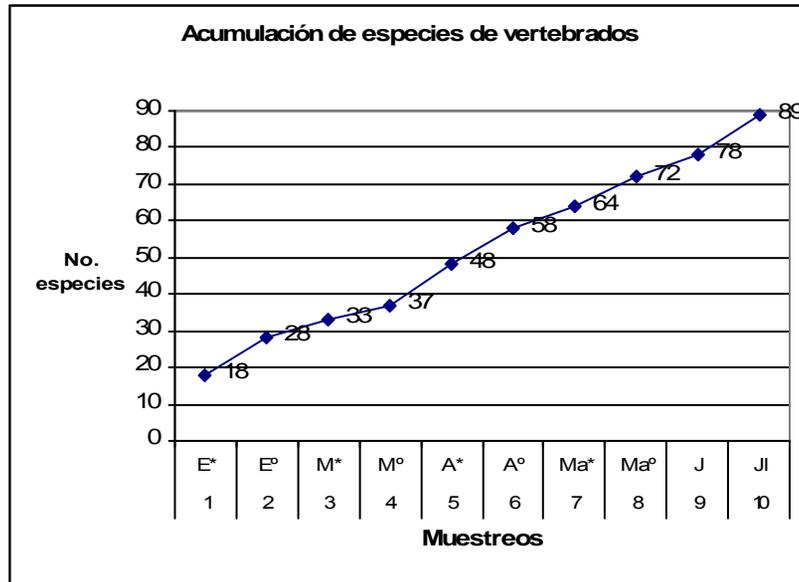
Tipos de vegetación	No. Especies
Bosque de oyamel	10
Bosque de encino	22
Bosque de encino perturbado	14
Bosque ripario	44
Bosque de eucalipto inducido	12
Chaparral	39
Chaparral perturbado	27
Selva baja caducifolia	20
Matorral rosetófilo	11
Matorral crasicaule	42
Matorral subinerme	64
Matorral subinerme perturbado	61
Suelo sin vegetación	3

Al igual que con las cactáceas, el número de especies de vertebrados se vio reducido en áreas donde la vegetación ha sido alterada. Los tipos de vegetación, chaparral y bosque de encino muestran una diferencia significativa en la riqueza de especies de sus áreas alteradas respecto a las conservadas, con un decremento de alrededor de 10 especies, mientras que en el matorral subinerme la diferencia fue un decremento de tres especies para las zonas alteradas (gráfica 8).



Gráfica 8. Diferencia en la riqueza de especies de vertebrados entre áreas conservadas y alteradas en tres tipos de vegetación. BE= Bosque de encino, BEP= Bosque de encino perturbado, CH= Chaparral, CHP= Chaparral perturbado, MS= Matorral subinerme, MSP= Matorral subinerme perturbado. Fuente: Elaboración propia

El estado de Querétaro cuenta con 501 especies de vertebrados y el municipio de Colón con 52 especies (Padilla y Pineda, 1997). Considerando estas cifras es relevante mencionar que las especies registradas en el presente estudio para la microcuenca Ejido Patria representan el 17.7% del total de especies del Estado, indicándonos una alta riqueza de fauna. A nivel municipal solo se encontraron 22 de las 52 especies registradas para Colón en la literatura. De esta manera, la suma de los registros para el municipio de Colón da un total de 119 especies, lo que significa la adición de 67 especies. En la gráfica 9, se puede observar la acumulación exponencial de las especies a través del rango temporal de los muestreos, lo que sugiere una riqueza mayor de vertebrados a los registrados en el presente proyecto. Del total de especies registradas, 36 presentan algún uso potencial como especies de ornato, cinegético, alimenticio y/o como mascotas.



Gráfica 9. Acumulación de los vertebrados registrados en el presente estudio para la microcuenca Ejido Patria. E= Enero, M= Marzo, A= Abril, Ma= Mayo, J= Junio, JI= Julio, *= Inicios de mes, °= Fines de mes. Fuente: Elaboración propia

5.4.1.5 Especies en riesgo

Se encontró un total de 12 especies de vertebrados y cactáceas referidas en la NOM-059-2001 (tabla 11) que corresponden al 10% del total de especies registradas para la microcuenca (Ver anexo fotográfico). Del grupo de las cactáceas se encuentran las especies *Ferocactus histrix* y *Mammillaria microhelia* con la categoría Pr (Protección especial). Del grupo de la aves solo se encontró la especie *Melanotis caerulescens* con la categoría Pr. De los anfibios igualmente se registro solo una especie con la categoría de A (Amenazada) (*Lithobates neovolcanicus*). Y del grupo de los reptiles se registraron ocho especies en riesgo. Tres corresponden al grupo de las lagartijas con la categoría Pr (*Barisia ciliaris*, *Sceloporus gramicus* y *Eumeces lynxe*), cuatro a las serpientes, tres de ellas con la categoría Pr (*Hypsiglena torquata*, *Tropidodipsas sartorii* y *Crotalus molossus*) y una con la categoría A (*Thamnophis cyrtopsis*), y finalmente una especie corresponde al grupo de las tortugas con la categoría Pr (*Kinosternon integrum*).

Tabla 11. Especies referidas en la NOM-059-2001 con alguna categoría de riesgo. A: Amenazada, Pr: Protección especial. Fuente: Elaboración propia

Grupo biológico	Especies	Categoría de riesgo (NOM-059-2001)
Anfibios	<i>Lithobates neovolcanicus</i>	A
Reptiles	<i>Barisia ciliaris</i>	Pr
	<i>Sceloporus gramicus</i>	Pr
	<i>Eumeces lynxe</i>	Pr
	<i>Hypsiglena torquata</i>	Pr
	<i>Tropidodipsas sartorii</i>	Pr
	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	A
	<i>Crotalus molossus</i>	Pr
	<i>Kinosternon integrum</i>	Pr
Aves	<i>Melanotis caerulescens</i>	Pr
Cactus	<i>Ferocactus histrix</i>	Pr
	<i>Mammillaria microhelia</i>	Pr

Hubo algunas especies de cactus que consideramos poco abundantes y de distribución restringida que no aparecen referidas en la NOM-059-2001. Del género *Coryphantha*, solo de la especie *C. clavata* encontramos algunos especímenes que se desarrollan en el tipo de vegetación de chaparral. La especie *Ferocactus macrodiscus*, se encontró en tres sitios distintos de la microcuenca y dispersos entre sí, siendo una especie poco abundante y encontrándose un máximo de tres ejemplares en cada sitio donde fueron registrados. Del género *Mammillaria* cuatro especies presentaron una amplitud en su distribución muy restringida, en algunas de ellas solo se registraron algunos ejemplares. Las especies son *Mammillaria muehlenfordtii*, *M. densispina*, *M. magnimamma* y *M. rhodantha*.

5.4.2 Asignación de pesos a los criterios

En términos de conservación de los ecosistemas, la cubierta vegetal, su estructura y el grado de naturalidad de la vegetación repercuten en la riqueza biológica, en la protección de los suelos, la regulación hidrológica y en el

potencial económico y social para quienes pueblan alguna extensión territorial en particular, en este caso el área de estudio.

Darle pesos a los criterios implica un fuerte sustento por parte del ponderador y en general los resultados pueden ser tan variables como las formas de pensar y el grado de conocimientos de quienes ponderan y de los enfoques con los que se realicen estas actividades.

5.4.2.1 Entrevistas semiestructuradas

De las aproximadas 20 entrevistas con algunos pobladores de la microcuenca en general se coincidió que pertenecían mayormente al grupo de los productores. Las respuestas de las entrevistas fueron variadas e interesantes, pues en su mayoría presentan una actitud optimista hacia conservar sus recursos naturales (tabla 12).

A continuación se presenta de manera general la información obtenida de los temas abordados durante las entrevistas con habitantes de la microcuenca:

Uso de los recursos: 1) Consumen frutos de cactus como pitahayas, garambullos y tunas. 2) Algunas personas capturan aves canoras para sus casas. 3) Tienen cactáceas pequeñas y plantas de otros grupos como especies de ornato. 4) Ocasionalmente extraen tierra de monte para sus macetas. 5) Muy poca gente usa leña como combustible. 6) Utilizan los bosques y matorrales como áreas de pastoreo.

Percepción de los bosques y matorrales por parte de la gente: 1) Les gusta la presencia de la vegetación en su entorno, aunque les llama más la atención la cubierta de los bosques que de los matorrales. 2) Consideran que aun se encuentran conservados los bosques y matorrales.

Posibilidad de proteger y manejar sus recursos naturales: 1) Les parece interesante conservar sus recursos naturales, aunque algunas personas que se dedican a la agricultura les parece inquietante la idea de conservación, pues tienen la percepción que les afectaría de alguna manera, como por ejemplo, que les quiten sus tierras y ya no puedan seguir con sus actividades agrícolas, de las cuales depende el sustento familiar.

Creación de turismo alternativo: 1) La gente considera que la microcuenca presenta una gran belleza en sus paisajes, les llama mucho la atención las profundas cañadas y algunas formaciones rocosas que sobresalen en el paisaje. 2) Piensan que es una buena idea, pero esperan que se les tome en cuenta y que sus localidades tengan algún beneficio económico ante su participación.

Tabla 12. Respuestas categorizadas de los cuatro temas abordados durante las entrevistas con habitantes de la microcuenca. Fuente: Elaboración propia

Ocupación de los entrevistados: Productores y amas de casa	
Temas	Respuestas categorizadas
Uso de recursos naturales	Alimento: Frutos y plantas silvestres
	Aves de ornato y canoras
	Plantas de ornato
	Extracción de tierra de monte
	Extracción de leña
	Agua para sus cultivos de temporal
	Bosques y matorrales: Pastoreo
Percepción de sus bosques y matorrales	Les resultan mas atractivos los bosques que los matorrales
	Consideran que tienen grandes extensiones aun conservadas tanto de bosques como de matorrales.
Posibilidad de proteger y manejar sus recursos naturales	En general les parece interesante y adecuada la idea de conservación, pero esperan ser tomados en cuenta en la toma de decisiones.
	Algunos creen que pueden ser afectados en sus principales actividades productivas: agricultura y pastoreo.
Creación de turismo alternativo	Piensan que es la microcuenca es un área de gran belleza que atraería a muchos visitantes.

Piensen que es una alternativa buena, pero esperan ser beneficiados por estas actividades.
--

5.4.2.2 Información visual recabada durante los recorridos

Durante esta actividad se observaron distintos usos que hacen los habitantes de algunos recursos naturales de la microcuenca. Para mostrar los resultados se dividieron en cinco usos o actividades de aprovechamiento, estos son: 1) Extracción de leña; 2) Áreas de pastoreo; 3) Aprovechamiento de flora y fauna; 4) Tierras agrícolas; y 5) Aprovechamiento del recurso agua.

Extracción de leña: Se observó extracción aparente en dos áreas de la microcuenca, en el bosque de oyamel, donde el aprovechamiento parece ser mínimo, y en la zona de matorral crasicaule, donde algunas personas aprovechan las cactáceas columnares secas como combustible. Por supuesto en el pasado si se extraían mayores cantidades de leña llegando a dejar áreas completamente desprovistas de vegetación lo que ha traído consecuencias erosivas a los suelos. Las áreas mayormente afectadas fueron el bosque de encino, el chaparral y el bosque ripario.

Áreas de pastoreo: Se observaron tres áreas de diferente intensidad de pastoreo para la microcuenca Ejido Patria. Para fines prácticos se identificaron como: Alta, Media y Moderada (figura 19). La zona de alta actividad esta concentrada en las riberas de los arroyos, donde éstos presentan un fuerte impacto a la vegetación riparia, compactación del lecho de los arroyos y de las orillas y en algunos casos ésta fuerte actividad se extiende cientos de metros fuera de los arroyos. Ocupa un área aproximada de 722 has. La zona de actividad media está presente a mayores altitudes, pero de igual manera que la anterior, se concentra en los arroyos ocupando una extensión aproximada de 267 has. Finalmente, el resto de la microcuenca (8478 has) presenta una

actividad moderada, pues aunque es evidente el tránsito de ganado, no hay elementos obvios de fuerte deterioro al ambiente.

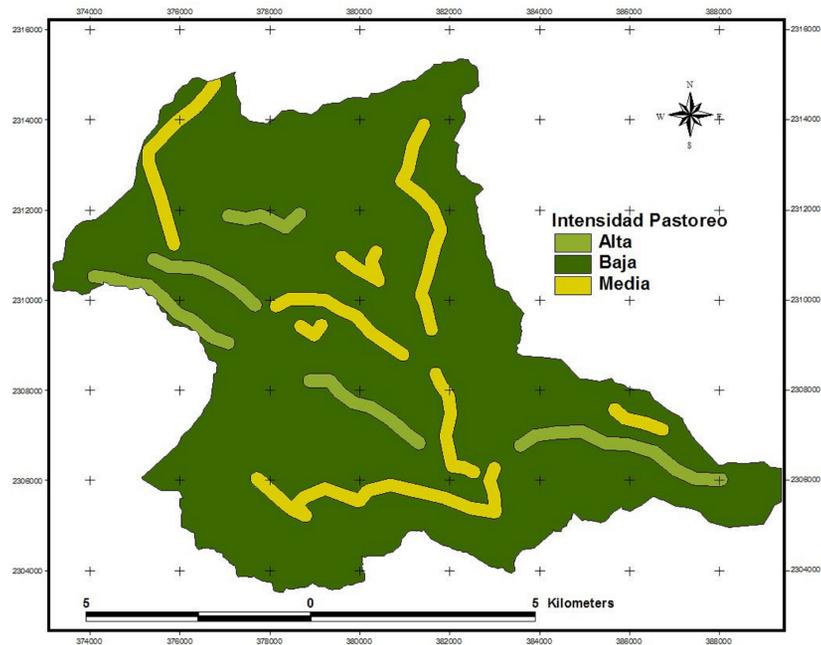


Figura 19. Áreas de pastoreo en la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia

Aprovechamiento de flora y fauna: Ocho especies de cactus se observaron con algún uso actual en la microcuenca. Como alimento están las especies *Ferocactus histrix*, *Mytillocactus geometrizans*, *Opuntia engelmannii*, *O. robusta* y *O. tomentosa*, donde principalmente se consumen sus frutos. Como plantas de ornato se observó que en algunas localidades aprecian algunas de las especies de talla pequeña de los géneros *Coryphantha* y *Mammillaria*. Y como cercas vivas usan la especie *Pachycereus marginatus*, que es un tipo de cactus columnar que se propaga fácilmente a través de simples cortes vegetativos. En cuanto a fauna silvestre se observó que en algunas casas de las localidades de la microcuenca tienen aves principalmente como especies de ornato y/o canoras, tales como *Mimus polyglottos*, *Toxostoma curvirostre*, *Passerina caerulea*, *Icterus galbula*, *I. parisorum* y *Pheucticus melanocephalus* por mencionar algunas especies.

Tierras agrícolas: Durante los recorridos se georreferenciaron todas las parcelas abandonadas y se ingresaron los puntos al mapa de uso de suelo y vegetación (ver sección de análisis del paisaje), de esta manera se pudieron diferenciar cartográficamente las tierras agrícolas de uso actual y las abandonadas. En la figura 20, las áreas de color amarillo son las que actualmente se encuentran activas y están dentro de un rango de pendiente de 0 – 10 %. Las áreas de color verde, en su mayoría se encuentran abandonadas y la pendiente esta por arriba del 10 %, llegando a superar en algunos casos, pendientes mayores al 30 %. En total, la superficie ocupada en la microcuenca para esta actividad se estima en unas 700 has., aunque, según nuestro análisis de foto-interpretación las áreas amarillas corresponden alrededor del 50 % de dicha cifra.

Muchas de las áreas de color verde ya se encuentran abandonadas posiblemente por más de 10 años atrás, pues el grado de revegetación natural (proceso de sucesión vegetal) se encuentra un tanto avanzado (ver anexo fotográfico). Los principales cultivos que se identificaron son de maíz, frijol y avena.

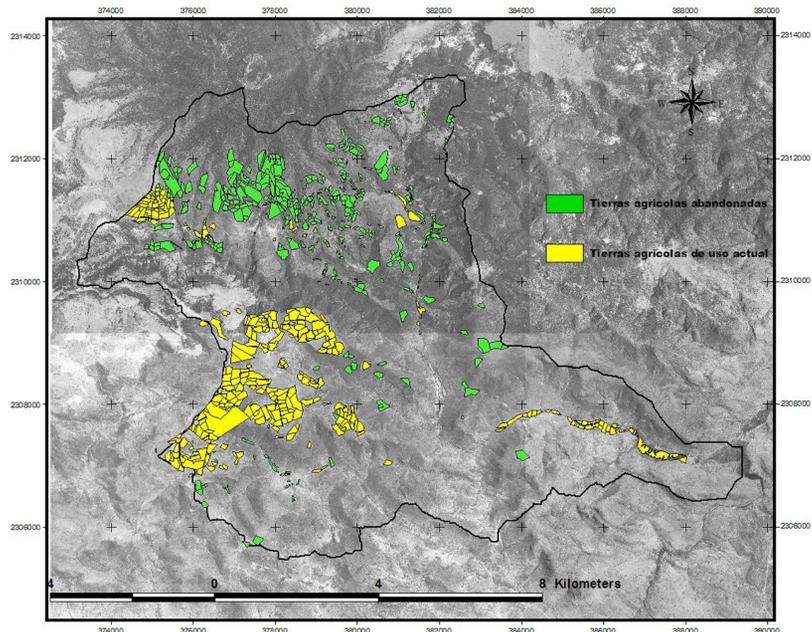


Figura 20. Tierras de cultivo de temporal en la MEP. Fuente: Elaboración propia

Aprovechamiento del recurso agua: Indudablemente los agricultores aprovechan el agua de las lluvias para sus cultivos (en la microcuenca solo hay agricultura de temporal) y para alimentar los bordos que usa el ganado para abastecerse de agua. Por otro lado, tres localidades que se ubican fuera de la microcuenca (Salitrera, El Poleo y El Carrizal), justo del lado de la salida de la presa (La Soledad) con alrededor de 1000 habitantes, se benefician con el agua de la misma para regar sus cultivos. También se observó en la localidad de Ejido Patria que algunas personas ocasionalmente lavan su ropa con agua de un manantial que emerge en ese sitio, de hecho los mismos habitantes construyeron una pileta para que las mujeres que bajan a lavar se abastezcan permanentemente de agua (ver anexo fotográfico). Otros dos manantiales se ubicaron en la microcuenca, donde se observó que algunos pobladores consumen esta agua como bebida.

Tomando como base la información anteriormente e información bibliográfica se muestran los resultados de la asignación de pesos a los seis criterios planteados para la propuesta de conservación usando una escala de cinco puntos (Anexo V):

Criterios	Ponderación
Cobertura	5
Estratos	5
Naturalidad	4
Riqueza de fauna	3
Riqueza cactológica	3
Especies NOM	3

5.4.3 Valores ponderados de las alternativas

El resultado de la ponderación (Anexo V) muestra a la alternativa SBC como la más óptima con un valor de 97 puntos seguida por las alternativas CH y

MS con valores de 95 y 94 respectivamente. En contraste las alternativas más desfavorables corresponden a BEU (55) y TD (29) (tabla 13).

Tabla 13. Valores obtenidos para cada alternativa mediante una ponderación lineal.

Alternativas												
BO	BE	BEP	BEU	BR	CH	CHP	SBC	MS	MSP	MR	MC	TD
88	88	65	55	78	95	74	97	94	85	73	85	29

5.4.4 Mapa de aptitud para la conservación

Para términos de la generación del mapa de aptitud para la conservación se dividieron los resultados numéricos de las alternativas en un rango de cinco tipos de valores cualitativos de conservación con fines visuales prácticos para toma de decisiones:

1. Muy bajo: 29 – 42
2. Bajo: 43 – 56
3. Medio: 57 – 70
4. Alto: 71 – 84
5. Muy alto: 85 – 97

En la figura 21 podemos ver que gran parte de la microcuenca presenta el mayor valor de aptitud (muy alto) cubriendo en primera instancia las áreas con vegetación conservada y la parte de matorral perturbado (con vegetación secundaria), con una extensión de 7152 has, equivalentes al 70% de la microcuenca. Las áreas con un valor de aptitud “Alto” integran el chaparral perturbado, el bosque ripario y el matorral rosetófilo con un área total de 1088 has. El valor medio de aptitud le corresponde al bosque de encino perturbado que cubre una extensión de 422 has. La alternativa “bosque de eucalipto” representa la categoría de aptitud “Bajo” con tan solo 16 has. Y finalmente la alternativa “Muy bajo” se refiere a las zonas que no tienen cubierta vegetal. Esta alternativa cubre un área de 42 has. Las áreas de color gris corresponden a las

zonas de cambio de uso de suelo, las cuales no se tomaron en cuenta en la ponderación. Cubren una extensión de 820 has formadas por un gran número de pequeños fragmentos distribuidos en toda la microcuenca.

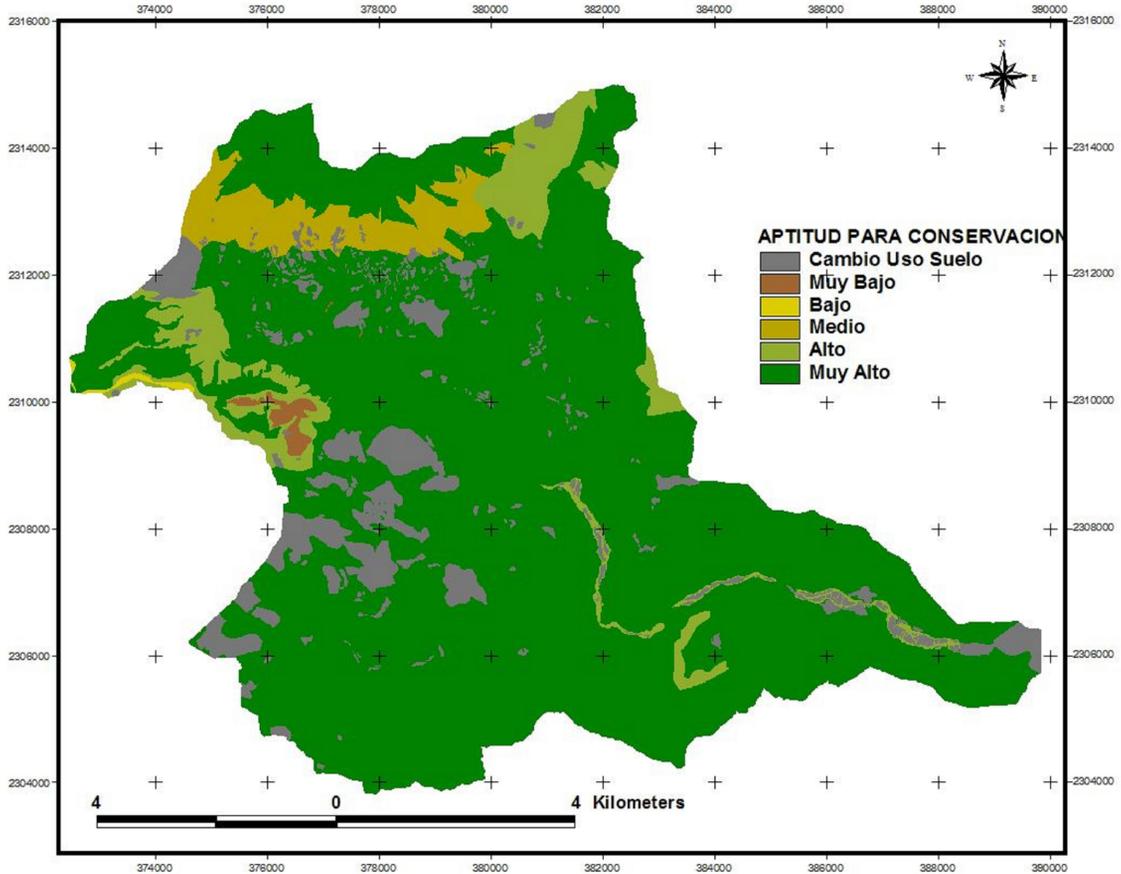


Figura 21. Mapa de aptitud para la conservación en la microcuenca Ejido Patria. Fuente: Elaboración propia.

6. DISCUSIÓN

6.1 Estado actual del paisaje

El tamaño, el número de parches y la cantidad de clases paisajísticas son algunos de los indicativos principales para comenzar a analizar el estado en que se encuentra un paisaje. Dada la extensión territorial de la microcuenca (9400 has.), el número total de parches que la conforman (393) indican que se trata de un paisaje altamente fragmentado, sin embargo 323 de ellos corresponden a las áreas de cambio de uso de suelo (asentamientos, tierras agrícolas, bordos y presa) que representan menos del 10% del área total de la microcuenca, lo cual muestra que el resto de los parches presentan grandes extensiones. Entonces, estas clases paisajísticas con fragmentos extensos nos llevan hacia una primera aproximación del buen estado del paisaje al considerar las amplias áreas de sus parches y la heterogeneidad de las clases que lo conforman.

Las características del arreglo espacial de los parches de la microcuenca nos muestran a través del índice de la distancia al vecino mas cercano (MNN) que las clases paisajísticas BEU, BR, MSP, SBC y TA presentan la mayor compactación entre parches de la misma clase con una distancia promedio de 100 m borde a borde. La forma de interpretar los valores de este índice radica en el conocimiento del origen de las clases del paisaje (natural o antropogénico) y del uso del suelo que exista por parte de los pobladores. Primeramente, el arreglo de la clase BEU es un tipo de cubierta vegetal inducida en áreas específicas y cercanas unas a las otras debido al aprovechamiento pasado de los encinares xerofíticos, de ahí que su relativa compactación y el valor obtenido haya sido determinado por acciones humanas. La clase BR probablemente sea de las más alteradas debido a actividades agrícolas lo que ha dejado una secuencia intermitente en la anchura y continuidad longitudinal de la vegetación riparia. A pesar de la evidente alteración es este tipo de vegetación los valores obtenidos para esta clase sugieren cierta factibilidad para la recuperación de la vegetación de ribera. Otras seis clases paisajísticas tuvieron valores de 0 por

conformar parches únicos (BE, BO, MC, MR, MS y P). Estos parches unidos dominan el paisaje en términos de área por lo que resulta en parte, un buen indicativo del grado de conservación y naturalidad del paisaje. Las dos clases con mayores valores les corresponden a B y CH. La primera no tiene gran relevancia pues se refiere a los bordos que están distribuidos de manera muy separada y están en relación con la ubicación de las áreas agrícolas. La explicación para la clase CH radica en la topografía, pues los dos únicos parches que conforman esta clase se encuentran separados por diferencias en el relieve del suelo, que se manifiesta en las dos cañadas mas profundas de la microcuenca, lo cual, crea un ambiente mas húmedo originando que se desarrolle vegetación con afinidad subtropical, en este caso la selva baja caducifolia.

Atendiendo a los valores de las clases TA y A (47), éstos presentan una alta abundancia de parches, así como una distribución dispersa de ellos en alrededor del 50% de la microcuenca. Estas clases se ubican en las partes de baja pendiente donde se han aprovechado para fines agrícolas y construcción de centros de población. La fisiografía ha jugado un papel preponderante en la distribución de las clases paisajísticas de origen antrópico, pues el 70% de la microcuenca presenta topoformas del tipo Serranías, lo cual ha limitado a los pobladores al aprovechamiento de las áreas de Mesetas para fines agrícolas y para fundar sus localidades.

Los valores mas bajos del índice de adyacencia los obtuvieron las clases B, BEU y TD (20 – 30) debido a una baja abundancia de parches y a su arreglo relativamente aglomerado. En cambio la clase MSP presenta el valor más alto (64), pues cuenta con 39 parches que se distribuyen en gran parte de la microcuenca, debido principalmente al tamaño de los mismos.

Estos dos índices son de gran utilidad para conocer la manera en que es usado el suelo y para tomar medidas de rehabilitación o bien, de manejo. Es

decir, es mas útil y viable en términos prácticos y ecológicos rehabilitar áreas con parches de una misma clase que presentan un arreglo apiñado con bajos valores de MNN y de IJI, pues indican una menor dispersión entre parches y una menor fragmentación de las clases.

Otro punto a considerar es la forma que tienen los parches. Este indicativo permite al analista inferir a través de la forma de los parches, la evolución que ha tenido un paisaje ante una dinámica antropogénica. Ante esta premisa, las clases B, A, P y TA son las que muestran los valores menores (2) en el paisaje indicándonos formas simples en sus parches debido al origen de los mismos (antropogénico). En contraste, las clases con mayor irregularidad de forma son BR, CH y MS. La clase BR con un valor de 6.3 hace énfasis en su complejidad de forma, dada por la deforestación para uso agrícola, en este caso el valor obtenido es un indicativo del grado de alteración de esa clase. Si se pretendiera rehabilitar las riberas el reto puede ser la disminución del valor de forma y éste estaría indicando una mejoría. Es importante recordar que la vegetación riparia juega un papel preponderante dentro de las cuencas, y la calidad de los cauces esta estrechamente relacionada con la calidad de la vegetación, interviniendo en una amplia gama de interacciones ecológicas y en la atenuación de los efectos devastadores que pueden provocar las fuertes avenidas de agua (FIRSWG, 1998).

Se dice que de manera natural los elementos que componen un paisaje tienden a presentar formas muy irregulares. Lo que podemos extraer de los resultados que se obtuvieron es que las clases que muestran mayor naturalidad se encuentran alrededor de 1.3 y de hecho los valores mas altos los reciben algunas de las áreas que han tenido influencia humana, tal es el caso de las tierras desnudas, el bosque ripario y el bosque de eucalipto con valores entre 1.35 y 1.55. En este caso el ser humano ha jugado un fuerte papel en la dinámica del paisaje moldeándolo en cierta medida y volviendo más complejo el mosaico. Tanto el índice de forma como el índice fractal muestran su mayor

utilidad cuando un mismo paisaje es analizado en distintos tiempos, pues permite conocer la dinámica y evolución paisajística. Sin embargo, la función que desempeñan en el presente trabajo es una primera aproximación del estado actual del paisaje, tomando como referencia los valores de los polígonos menos impactados. Por ejemplo, volviendo al índice fractal, si las clases paisajísticas de referencia son BO, MC y SBC que en general se encuentran alrededor de 1.30, podemos decir que las clases BEU, BR, MSP y TD presentan valores superiores por la forma impactante del uso del suelo en esas áreas creando parches con formas más complejas que las naturales.

En términos de diversidad el paisaje de la microcuenca presenta un valor de 2.16 según el SDI, que corresponde a una alta diversidad paisajística calificándolo como un paisaje altamente heterogéneo a considerar la extensión territorial del mismo. Esta alta diversidad esta dada por dos razones principales, la primera se relaciona con el origen volcánico del área de estudio, formando la elevación mas alta del estado de Querétaro (3300 msnm) y haciendo posible que se desarrolle vegetación de ambientes templados en la cuenca alta, como son los bosques de coníferas y vegetación semiárida, en la cuenca media y baja (muy probablemente por influencia de la subregión meridional del Desierto Chihuahuense). El gradiente es abrupto con una diferencia de 1500 metros entre la parte mas baja y la mas alta con una distancia aproximada de 20 Km entre ellas. La segunda razón es la intervención del hombre, pues ha creado un mayor número de clases paisajísticas aumentando en cierta medida su valor de diversidad.

Es importante reconocer que no siempre los paisajes heterogéneos presentan naturalidad y calidad ecosistémica, esto dependerá también de la escala del paisaje mismo en estudio, es decir, un paisaje pequeño tenderá a ser menos diverso y un paisaje de gran dimensión será por consecuencia más diverso. En el caso de la microcuenca, los resultados nos sugieren que se trata de un paisaje bastante heterogéneo y de alta naturalidad, a pesar de que el área

no es de gran extensión y que el valor obtenido en el cálculo se vio posiblemente aumentado por elementos artificiales.

Respecto al índice SEI el valor obtenido de 0.76 muestra una alta distribución de los fragmentos dada principalmente por la cantidad de los mismos. Esta medida por otra parte, nos indica que el paisaje se encuentra bastante fragmentado y que parches de una misma clase paisajística se distribuyen ampliamente por toda la microcuenca elevando su grado de heterogeneidad. Esta alta distribución se da principalmente por el gran tamaño de algunos parches.

Tanto el SEI como el SDI nos dan un indicativo en cierta medida de la diversidad y heterogeneidad del paisaje de la microcuenca aun cuando exista algún sesgo por las acciones humanas. Sin embargo dichos resultados presentan utilidad, al ofrecer una primera aproximación de la realidad de la heterogeneidad de los ecosistemas de la microcuenca, aunque su mayor importancia y utilidad se deja ver cuando un mismo paisaje es comparado en distintos tiempos, pues proveen información muy interesante sobre la dinámica y el uso de los ecosistemas.

Un evento que tiende a disminuir la riqueza biológica debido a la fragmentación se relaciona con el efecto de borde, que determina en parte la manera en como los fragmentos evolucionan después de la perturbación (Gascon y Lovejoy, 1998). El área con vegetación en buen estado cubre una extensión de 4790 has (50% de la microcuenca). Ante un hipotético efecto de borde de 300 m se generan 18 parches con un total de 1081 has de hábitat interior, representando el 22% del área en buen estado. Esto significa que alrededor de 3700 has., estarían expuestas a los elementos climáticos creando un cambio en la estructura y composición de la vegetación y por ende en la estructura y riqueza faunística (Harper y col., 2005). Algunos parches de hábitat interior son muy pequeños, que teóricamente indicarían problemas en la

distribución de especies con nichos ecológicos restringidos, sin embargo, entre los parches formados se aprecia cierta conectividad en forma de trampolines, que son de gran importancia principalmente para las aves.

En cambio si se considera un borde de 100 m, se generan 23 parches con un total de hábitat interior de 3161, triplicándose el valor respecto al borde de 300 m. Este caso hipotético podría estar más cercano a la realidad, ya que las áreas conservadas se encuentran en su mayoría adyacentes a áreas con vegetación secundaria, lo que implica en parte, cierta protección del borde ante eventos climáticos. Con 100 m de borde los parches de hábitat interior son más grandes, de tal manera que la conectividad se incrementa y esto a su vez contribuye a la calidad de los ecosistemas.

Los mapas generados en estos cálculos son de gran importancia si se quieren tomar medidas de recuperación de hábitat con el fin de aumentar el área de hábitat interior al considerar la forma de los parches, pues implica un mayor aumento de hábitat interior si se tiende a rehabilitar áreas dándoles una forma menos compleja a los parches, pues como principio básico, los parches con formas simples tienen una mayor área de hábitat interior que los de formas complejas. Esa idea sería más factible en términos ecológicos, sin embargo las áreas perturbadas también juegan un papel muy importante como trampolines o zonas de paso para muchas especies de fauna silvestre por lo que deben ser consideradas como áreas con cierto grado de importancia para la conservación, dándoles un uso adecuado.

Hacer una simulación para el aumento de hábitat interior es una herramienta muy útil y estratégica para la recuperación de hábitat. Partiendo del área total de vegetación conservada (4790 has.) se logró aumentar a 5883 has, resultando un área de hábitat interior conformada de un solo polígono que integra todos los tipos de ecosistemas naturales presentes en la microcuenca con corredores lo suficientemente amplios para promover la variabilidad genética

de las poblaciones de flora y fauna, además de cubrir áreas vulnerables a erosionarse debido a las fuertes pendientes del terreno.

En términos de belleza paisajística, el mapa resultante de la simulación ofrece la conservación de las áreas visualmente más importantes vistas desde cualquiera de las localidades que comprende la microcuenca promoviendo así, el respeto y la armonía entre la naturaleza y el ser humano. Además, dicha simulación se realizó respetando las tierras agrícolas y áreas de asentamientos humanos que existen en la actualidad, por lo que no repercute negativamente en las actividades productivas de los pobladores.

Esta acción de recuperación de hábitat también contribuye a la belleza escénica de la microcuenca, potenciando el valor para el desarrollo de proyectos de ecoturismo, de pago por servicios ambientales e hidrológicos, proyectos cinegéticos, proyectos de aprovechamiento de recursos biológicos, donde finalmente se reflejaría en un bienestar social y económico hacia las localidades de la microcuenca.

6.2 Evaluación multicriterio y propuesta de conservación

Partiendo del concepto “**conservación**”, que se refiere a la *administración del uso de los recursos naturales de modo que se puedan producir los mayores beneficios sostenibles para las generaciones actuales y futuras implicando preservación, mantenimiento, utilización sostenible, restauración y mejoramiento de los recursos naturales* (LGEEyPA, 2001, UICN, 2008) es importante plantear que la propuesta de conservación que se presenta en este estudio se encuentra bajo dicho contexto.

La microcuenca Ejido Patria, por su ubicación geográfica, presenta características topográficas y biológicas que le hacen tener un valor potencial para la generación de bienes económicos y sociales hacia sus habitantes. Cuenta con una alta riqueza biológica, una alta diversidad de ecosistemas y

áreas de vegetación con un alto grado de naturalidad y belleza escénica en sus paisajes. Este conjunto de características pueden traducirse en bienestar social bajo un enfoque de sustentabilidad.

En los análisis multicriterio bajo un enfoque de cuencas es muy importante tomar en cuenta a los habitantes que se encuentran dentro de las áreas objeto de estudio, con el fin de obtener múltiples enfoques de la percepción e intereses sobre los recursos naturales (Redpath y col., 2004). Sin embargo, en el presente trabajo no fue posible realizar esta actividad con los habitantes, por lo que fue vital obtener información de segunda mano de fuentes institucionales como el INEGI y la CONAPO, que reflejan en cierta medida la calidad socio-económica de las localidades. Por otra parte, acudir a métodos alternativos como son las entrevistas semiestructuradas y la observación del entorno social y económico de las comunidades aportan en cierta medida información que sirve para reducir el sesgo al momento de asignar pesos de importancia a los criterios, que forman la base para la toma de decisiones. Es imprescindible aclarar que el presente trabajo se ubica en la etapa Inicial o Previa, según la gestión de cuencas propuesto por Dourojeanni *et al*, (2002). Esta etapa se refiere al ordenamiento de cuencas basado en estudios, planes y/o proyectos.

El método de ponderación lineal que se aplicó para la determinación de áreas de aptitud en el presente trabajo tiene ventajas y desventajas. La principal bondad que ofrece este método estriba en que es una herramienta de aplicación fácil y sencilla para manejar múltiples alternativas y obtener resultados rápidamente. Por supuesto, el grado de detalle en su análisis aumenta en la proporción en que también aumenta el número de criterios que se manejen, con esto se reduce el sesgo o la sobrevaloración de algún criterio en particular. Por otro lado, es recomendable que las ponderaciones las realice un grupo multidisciplinario (es lo ideal, mas no una cuestión estricta), los propietarios de las tierras, o bien, sustentar la valoración de los criterios con literatura y con

información de primera mano. En el presente estudio se manejaron seis criterios para los cuales se generó la mayor información posible. El resultado fue un mapa de áreas de aptitud que engloba en general a todas las zonas con vegetación conservada, mismas que presentan las mayores cobertura, estratos y naturalidad entre todos los tipos de vegetación, por otra parte, presentan riquezas biológicas más altas respecto a los mismos tipos de vegetación, pero en estado alterado. La lógica nos dice, que en áreas impactadas la riqueza biológica decrece alterando la armonía ecológica.

El mapa de aptitud resultante del análisis multicriterio, nos lleva hacia una primera aproximación de la buena calidad de la microcuenca y de su potencial para fines de manejo y conservación. Solo algunas áreas presentan una baja aptitud de conservación, reflejo en parte, por el uso inadecuado de los recursos naturales en el pasado. La zona que presenta el valor mas bajo se refiere a las tierras que no presentan cubierta vegetal, esto ha implicando el arrastre total del suelo en estas áreas, evitando el crecimiento de plantas leñosas de manera natural y la posible infiltración del agua de las precipitaciones. Para este problema algunos ejidatarios ya han tomado medidas de retención de suelo mediante muros de piedra acomodada en curvas de nivel y revegetación con una especie de pino (*Pinus* sp.) bajo el programa de Pro-árbol 2007. En contraste, las áreas con los valores mas altos de aptitud coinciden casi en su totalidad con las áreas de mayor recarga potencial y en parte con las áreas de erosión ligera y moderada. La conservación de estas áreas representa una garantía como medida precautoria ante la degradación de la microcuenca, evitando que el tipo de erosión actual predominantemente ligero se incremente a un tipo de erosión más alto y que el agua de las precipitaciones que regula la actual cubierta vegetal se descarguen en menor tiempo y calidad.

Aunque en este estudio no forman parte de él, la comparación de criterios, metodologías y áreas propuestas para la conservación, planteadas, tanto por parte de este proyecto como por la SEDESU, es importante hacer un

breve análisis de dichos puntos para enfatizar algunas posibles ventajas que pueda tener el método aquí propuesto.

Las diferencias que se presentan entre las áreas propuestas para la conservación en el presente trabajo y las propuestas por SEDESU son variadas, tanto en términos de territorio como de enfoques. La SEDESU por ejemplo, propone un área aproximada de 700 has., que corresponde casi en su totalidad a los bosques de oyamel y encino y unas pequeñas porciones de chaparral y matorral subinerme. Todas estas áreas se encuentran inmersas en la microcuenca a excepción de una pequeña parte de bosque de oyamel y encino. Estas áreas que maneja la SEDESU, aunque son de las más importantes para conservar en términos de cuencas, (pues es en las partes altas donde se llevan a cabo importantes eventos como son: la formación de suelo, la captación del agua pluvial y la regulación hidrológica y climática local) no se están integrando otras áreas con una buena cubierta vegetal y que se ubican en zonas de altas pendientes que pueden representar un peligro inminente microcuenca abajo si son desmontadas o alteradas. Los daños pueden ser directamente hacia los habitantes de las localidades ubicadas en la parte baja de la microcuenca, así como aquellas que se encuentran más allá de la presa La Soledad, o bien, pueden presentarse dichos daños en la calidad y funcionamiento de la microcuenca misma, provocando alta erosión, pérdida de hábitat y desplazamiento o extinción local de poblaciones de fauna silvestre y decremento en la calidad paisajística y en el potencial de aprovechamiento de los recursos naturales.

Los criterios de selección de áreas para la conservación por parte de la SEDESU son: 1) especies de plantas de distribución restringida; 2) bosque de oyamel como ecosistema único en el Estado de Querétaro; 3) zona de recarga de mantos freáticos; 4) hábitat de fauna silvestre; 5) sitio para la investigación científica; 6) esparcimiento y contacto con la naturaleza; y 7) área adyacente a la ANP Pinal del Zamorano en Guanajuato.

La selección de criterios por parte de la SEDESU, se muestra como un planteamiento general de las características sobresalientes del área en cuestión, con base en los criterios que establece la LGEEyPA. Aunque son válidos e importantes los criterios que plantea la SEDESU, se pueden notar ciertas deficiencias en la selección de los mismos, por ejemplo, menciona la distribución restringida de plantas vasculares, pero no a que nivel de restricción; por otro lado, indica que la presencia de ecosistemas con presencia de *Abies religiosa* como único en el Estado de Querétaro, sin embargo, también se tiene registrada dicha especie para el municipio de Pinal de Amoles (Domínguez et al, 2004), aunque en el Pinal del Zamorano se encuentra como especie dominante. En el caso del criterio de “hábitat de fauna silvestre”, es un criterio obvio y poco relevante, el cual no es justificado con fuertes argumentos. En fin, los criterios y justificación que maneja la SEDESU, si bien son importantes, tienen carácter estrictamente biológico, que es un enfoque que puede funcionar para la conservación, aunque carece de la integralidad de los aspectos socioeconómicos e hidromorfológicos de la zona propuesta. Las posibles ventajas y/o diferencias que se pudieran observar de las metodologías empleadas para la propuesta de conservación en este estudio, ante lo propuesto por la SEDESU son:

- Empleo de una microcuenca como unidad de estudio.
- Todos los criterios empleados presentan un fuerte sustento de trabajo de campo.
- La microcuenca se propone como una unidad zonificada en cinco grados de aptitud para la conservación.
- Uso de elementos aplicados en la gestión integrada de cuencas, así como elementos de análisis de paisajes como sustento para los resultados obtenidos de las diferentes áreas de aptitud para la conservación a través de un análisis multicriterio.

- Las metodologías empleadas presentan un enfoque más integrador de las condiciones actuales en que se encuentra la microcuenca para proponer distintas áreas de aptitud para la conservación.

Un aspecto muy importante para conocer en parte el funcionamiento de la microcuenca, son las características hidromorfológicas de la misma. Las áreas resultantes como más óptimas para la conservación ofrecen grandes ventajas, en términos de la morfología e hidrológica de la microcuenca. Por ejemplo, el factor de forma de la microcuenca presenta un valor de 4.4 y la sinuosidad de su corriente principal es de 1.4, valores que indican una respuesta hidrológica de avenidas de agua súbitas, que pueden ser reguladas con la presencia de la vegetación actual, implicando la protección de las localidades de las partes bajas de la microcuenca ante eventos de inundaciones y aumentando el tiempo de vida de los reservorios de agua (bordos y presa) evitando la acumulación excesiva de sedimentos. El valor de sinuosidad de la corriente principal sugiere una alineación medianamente recta, indicando que el agua de su cauce puede viajar a gran velocidad. Este hecho es una razón muy importante para que en el futuro se tomen medidas de rehabilitación de las zonas de bosque ripario, ya que este tipo de vegetación presenta un importante rol en la calidad de los cauces, las interacciones ecológicas y en la atenuación o control de los efectos devastadores que puede provocar el agua ante eventos extraordinarios.

En términos de manejo, las áreas mas óptimas tienen potencial para la preservación de flora y fauna silvestres; para absorber la dinámica hidrológica dada por las pendientes muy pronunciadas de la microcuenca; también presenta un potencial para pago por servicios ambientales, en el ámbito de secuestro de carbono al contar con alrededor de 450 has., de bosques templados en buen estado de conservación. El pago por servicios hidrológicos igualmente puede ser una excelente opción, ya que alimenta, en parte, a la presa de La Soledad, donde sus aguas son aprovechadas para fines agrícolas. Otra alternativa es el aprovechamiento sostenible de cactáceas si consideramos que alrededor del

60% es vegetación de tipo matorral y que la microcuenca cuenta con 35 especies, donde prácticamente todas tienen algún uso potencial. El aprovechamiento de fauna para fines cinegéticos también resulta un atractivo para desarrollar, principalmente con venado cola blanca, que aunque no se registró durante las salidas a campo los habitantes aseguran la presencia actual de venado en la zona. Todo este potencial significa una gama de alternativas para aumentar la calidad de vida de los pobladores, mas aun, cuando los niveles de marginación se concentran en rangos altos.

Además de todo lo antes expuesto, también la simple presencia de áreas con vegetación resulta una necesidad humana para fines de esparcimiento, de contacto con la naturaleza y como elemento precautorio ante riesgos de inundaciones en la parte baja de la microcuenca. El acercamiento que se tuvo con los habitantes de la microcuenca nos aporta una idea general de la percepción que ellos tienen ante la posibilidad de conservar sus recursos naturales, pero sobretodo del interés de participar en el proceso de gestión.

6.3 Panorama para la microcuenca Ejido Patria ante la propuesta de conservación.

Así como el desarrollo sustentable nos dice, que las acciones que se realicen en un área determinada tendrán que ser “**Soportables**” entre lo ecológico y social; “**Viables**” entre lo ecológico y económico; y “**Equitativas**” entre lo social y económico; podemos decir que el manejo de cuencas también busca la sustentabilidad entre el trinomio ecológico-económico-social.

Según lo anterior, al observar los mapas de erosión hídrica actual, zonas de recarga potencial, simulación manual de recuperación de hábitat a nivel de paisaje y áreas de aptitud a partir de procedimientos multicriterio, podemos ver que existe una fuerte correlación entre las zonas de mayor recarga, las de erosión ligera, las de mayor aptitud para la conservación y las de recuperación

de hábitat. Esta característica esta dada principalmente por el buen estado de la vegetación producto de las formaciones orográficas abruptas del lugar, que hacen difícil el tránsito humano y el desarrollo de actividades agrícolas en la mayor parte de su territorio. Esta situación hace que en términos ecológicos sea un área de alto valor para su conservación y que el aprovechamiento de las tierras se profile con nuevas alternativas de desarrollo y gestión.

Por ejemplo, al observar el paisaje del lugar, conformado mayormente por formaciones montañosas y profundas cañadas se puede notar que esa belleza escénica puede ser aprovechable con fines turísticos. Pero no solo las formaciones orográficas intervienen en la buena calidad del paisaje, sino también el amplio abanico de sus ecosistemas. Por otra parte, la riqueza biológica de la microcuenca es sin duda un fuerte recurso con potencial de aprovechamiento. Se trata de recursos renovables que bajo un adecuado plan de manejo resultaría viable generar proyectos para beneficio de los pobladores, en donde se lleve a cabo la participación de los mismos. También hay otras alternativas de aprovechamiento de los recursos naturales, tales como los recursos hídricos, por un lado se tiene el agua de los manantiales, que bajo ciertos estudios podría ser aprovechada para consumo de los habitantes de la microcuenca como agua potable, de hecho hoy en día hay quienes incluso beben el agua de los manantiales de manera ordinaria; y por otro lado se tiene el agua que es capturada en la presa de La Soledad, misma que es aprovechada microcuenca abajo y fuera de ella para fines agrícolas. El pago por servicios ambientales en la modalidad de Secuestro de Carbono es otro potencial de desarrollo. Actualmente la Comisión Nacional Forestal ofrece \$300 pesos anuales por hectárea de bosque templado, y si se considera que la microcuenca cuenta con alrededor de 450 has., efectivas de bosques en buen estado resulta un excelente incentivo para los habitantes.

En fin, las posibilidades de aprovechamiento de los recursos naturales de la microcuenca son amplias y los beneficios de desarrollo para los habitantes sin

duda traerían como consecuencia una mejora en los niveles actualmente altos de marginación. Sin embargo, el presente trabajo solo representa la etapa inicial de un proceso de gestión y se muestra como una contribución para posibles proyectos futuros, que instituciones competentes o estudiantes realicen dentro de esta zona propuesta para la conservación.

A continuación se presenta una lista hipotética de posibles proyectos de desarrollo para la microcuenca basada en la información generada durante el presente trabajo (por supuesto, todos los proyectos requieren de un análisis detallado de viabilidad y rentabilidad para su desarrollo):

1. **Pago por servicios ambientales.** Se cuenta con alrededor de 450 has., de bosques en buen estado de conservación. Actualmente la CONAFOR ofrece \$300.00 pesos por has., de bosques templados, en donde la única función del propietario es cuidar que los bosques se mantengan en buenas condiciones. El monto anual por las 450 has., de bosque sería de \$135,000.00 pesos, cantidad que representa un excelente incentivo para los propietarios.
2. **Turismo alternativo:** Áreas de esparcimiento, de campamento, recorridos guiados, tirolesas a través de los cañones, etc. Esta alternativa distinta al turismo tradicional presenta grandes posibilidades de viabilidad, pues el área ofrece todo un abanico de sitios de interés y de gran belleza, desde bosques y matorrales bien conservados, profundos cañones, hasta paredes rocosas y vistas paisajísticas espectaculares. El inconveniente podría ser la inversión inicial del proyecto, que puede ser bastante elevada según el enfoque y servicios que se ofrezcan.
3. **UMA para caza de palomas ala blanca y huilota.** Durante los recorridos en campo se pudieron observar grandes números de estas

especies de palomas principalmente en zonas de matorral. Este tipo de proyectos es atractivo para quienes se dedican a la cacería de especies menores y rápidos movimientos, además de que la carne de paloma representa un valioso platillo para quienes la consumen. La viabilidad del proyecto estaría en función de un análisis detallado de las poblaciones de palomas con el fin de evitar bajas importantes a nivel local. Es importante considerar las áreas libres de humanos (asentamientos humanos) para evitar accidentes por municiones perdidas.

4. **UMA para caza de venado cola blanca.** Para llevar a cabo este tipo de proyectos es importante realizar un estudio poblacional de la especie en cuestión. Para iniciar es necesario elegir y delimitar el área de la UMA con malla para venado. Por otro lado, se requiere de una zona de reproducción, la cual, el número de reproductores estará en función de la demanda por parte de los cazadores. El costo por matar un venado se encuentra en el mercado en alrededor de \$10,000.00 pesos.
5. **Propagación de cactáceas con fines comerciales y de repoblación.** La microcuenca cuenta con una variada cantidad de especies ornamentales muy atractivas. El costo de inversión puede no sobrepasar los \$50,000.00 pesos para construcción de un invernadero de una dimensión alrededor de 70 m². De hecho hay un invernadero cercano al Fuenteño que podría usarse, si acaso estuviera libre. La semilla se recolectaría directamente del campo.
6. **Aprovechamiento sustentable de ranitas de roca (*Hyla arenicolor*) para su venta como mascotas. Etapa 1.- Extracción controlada Etapa 2.- Reproducción en cautiverio.** El primer paso es realizar un estudio poblacional de la especie para conocer la cantidad promedio

que puede ser extraída para iniciar tanto la venta como la reproducción. Durante los recorridos en campo se contabilizaron alrededor de 250 especímenes sobre las rocas de los arroyos. El precio en el mercado por unidad puede ser variable, pero el promedio es de \$25.00 pesos. Los requerimientos básicos son: un cuarto para acondicionar la reproducción, vitrinas, equipo para controlar la temperatura y humedad, y personal con conocimientos básicos en la biología y reproducción de ranas.

7. **Aprovechamiento sustentable de serpientes de jarretera (*Thamnophis cyrtopsis*) para venta como mascotas. Etapa 1.- Extracción controlada Etapa 2.- Reproducción en cautiverio.** Esta especie de serpiente presenta características ideales como mascota para aficionados a este tipo de animales, es de colores vistosos, muy adaptable, fácil de cuidar y alimentar y no es venenosa. Durante las salidas a campo se observaron al menos 15 ejemplares, representando un número elevado, ya que es difícil encontrarles en la naturaleza por sus hábitos. Esta especie aunque esta referida en la NOM-059-2001, se vende en acuarios o tienda de mascotas en alrededor de \$100.00 pesos. Los requerimientos básicos son: un cuarto adaptado para la reproducción, vitrinas y personal con conocimientos básicos en la biología y reproducción de serpientes.

8. **Revegetación de tierras alteradas mediante especies autóctonas (encinos).** El revegetar con especies autóctonas debería ser la primera medida para rehabilitar tierras alteradas, esto con el fin de alcanzar una homogenización con los ecosistemas adyacentes y aumentar el área de hábitat efectivo, además de no alterar visualmente los paisajes, que le quiten la calidad a los mismos. Se requiere de un invernadero de dimensiones mínimas de 70 m², la semilla puede ser extraída directamente del campo y es necesaria la

capacitación de quienes operen este proyecto. Es posible que con una inversión inicial de \$50,000.00 pesos se pueda arrancar el proyecto.

9. **Prácticas de retención de suelo mediante piedra acomodada.** Esta práctica para retener suelo ya se está llevando a cabo, sin embargo hay otros sitios que requieren atención inmediata. Lo único que se necesita es inversión humana y un técnico que coordine el proceso.

10. **Tallado de madera para la elaboración de piezas artesanales (*Arctostaphylos pungens*).** Aunque la materia prima se encuentra en la naturaleza, se requiere de la capacitación de los habitantes que estén interesados, ya que esta actividad artesanal no forma parte de la cultura de las localidades. Es importante mencionar que la madera del arbusto *Arctostaphylos pungens* es visualmente muy atractiva.

11. **Aplicación de técnicas de pastoreo amigables con el medio ambiente.** Una técnica que posiblemente sea la más recomendada para actividades de pastoreo es “El Pastoreo Rotacional en Agostaderos”. Los principales pasos a seguir son: 1) Delimitación del agostadero; 2) Determinación y zonificación del número de potreros; 3) Determinación de la capacidad de carga y coeficiente de agostadero.

7. CONCLUSIÓN

El método de ponderación lineal se muestra como una herramienta útil y de fácil aplicación que permite en primera instancia conocer la mejor alternativa de entre un conjunto.

Las ventajas que ofrece este método son: 1) Fácil aplicación; 2) Maneja múltiples alternativas para la decisión; 3) La valoración de cada criterio se realiza de manera independiente; 4) La aplicación puede ser realizada por una persona o un conjunto de persona.

Las desventajas que presenta este método son: 1) Entre menor sea el número de criterios manejados mayor será el sesgo hacia alguna alternativa en particular; 2) A menor conocimiento sobre los criterios empleados, habrá mayor incertidumbre en los resultados obtenidos.

Existen diferencias importantes entre la propuesta de conservación de la SEDESU y la obtenida en el presente trabajo, tanto en los métodos empleados, como en las áreas propuestas.

Las áreas propuestas para la conservación, se manejan como áreas para la gestión, sin intervenir de manera negativa sobre las actividades productivas actuales de sus pobladores, tanto en la agricultura como en el pastoreo.

El modelo aplicado para determinar áreas para la conservación puede mejorarse de tres formas fundamentales: 1) Usándose un mayor número de criterios para evitar la sobrevaloración de algún criterio en específico; 2) Agregando criterios de carácter social, económico y físicos de la microcuenca; 3) Que la valoración de los criterios se haga mediante un grupo multidisciplinario en conjunto con representantes de la microcuenca.

Los elementos del Paisaje, Balance hídrico y Modelo de erosión hídrica fueron importantes como elementos de comparación y refuerzo ante el método de Ponderación Lineal al presentar fuertes similitudes entre las áreas de mayor aptitud y las zonas de recarga, erosión ligera y áreas de hábitat efectivo.

La propuesta de conservación presenta ventajas en relación con las características morfológicas e hidrológicas de la microcuenca funcionando como un elemento de absorción de impactos ante eventos climáticos extraordinarios (como fuertes precipitaciones), como de origen antrópico.

El análisis de la estructura y configuración del paisaje, así como las herramientas del modelo de erosión y balance hídrico fueron importantes elementos que permitieron tener una primera aproximación de la buena calidad ambiental de los ecosistemas de la microcuenca.

La propuesta de áreas de conservación que se muestra en el presente estudio es solo una alternativa y no un elemento infalible para conservar una de las áreas más importantes en términos de diversidad ecosistémica del Estado de Querétaro.

Todos los métodos empleados en el presente estudio para determinar y fundamentar áreas de conservación ofrecieron buenos resultados y se recomiendan ampliamente para ser usados como herramientas dentro de los procesos de análisis y selección de áreas naturales protegidas.

8. RECOMENDACIONES

Una copia del presente documento se entregará a la Secretaria de Desarrollo Sustentable (SEDESU) esperando que como institución competente aprovechen la información generada para un posible y futuro decreto de las áreas propuestas para su conservación a través de consensos con los pobladores de la microcuenca.

Se recomienda que las evaluaciones multicriterio bajo el método de Ponderación Lineal se realicen con un mayor número de criterios que los utilizados en el presente trabajo con el fin de reducir sesgos en los resultados. Además, es importante involucrar, siempre que sea posible, a los habitantes que vivan en las zonas de interés o bien integrar un grupo multidisciplinario de expertos para tener un mayor abanico de opiniones, puntos de vista e intereses sobre temas de conservación.

Por otro lado, se sugiere que las áreas sin vegetación se revegeten con especies autóctonas y evitar a toda costa el uso de especies exóticas, que pueden crear plagas, conflictos ecológicos, decremento en la belleza de los paisajes, infertilidad de los suelos, competencia química entre plantas y baja efectividad de retención de suelo y/o intersección de agua de las precipitaciones.

Contemplando que el presente trabajo se limita a proponer áreas de aptitud para la conservación y no ha proponer un plan de manejo, solo se mencionan a continuación algunas recomendaciones generales de gestión para las distintas áreas de conservación propuestas:

1. **Muy bajo:** Debido a que se trata de zonas altamente impactadas y desprovistas casi al 100 % de vegetación, no puede haber ningún tipo de aprovechamiento, por el contrario se deben de llevar a cabo técnicas de rehabilitación ecológicas, tales como: Prácticas de retención de suelo (por

ejemplo, muros de piedra acomodada) y revegetación con especies autóctonas.

2. **Bajo:** Estas áreas comprenden los polígonos de vegetación inducida de bosque de eucalipto y en menor medida algunos elementos de origen autóctono. Pueden llevarse a cabo actividades de aprovechamiento sustentable tales como: 1) extracción maderable de árboles de eucalipto con la consecuente revegetación de especies autóctonas (encinares xerofíticos) para sustituir a las especies exóticas y de esa manera rehabilitar dichas zonas; 2) pastoreo de ganado bovino, caprino y caballar justificado con estudios técnicos (capacidad de carga y coeficiente de agostadero), además, de que se deberán cercar las áreas, pero de manera tal, que haya libre tránsito de la fauna silvestre; 3) aprovechamiento de ramas secas para leña; 4) aprovechamiento de hongos comestibles, bajo la recolección y golpeteo del cuerpo fructífero para esparcir las esporas en el suelo.

3. **Medio:** Debido a que estas tierras se encuentran en zonas de altas pendientes es imprescindible tomar medidas de revegetación arbórea con especies autóctonas (encinos) con el fin de aumentar la masa forestal y a su vez la calidad de los ecosistemas y la vista del paisaje. El aprovechamiento de estas áreas puede iniciarse a largo plazo cuando el bosque alcance su estabilidad.

4. **Alto:** Estas áreas se encuentran un tanto alteradas por lo que requieren acciones de rehabilitación, aunque de manera simultánea se pueden llevar a cabo distintas actividades de aprovechamiento sustentable. Las principales acciones de rehabilitación son: 1) corrección de cauces y riberas en la parte baja y media de la corriente principal; 2) revegetación de riberas y áreas de chaparral con especies autóctonas. Algunas de las actividades de aprovechamiento permitidas son las siguientes: 1)

aprovechamiento de ramas secas como leña; 2) pastoreo bovino, caprino y caballar justificado con los estudios técnicos necesario; 3) actividades de educación ambiental; 4) en áreas de chaparral pueden llevarse a cabo actividades ecoturísticas, aunque todas las acciones deberán ser justificadas con los respectivos estudios de viabilidad; 5) estudios científicos. Las zonas de vegetación riparia deben ser protegidas totalmente durante las acciones de rehabilitación de cauces y riberas, evitando llevarse a cabo actividades de pastoreo, explotación de flora y fauna y/o aprovechamiento maderable.

5. **Muy alto:** Estas zonas representan las de mayor calidad para la conservación en la microcuenca por lo que todas las actividades que se lleven a cabo deberán ser justificadas y sustentadas con los respectivos estudios técnicos atendiendo a la legislación actual correspondiente. No se deben permitir actividades que alteren la calidad de los ecosistemas, que resten valor a las vistas paisajísticas o que deterioren de alguna manera el funcionamiento natural de la microcuenca. Algunas de las actividades que pueden llevarse a cabo son: 1) recolectar hongos comestibles para consumo de los habitantes, bajo la técnica de corte y golpeteo del cuerpo fructífero para dispersar las esporas al suelo; 2) recolectar semilla de encino con fines de reproducción de plántulas para revegetación; 3) aprovechamiento de flora y fauna para consumo, venta o reproducción sustentado con los respectivos estudios ecológicos poblacionales; 4) ecoturismo con su respectivo estudio de impacto ambiental y de viabilidad; 5) uso de ramas secas como combustible; 6) pastoreo de ganado bovino, caprino y caballar con sus respectivos estudios de capacidad de carga y coeficiente de agostadero (respetando las riberas y cauces de los arroyos); 7) servicios ambientales; 8) investigación científica.

9. LITERATURA CONSULTADA

- Anderson, D. R., Sweeney, T. A. y Williams, T. A. 1999. Métodos cuantitativos para los negocios. Thomas. Pp. 834
- Anderson, E. F. 2001. The Cactus Family. Timber Press. USA. Pp. 770
- Banco Mundial. 1998. Estrategia para el manejo integrado de los recursos hídricos. Washington, D. C.
- Batis A. I. y Rojas A. M. 2002. El peyote y otros cactus alucinógenos de México. *Biodiversitas*. Año 6, No. 40
- Bennet, A. F. 2004. Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN. Pp. 276
- Bojorges B. J. C. 2004. Riqueza de aves de la región noreste de la Sierra Nevada, Estado de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 20(3): 15-29.
- Bravo, H. y Sánchez, M. H. 1978. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. I.
- Bravo, H. y Sánchez, M. H. 1991. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. II y III.
- Brooks, C. N. y Merenlender, A. M. 2001. Determining the pattern of oak woodland regeneration for a cleared watershed in northwest California: A necessary first step for restoration. *Society for Ecological Restoration. Restoration Ecology* Vol. 9 No. 1, pp. 1-12
- Buzai, G. D. 2001. Paradigma geotecnológico, geografía global y ciber geografía, la gran explosión de un universo digital en expansión. *GeoFocus*. No. 1 Pp. 24-48.

- Casas A. 2002. Uso y manejo de cactáceas columnares Mesoamericanas. *Biodiversitas*. Año 6, No. 40
- Ceballos, G. y Oliva, G. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. CONABIO. México. Pp. 986.
- CONABIO. 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. México. pp. 609.
- Consejo Nacional de Población. 2005. Índice de Marginación. <http://www.conapo.gob.mx>
- Consejo Nacional de Población. 2007. Índice de Marginación a Nivel Localidad del 2005.
- Cotler, H. y Priego, A. 2004. El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: El caso de la cuenca Lerma-Chapala. En: El manejo integral de cuencas en México. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Pp. 63-74.
- Domínguez, A. F. A., Vargas, H. J., López, U. J., Ramírez, V. P. y Guízar, N. E. 2004. Aspectos ecológicos de *Pseudotsuga menziesii* en el ejido La Barranca, Pinal de Amoles, Querétaro. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica 75(2): 191-203.
- Domínguez, L. M. 2007. Diagnostico herpetofaunístico de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda del estado de Querétaro. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A. y Chávez, G. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. CEPAL – SERIE Recursos Naturales e Infraestructura.

- Echeverry, D. M. y Rodríguez, P. John. 2006. Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en área de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *Scientia et Technica* Año XII, No. 30.
- FISRWG. 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG) (15 Federal agencies of the US gov't). GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2:EN3/PT.653. ISBN-0-934213-59-3.
- Flores, V. O., Mendoza, Q. F. y González, P. G. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. *Publ. esp. Mus. Zool.* 10: 1-285
- Garza, H. A., Neri, F. M. y Aragón, P. E. 2004. Guía de Aves de la Reserva de la Biosfera La Michilía. CONABIO. México. Pp. 184
- Gascon, C., Lovejoy, T. E. 1998. Ecological impacts of forest fragmentation in Central Amazonia. *Zoology*, 101: 273-280.
- Geneletti, D. 2007. An approach based on spatial multicriteria analysis to map the nature conservation value of agricultural land. *Journal of Environmental Management* 83: 228 – 235
- Gestión Integrada de Crecientes (GIC), documento conceptual. 2004. Programa Asociado de Gestión de Crecientes. APFM Documento Técnico N° 1, segunda edición.
- Gómez, S. M. y Sánchez, C. L. 1999. Flora Vascular del Cerro El Zamorano. CONABIO. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gómez, Z. J. 2000. El paisaje integrado de las Montañas Andaluzas: Análisis de la metodología experimentada. Cuadernos Geográficos. Universidad de Granada, Granada, España. No. 30 Pp. 445-467.

- González, T. M. y García, J. D. 2006. Attributes for assesseing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica*, 25 (1-2): 389-402
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2006. Ecocentrismo vs. Egocentrismo: IV). *Ecología económica. Derecho Ambiental y Ecología. Derecho Ambiental y Ecología; Centro de Estudios en Jurisprudencia Ambiental (CEJA)*, 3(15): 53-60.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2007b. Configuración ecológica del medio ambiental como bien jurídico. *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, 2(12): 263-285.
- Harper, K. A., MacDonald, E., Burton, P. J., Cheen, J., Brosfoske, K. D., Saunders, S. C., Euskirchen, E. S., Roberts, D., Jartech, M. S. y Esseen, P. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*. Vol. 19 No. 3: 768 – 782.
- Heathcote. I. W. 1998. *Integrated Watershed Management: Principles and Practice*. John Wiley & Sons, Inc. Canada. Pp. 407
- Hernández, H. M., Gómez-Hinostrosa, C. and Goettsch B. 2004. Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. President and Fellows of Harvard College. *Harvard Papers in Botany*. Vol. 9, No. 1, pp. 51-68.
- Hernández, S. L. 2007. Manual para la toma de datos de campo de vegetación y diversidad florística como indicadores de servicios ambientales. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI. 1986. Síntesis Geográfica. Nomenclatura y anexo cartográfico del estado de Querétaro, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI. II conteo de población y vivienda 2005.

- International Union for Conservation of Nature (UICN). 2008. www.uicn.org
- Keeny, R. L. y Raiffa, H. 1976. Decisions with multiple objectives: Preferences and values tradeoffs. New York: Wiley
- Landeros, F., Castillo, J., Guzmán, G. y Cifuentes, J. 2006. Los hongos (macromicetos) conocidos en el Cerro el Zamorano (Querétaro-Guanajuato), México. *Revista Mexicana de Micología* 22: 25-31
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 2001. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.
- Mac Arthur, R. R. y Wilson, E. O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Maldonado, M. 2004. Los anfibios como bioindicadores para el monitoreo ambiental del Parque Nacional Amboró. Tesis de Licenciatura. Bolivia.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona, España: Pp. 1010
- Martínez, M. y García, M. A. 2001. Flora y vegetación acuáticas de localidades selectas del Estado de Querétaro. *Acta Botánica Mexicana*. 54: 1-23
- Mateo, R. J. M. 2007. La geoecología del paisaje como fundamento para el análisis ambiental. *Revista Eletronica Do Prodema, Fortaleza*, V.1, N.1, Pp. 77 - 98.
- Munné, A., Solá, C. y Prat, N. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37
- Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada, N. y Rieradevall, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in river and

stream: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 147-163.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001

Ocaña, O. C. y Galancho, J. F. B. 2002. Un modelo de aplicación de SIG y evaluación multicriterio al análisis de las capacidades del territorio en relación a funciones turísticas. *IV Congreso "Turismo y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones" TuriTec*.

Padilla, G. U. 2005. Diagnóstico y conservación de la herpetofauna en la microcuenca de Camécuaro. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro.

Padilla, G. U. y Pineda, R. 1997. Vertebrados del Estado de Querétaro. FOMES. Universidad Autónoma de Querétaro.

Pearce, D. W. 2001. The Economic Value of Forest Ecosystems. *Ecosystem Health*. Vol. 7, No. 4. pp. 284 – 296.

Penington, T. D. y Sarukhán, J. 2005. Árboles Tropicales de México. Tercera Edición. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 523.

Redpath, S. M., Arroyo, B. E., Leckie, F. M., Bacon, P., Bayfield, N., Gutierrez, R. J. y Thirgood, S. J. 2004. Using decision modeling with stakeholders to reduce human-wildlife conflict: A raptor-grouse case study. *Conservation Biology*. Vol. 18 No. 2: 350-359.

Rempel R., Elkie P. y Carr A. P. 1999. Patch Analyst User's Manual. A tool for quantifying landscape structure. CNFER, Ontario.

Rosenberg, D. M. y Resh, V. H. 1993. Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. En *Freshwater Biomonitoring and*

- Benthic Macroinvertebrates. Editado por Rosenberg y Resh. Chapman & Hall. USA.
- Sánchez, K., Jiménez, F., Velásquez, S., Piedra, M. y Romero, E. 2004. Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritaria de manejo del recurso hídrico en la cuenca del río Sarapiquí, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*. Pp. 88 – 95
- Saaty, T. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. Ed. McGrawHill
- Sánchez, A. J. 2007. Lacertílicos del Estado de Querétaro. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Scheinvar, L. 2004. Flora Cactológica del Estado de Querétaro: Diversidad y Riqueza. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 390.
- Secretaria de Desarrollo Sustentable. 2006. Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Querétaro (SANPEQ). Pp. 39.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2008. Normales climatológicas 1971 - 2000 www.smn.cna.gob.mx
- Sochava, V. B. 1978. Introducción a la teoría de los geosistemas. Novosibirsk: Editorial Nauka.
- Tinoco, N. C. M. 2005. Serpientes del Estado de Querétaro. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Tschinkel, H. 2001. ¿Qué Realmente Funciona en Manejo de Cuencas Hidrográficas?: Algunas Lecciones para Guatemala. Reporte Preparado para USAID/G-CAP. Chemonics Internacional Inc. Pp. 20.
- Urbina, C. J. N. y Londoño, M. M. C. 2003. Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas de diferente grado de perturbación

en la Isla Gorgona, Pacifico colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 27 (102): 105 – 113.

Willson, J. D. and Dorgas, M. E. 2003. Effects of Habitat Disturbance on Stream Salamanders: Implications for Buffer Zones and Watershed Management. Conservation Biology, Volume 17, No. 3, pp. 763 – 771.

Anexo II. Guía de entrevistas semiestructurada para la toma de datos con los habitantes.

Fecha:	Ocupación:
Temas	Respuestas
Uso de recursos naturales	
Percepción de sus bosques y matorrales	
Posibilidad de proteger y manejar sus recursos naturales	
Creación de turismo alternativo	

Anexo III. Listado de las especies de cactáceas, uso potencial y categoría de riesgo (NOM-059-2001) en la microcuenca Ejido Patria. Pr: Protección especial, O: Ornamental, A: Alimento y CV: Cercas vivas. ¹: Gómez y Sánchez, 1999. ²: Registros en el presente estudio.

Genero	Especie	NOM-059-2001	Uso potencial
<i>Coryphantha</i>	<i>clavata</i> ²		O
	<i>cornifera</i> ²		O
	<i>erecta</i> ²		O
	<i>radians</i> ²		O
	<i>unicornis</i> ¹		O
<i>Echinocereus</i>	<i>pentalophus</i> ²		O
	<i>stramineus</i> ²		O - A
<i>Ferocactus</i>	<i>histrix</i> ¹⁻²	Pr	O - A
	<i>latispinus</i> ²		O
	<i>macrodiscus septentrionalis</i> ²		O
<i>Isolatocereus</i>	<i>dumortieri</i> ²		A - CV
<i>Mammillaria</i>	<i>compressa</i> ²		O
	<i>crinita wildii</i> ²		O
	<i>densispina</i> ²		O
	<i>magnimamma</i>		O
	<i>microhelia</i> ¹⁻²	Pr	O
	<i>muehlenpfordtii</i> ¹⁻²		O
	<i>polythele durispina</i> ²		O
	<i>rhodantha aureiceps</i> ¹⁻²		O
	<i>uncinata</i> ¹²		O
<i>Myrtillocactus</i>	<i>geometrizzans</i> ¹⁻²		A
<i>Pachycereus</i>	<i>marginatus</i> ²		A - CV
<i>Peniocereus</i>	<i>serpentinus</i> ²		O
<i>Stenocactus</i>	<i>crispatus</i> ²		O
	<i>ochoterenaus</i> ²		O
<i>Stenocereus</i>	<i>griseus</i>		A - CV
<i>Cylindropuntia</i>	<i>imbricata</i> ²		O
	<i>kleiniae</i> ²		O
<i>Opuntia</i>	<i>cantabrigiensis</i> ¹		A
	<i>engelmanii cuija</i> ²		A
	<i>leucotricha</i> ²		

	<i>pumila</i> ²		O
	<i>robusta</i> ²		A
	<i>streptacantha</i> ¹⁻²		A
	<i>tomentosa</i> ¹⁻²		A

Anexo IV. Listado de las especies de vertebrados, uso potencial y categoría de riesgo (NOM-059-2001) de la microcuenca Ejido Patria durante el presente estudio. Pr: Protección especial, A: Amenazada, M: Mascota, AL: Alimento, C: Cinegético, O: Ornato y CA: Canora. Fuente: Elaboración propia

Vertebrados registrados en el presente estudio en la MEP					
Peces					
Familia	Genero	Especie	Nombre común	NOM-059-2001	Uso potencial
Poeciliidae	<i>Heterandria</i>	<i>bimaculata</i>			M
Cichlidae	<i>Cichlasoma</i>	<i>labridens</i>	Mojarra		AL
Anfibios					
Familia	Genero	Especie	Nombre común	NOM-059-2001	Uso potencial
Bufonidae	<i>Anaxyrus</i>	<i>punctatus</i>	Sapo rojo		
	<i>Ollotis</i>	<i>occidentalis</i>	Sapo		
Hylidae	<i>Hyla</i>	<i>arenicolor</i>	Sapito de roca		M
		<i>eximia</i>	Ranita verde		M
Scaphiopodidae	<i>Spea</i>	<i>multiplicatus</i>	Sapo de espuelas		
Ranidea	<i>Lithobates</i>	<i>neovolcanicus</i>	Rana	A	M
Reptiles					
Familia	Genero	Especie	Nombre común	NOM-059-2001	Uso potencial
Anguidae	<i>Barisia</i>	<i>ciliaris</i>	Escorpión	Pr	
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus</i>	<i>grammicus</i>		Pr	
		<i>jarrovi</i>	Chintete		
		<i>parvus scutulatus</i>			
		<i>spinosus</i>	Lagartija espinosa		
		<i>torquatus</i>			
Scincidae	<i>Eumeces</i>	<i>lynxe</i>		Pr	
Teiidae	<i>Aspidoscelis</i>	<i>gularis</i>	Cola de látigo		

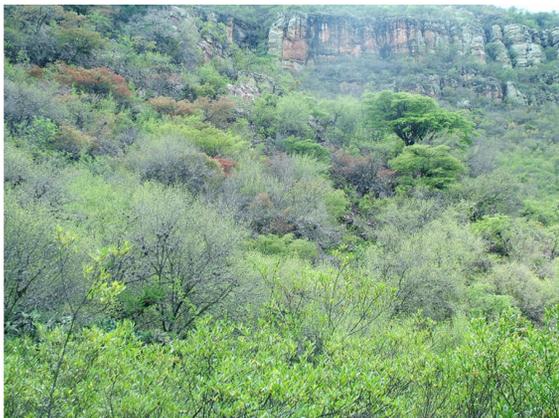
Colubridae	<i>Conopsis</i>	<i>lineatus</i>	Hocico de puerco		
	<i>Hypsiglena</i>	<i>torquata</i>		Pr	
	<i>Leptodeira</i>	<i>septentrionalis</i>			
	<i>Tropidodipsas</i>	<i>sartorii</i>	Falsa coral	Pr	
	<i>Thamnophis</i>	<i>cyrtopsis</i>	Serpiente jarretera	A	M
	<i>Trimorphodon</i>	<i>tau</i>	Falsa nauyaca		
Viperidae	<i>Crotalus</i>	<i>molossus</i>	Cascabel cola negra	Pr	
Kinosternidae	<i>Kinosternon</i>	<i>integrum</i>	Casquito	Pr	M
Aves					
Familia	Genero	Especie	Nombre común	NOM-059-2001	Uso potencial
Odontophoridae	<i>Callipepla</i>	<i>squamata</i>	Codorniz escamosa		AL - C
Ardeidae	<i>Ardea</i>	<i>alba</i>	Garza		
	<i>Egretta</i>	<i>thula</i>	Garza blanca		
Cathartidae	<i>Cathartes</i>	<i>aura</i>	Aura		
Accipitridae	<i>Buteo</i>	<i>jamaicensis</i>	Águila cola roja		
Caprimulgidae	<i>Chordeiles</i>	<i>acutipennis</i>	Chotacabra		
Apodidae	<i>Aeronautes</i>	<i>saxatalis</i>	Vencejo		
Columbidae	<i>Columba</i>	<i>livia</i>	Paloma		
	<i>Columbina</i>	<i>inca</i>	Tortolita		AL
		<i>passerina</i>			
	<i>Zenaida</i>	<i>asiatica</i>	Paloma alas blancas		AL - C
<i>macroura</i>		Paloma huilota		AL - C	
Trochilidae	<i>Amazilia</i>	<i>violiceps</i>	Colibrí		
Cuculidae	<i>Geococcyx</i>	<i>californianus</i>	Correcaminos		
Corvidae	<i>Aphelocoma</i>	<i>ultramarina</i>	Azulejo		O - CA
	<i>Corvus</i>	<i>corax</i>	Cuervo		
Falconidae	<i>Falco</i>	<i>sparverius</i>	Halcón		
Picidae	<i>Colaptes</i>	<i>auratus</i>			
	<i>Melanerpes</i>	<i>aurifrons</i>	Carpintero cheje		
		<i>formicivorus</i>	Carpintero bellotero		
	<i>Picoides</i>	<i>scalaris</i>	Carpintero mexicano		
<i>Sphyrapicus</i>	<i>thyroideus</i>				
Tyrannidae	<i>Myiarchus</i>	<i>cinerascens</i>	Papamoscas cenizo		
	<i>Pitangus</i>	<i>sulphuratus</i>			O
	<i>Pyrocephalus</i>	<i>rubinus</i>	Cardenalito		O
	<i>Sayornis</i>	<i>nigricans</i>	Papamoscas negro		O
	<i>Tyrannus</i>	<i>verticalis</i>	Tirano pálido		O
Turdidae	<i>Sialia</i>	<i>sialis</i>			O
Troglodytidae	<i>Catherpes</i>	<i>mexicanus</i>	Chivirín barranqueño		
	<i>Campylorhynchus</i>	<i>brunneicapillus</i>	Matraca desértica		O - CA
	<i>Thryomanes</i>	<i>bewickii</i>			
Laniidae	<i>Lanius</i>	<i>lodovicianus</i>	Verduguillo		
Mimidae	<i>Mimus</i>	<i>polyglottos</i>	Cenzontle		O - CA
	<i>Melanotis</i>	<i>caerulescens</i>	Azulejo	Pr	O - CA

	<i>Toxostoma</i>	<i>curvirostre</i>	Cuitlacoche		O - CA
Ptiligonatidae	<i>Phainopepla</i>	<i>nitens</i>	Capulinero negro		O - CA
	<i>Ptilogonys</i>	<i>cinereus</i>			
Cardinalidae	<i>Passerina</i>	<i>caerulea</i>			O - CA
		<i>cyanea</i>	Colorín azul		O
	<i>Pheucticus</i>	<i>melanocephalus</i>	Tigrillo		O - CA
Icteridae	<i>Icterus</i>	<i>galbula</i>	Calandria		O - CA
		<i>parisorum</i>	Calandria		O - CA
	<i>Molothrus</i>	<i>aeneus</i>	Tordo ojo rojo		
	<i>Quiscalus</i>	<i>mexicanus</i>	Urraca		
	<i>Sturnella</i>	<i>neglecta</i>	Chirula		O - CA
Thraupidae	<i>Piranga</i>	<i>flava</i>	Tángara encinera		O - CA
Emberizidae	<i>Junco</i>	<i>phaeontus</i>			O
	<i>Pipilo</i>	<i>fuscus</i>	Madrugador		
		<i>maculatus</i>	Toquí pinto		O - CA
	<i>Spizella</i>	<i>passerina</i>	Gorrión ceja blanca		
		<i>atrogularis</i>	Gorrión barba negra		
Fringillidae	<i>Carpodacus</i>	<i>mexicanus</i>	Gorrión		O - CA
Hirundinidae	<i>Hirundo</i>	<i>rustica</i>	Golondrina		
Carduelinae	<i>Carduelis</i>	<i>psaltria</i>	Dominico		O - CA
Passeridae	<i>Passer</i>	<i>domesticus</i>	Chilero		
Mamíferos					
Familia	Genero	Especie	Nombre común	NOM-059-2001	Uso potencial
Didelphidae	<i>Didelphis</i>	<i>virginiana</i>	Tlacuache		
Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>aff. oculatus</i>			
	<i>Spermophilus</i>	<i>variegatus</i>	Ardillón		AL
Canidae	<i>Canis</i>	<i>latrans</i>	Coyote		
	<i>Urocyon</i>	<i>cinereoargenteus</i>	Zorra		
Procyonidae	<i>Bassariscus</i>	<i>astutus</i>	Cacomixtle		
	<i>Procyon</i>	<i>lotor</i>	Mapache		
	<i>Nasua</i>	<i>narica</i>	Coatí		
Leporidae	<i>Lepus</i>	<i>californicus</i>	Liebre cola negra		AL
	<i>Sylvilagus</i>	<i>floridianus</i>	Conejo castellano		AL

Anexo V. Resultados obtenidos de la ponderación lineal para las 13 alternativas. BO= Bosque de oyamel, BE= Bosque de encino, BEP= Bosque de encino perturbado, CH= Chaparral, CHP= Chaparral perturbado, SBC= Selva baja caducifolia, MS= Matorral subinerme, MSP= Matorral subinerme perturbado, MC= Matorral crasicaule, MR= Matorral rosetófilo, BEU= Bosque de eucalipto inducido, BR= Bosque ripario, TD= Tierras desnudas.

Asignación de valores a cada alternativa														
Criterios	Ponderación	Tipos de comunidades vegetales												
		BO	BE	BEP	BEU	BR	CH	CHP	SBC	MS	MSP	MR	MC	TD
Cobertura	5	5	5	3	3	3	5	3	5	3	4	3	3	1
Estratos	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	1
Naturalidad	4	5	5	3	2	4	5	3	5	5	3	5	5	1
Riqueza de fauna	3	2	2	2	2	3	3	3	2	4	4	2	3	1
Riqueza cactológica	3	2	2	2	1	3	3	3	3	4	3	2	4	2
Especies NOM	3	2	2	2	1	3	4	3	4	5	4	2	3	2
Multiplicación lineal de cada alternativa por el valor ponderado de cada criterio														
Criterios	Ponderación	Tipos de comunidades vegetales												
		BO	BE	BEP	BEU	BR	CH	CHP	SBC	MS	MSP	MR	MC	TD
Cobertura	5	25	25	15	15	15	25	15	25	15	20	15	15	5
Estratos	5	25	25	20	20	20	20	20	25	20	20	20	20	5
Naturalidad	4	20	20	12	8	16	20	12	20	20	12	20	20	4
Riqueza de fauna	3	6	6	6	6	9	9	9	6	12	12	6	9	3
Riqueza cactológica	3	6	6	6	3	9	9	9	9	12	9	6	12	6
Especies NOM	3	6	6	6	3	9	12	9	12	15	12	6	9	6
Valores Finales		88	88	65	55	78	95	74	97	94	85	73	85	29

ANEXO FOTOGRAFICO



Selva baja caducifolia



Matorral subinerme



Matorral crasicaule



Matorral subinerme perturbado



Matorral rosetófilo



Chaparral



Chaparral perturbado



Bosque de oyamel



Bosque de encino



Bosque de eucalipto inducido



Bosque de encino perturbado



Tierras de cultivo abandonadas



Tierras de cultivo en uso



Ganado bovino en arroyo



Ganado caprino



Riberas de arroyo alteradas



Manantial en Ejido Patria



Riberas de arroyo conservadas



Lithobates neovolcanicus



Barisia ciliaris



Eumeces lynxe



Sceloporus gramicus



Crotalus molossus



Thamnophis cyrtopsis



Hypsiglena torquata



Tropidodipsas sartorii



Kinosternon integrum



Melanotis caerulescens



Mammillaria microhelix



Ferocactus histrix



Panorámica en localidad El Leoncito



Panorámica desde la localidad de Ejido Patria



Panorámica desde la localidad de El Potrero



Panorámica desde cueva en la localidad de Ejido Patria



Panorámica con vista a ecosistema de selva baja caducifolia