



# Universidad Autónoma de Querétaro

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

## **Caracterización espacio-temporal de los encinares de la subcuenca Tábula-Picachos, Guanajuato**

### **Tesis**

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

Presenta:

**Ofelia Sotelo Caro**

**Dirigida por:**

C. Dr. J. Rolando Ramírez Rodríguez

Dr. Raúl Francisco Pineda López

Santiago de Querétaro, Qro. Noviembre 2010



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ciencias Naturales  
Facultad de Ingeniería  
Facultad de Psicología  
Facultad de Filosofía  
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales  
Facultad de Química

**Maestría en Gestión Integrada de Cuencas**

**Caracterización espacio-temporal de los encinares de la subcuenca Támbula-Picachos, Guanajuato**

**TESIS**

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

**Presenta:**

Ofelia Sotelo Caro

**Dirigida por:**

C. Dr. J. Rolando Ramírez Rodríguez

**Co-dirigida por:**

Dr. Raúl Francisco Pineda López

**SINODALES**

C. Dr. J. Rolando Ramírez Rodríguez  
Presidente

Dr. Raúl Francisco Pineda López  
Secretario

Dr. Valentino Sorani Dalbon  
Vocal

M. en C. Diana Elisa Bustos Contreras  
Suplente

M. en C. Patricia Roitman Genoud  
Suplente

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

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Noviembre, 2010  
México

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

## RESUMEN

El cambio de uso de suelo por actividades de origen antropogénico es considerado como la principal causa de pérdida de vegetación. En este sentido la respuesta de estos sistemas naturales varía en función de sus características intrínsecas y la magnitud de la afectación. En este contexto cabe resaltar que para el territorio nacional no existe información detallada sobre estos procesos de cambios de uso de suelo y sus repercusiones en la vegetación, tal es el caso de la Subcuenca Támbula-Picachos, Guanajuato, México. En esta investigación se planteó como objetivo general, evaluar los cambios espaciales que en los últimos 22 años se han presentado en los encinares de esta región, e identificar las causas que generaron estos cambios. La perspectiva del manejo de cuencas también ha cambiado; hoy no sólo se refiere al conocimiento, análisis y protección de los recursos hídricos; sino también involucra la capacidad de los suelos, la vegetación, el relieve, el impacto de la población la infraestructura civil para la producción sustentable de bienes y servicios. De esta forma las cuencas se convierten en unidades lógicas para la planeación y la gestión de los recursos naturales (Jiménez-Nava s/f). El estudio se basa en la interpretación de fotografías aéreas, documentos oficiales e históricos, así como verificación en campo. Para ello, se analizaron imágenes de los años 1986, 1993, 2003 y 2008 y de manera complementaria, se estudio la flora leñosa para determinar en base a la diversidad de especies, el grado de conservación o alteración que presentan los encinares. Se generaron mapas de uso del suelo y se determinaron tasas de cambio en la vegetación. El análisis mostro la dinámica espacial de la cubierta forestal de los encinares en los últimos 22 años. Mediante un análisis multicriterio, con información de vegetación, altitud, presión entre otros, se determinaron las zonas más adecuadas para restauración ecológica en los encinares de la Subcuenca.

**(Palabras clave:** encinar, subcuenca, Guanajuato)

## ABSTRACT

The changes in land by anthropogenic activities are considered the main cause of loss of vegetation. In this sense, the natural resources response varies according to their intrinsic characteristics and the extent of involvement. In this context it's worth to bring out that nationwide/the country does not have detailed information on these processes of land use, their changes and their effects on vegetation, such is the case of the watershed Támara-Picachos, Guanajuato, Mexico. In this research the main general goal was to evaluate the spatial changes in the last 22 years that have occurred in the oak forests of this region, and identify the causes that led to these changes. The perspective of watershed management has changed today not only refers to knowledge, analysis and protection of water resources but also involves the ability of soils, vegetation, topography, impact of civil infrastructure for population sustainable production of goods and services. Thus the basins become logical units for planning and management of natural resources (Jimenez-Nava s / f). The study was based on interpretation of aerial photographs, official documents and historical, and field verification. To this end, we analyzed images of the years 1986, 1993, 2003 and 2008 and a complementary manner, the woody flora was studied to determine the basis of diversity of species, the degree of conservation or alteration showing Moth. We generated land use maps and determined rates of change in vegetation. The analysis showed the spatial dynamics of forest cover of oak woodlands in the past 22 years. Using a multi-criteria analysis, with information on vegetation, altitude, pressure, among others, identified the most suitable areas for ecological restoration in the oak forests of the subwatershed.

**(Key words:** encinares, subriver basin, Guanajuato)

## DEDICATORIAS

*Papá:*

*Con todo mi amor, por no dejarme sola ni un momento y por que durante toda tu vida me enseñaste que el trabajo dignifica y las responsabilidades están por sobre todas las cosas, aun cuando las circunstancias sean las más adversas.*

*Armando:*

*Te dedico este proyecto y te agradezco tu infinito apoyo y tolerancia, eres el mejor esposo que alguien pueda imaginar.  
Te amo.*

*A ti que aún no naces pero que ya le das un nuevo sentido a mi vida...*

*A mi familia:*

*Mamá gracias por tu apoyo y enseñarme a ser fuerte todos los días, incluso los más difíciles.*

*A mis hermanos por su solidaridad y sus oportunos consejos.  
Con todo mi amor.*

*Entre más grande es la prueba. . .  
Más glorioso el triunfo.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a la Universidad Autónoma del Estado de Querétaro por darme la oportunidad de ser parte de su alumnado, así como a la Maestría en gestión integrada cuencas, quien me ha proporcionado una visión integral del conocimiento que antes no conocía.

Con gratitud al C. Dr. J. Rolando Ramírez por su paciencia, tiempo y dedicación en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Valentino Sorani, por su apoyo, confianza y las oportunidades brindadas desde que hemos trabajado juntos.

A la M. en C. Patricia Roitman quien me dio valiosas sugerencias en el aspecto social que mucho han contribuido a mi formación.

A la M. en C. Diana E. Bustos por su incondicional apoyo, por transmitirnos sus conocimientos y sobre todo por su preocupación constante por los alumnos de la maestría, generando un ambiente cordial y de armonía.

Al Dr. Raúl Pineda, por las observaciones realizadas en este proyecto.

De forma especial quiero agradecer a los compañeros de la 7 generación de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, por su apoyo brindado y la amistad cultivada en estos dos años, fueron una gran motivación para continuar.

Y muy muy especialmente a mis compañeros y amigos: Abigail Jaimes, Alfredo Carranza, Josué Chichía, Mario Arturo Hernández, Mario Alberto Hernández, Milagros Córdova, y Silvia Zambrano. Por su apoyo en el trabajo de campo, así como la constante asesoría en sistemas de información geográfica y su amable hospitalidad, motivados únicamente por la amistad que nos une, muchas gracias, es un placer tenerlos como mis amigos.

Y el agradecimiento más especial de todos es para mi mamá y mi esposo, constantes impulsores de mis sueños, otorgándome su apoyo a cada momento y pasando por alto mis constantes ausencias. Muchísimas gracias

## ÍNDICE

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
DEDICATORIAS .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
II.I Vegetación .....	5
II.II Interacciones .....	6
a) Relación vegetación-agua.....	6
b) Relación vegetación-suelo. ....	7
II.III Género <i>Quercus</i> .....	8
II.IV. Distribución .....	9
II.V. Servicios ambientales .....	10
II.V.I Capturan bióxido de carbono .....	10
II.V.II Reducen la erosión del suelo .....	11
II.V.III Infiltran el agua al subsuelo.....	11
II.V.IV Hábitat .....	12
II.VI. Procesos de destrucción y degradación de encinares .....	12
II.VII. Conservación. ....	15
II.VIII. Recuperación de los ecosistemas.....	16
II.VIII.1 Restauración. ....	17
II.VIII.2. Rehabilitación.....	17
II.VIII.3. Saneamiento .....	18
II.VIII.4 Reemplazamiento vegetal.....	18
II.VIII.5. Revegetación .....	18
III. JUSTIFICACIÓN .....	20
IV.OBJETIVOS.....	24
IV.I. Objetivo general .....	24
IV.II. Objetivos particulares:.....	24

V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
V.I. Diagrama metodológico. ....	25
V.II. Descripción metodológica .....	26
V.II.1. Zona de estudio .....	26
V.II.2 Análisis espacio- temporal de los encinares .....	29
V.II.3 Trabajo de campo .....	31
V.II.4 Análisis multicriterio. ....	37
V.II.5 Proceso analítico jerárquico: Comparación pareada.....	40
VI. RESULTADOS.....	43
VI.I Tendencia espacio-temporal de los encinares .....	43
VI.II. Estructura.....	51
VI.II.1. Volcán La Joya (Támbula) .....	51
VI.II.2. Volcán Palo Huérfano (Los Picachos).....	52
VI.II.3. Cerro La Márgara.....	52
VI.III. Conocimiento y uso de los encinares.....	57
VI.IV. Zonas potenciales para la restauración y conservación de los encinares	62
VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES. ....	71
LITERATURA CITADA .....	76
ANEXO FOTOGRÁFICO.....	81

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Mecanismos físicos e hidrológicos de la vegetación	8
2	Encinos reportados para el estado de Guanajuato	10
3	Criterios y atributos para el análisis	38
4.	Matriz pareada	41
5	Asignación de peso a los criterios	42
6	Tendencia espacio temporal de los encinares.	44
7	Estructura cuantitativa del encinar en el volcán de La joya (Támbula) en la Subcuenca Támbula-Picachos.	54
8	Estructura cuantitativa del encinar en el volcán Palo Huérfano (Los Picachos) en La Subcuenca Támbula-Picachos	55
9	Estructura cuantitativa del encinar en el cerro La Márgara en la Subcuenca Támbula-Picachos.	56
10	Conocimiento y uso de los encinares en la Subcuenca	61
11	Distribución de áreas potenciales por microcuenca	67

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Diagrama de cuenca.	5
2	Contenido de carbono en el Género Quercus.	11
3	Procesos de Fragmentación del hábitat.	14
4	Recuperación del ecosistema	19
5	Ubicación de las elevaciones de la subcuenca	22
6	Mapa de ubicación espacial de la Subcuenca Támbula-Picachos	27
7	Interpretación de imagen satelital	30
8	Distribución de los encinares en la subcuenca y su grado de conservación perturbación en el año 1986	45
9	Distribución de los encinares en la subcuenca y su grado de conservación perturbación en el año 1993	46
10	Distribución de los encinares en la subcuenca y su grado de conservación perturbación en el año 2003	47
11	Distribución de los encinares en la subcuenca y su grado de conservación perturbación en el año 2008	48
12	Tendencia de cambio de encinar conservado ha perturbado	49

13	Cambios espacio temporales de los encinares en la subcuenca Tábula-Picachos	50
14	Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en la subcuenca Tábula-Picachos	63
15	Porcentaje de áreas propuestas para conservación y restauración en los encinares de la subcuenca	64
16	Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en el volcán Palo Huérfano (Los Picachos)	68
17	Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en el volcán La Joya (Tábula)	69
18	Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en el Cerro La Márgara	70

## I. INTRODUCCIÓN

Es ampliamente reconocido que el territorio mexicano se caracteriza por rasgos bióticos distintivos, en donde están representados la mayoría de los biomas existentes en el planeta (Rzedowski, 2006). Aspecto que ha contribuido a que México ocupe el cuarto lugar mundial en cuanto al porcentaje de plantas endémicas (Villaseñor, 2003), generando así un interesante mosaico de diversidad biológica, paisajista y cultural; no obstante, durante décadas los recursos naturales han sido utilizados de manera no adecuada, lo cual ha generado una disminución de éstos. De tal modo, que los diversos ecosistemas han sido afectados en su estructura y función, propiciando así, que los servicios ambientales disminuyan paulatinamente, o bien desaparezcan por completo en zonas específicas del territorio.

Esta situación ha generado una profunda preocupación para la conservación y en algunos casos por la restauración de dichos recursos. Es evidente que las acciones relacionadas con la protección de los ecosistemas, han adquirido cada vez más fuerza, tanto a nivel local, nacional e internacional; por lo que las prácticas y estrategias utilizadas deberán ser cada vez más adecuadas a situaciones específicas que implique la conservación del recurso y que garanticen el bienestar de las personas inmersas en estos ecosistemas y las generaciones futuras.

Por esto es importante incursionar en nuevas formas de abordar los problemas ambientales, no olvidando que el aspecto social y económico es fundamental para la solución de éstos. De ahí que un esfuerzo interdisciplinario resulta una alternativa adecuada ante las problemática ambiental, dando lugar a la participación de diversos perfiles que contribuyan a la generación de soluciones a un problema común. En este sentido la sustentabilidad se plantea como una estrategia adecuada para la conservación de los recursos, pues es un proceso

que permite satisfacer las necesidades de la población actual, sin comprometer la capacidad de atender a las generaciones futuras (González *et al.*, 1995). Es evidente que la utilización desmedida y desordenada de los recursos naturales ha generado un decremento en la calidad de los mismos, creando una reacción en cadena que afecta a los demás recursos relacionados, por lo tanto el concepto de sustentabilidad está estrechamente relacionado con los métodos interdisciplinarios que derrocan a las disciplinas parciales que intentan dar solución a los problemas desde un solo enfoque, ya que los acontecimientos sociales, políticos y económicos tienen una gran incidencia en el campo ambiental.

En este contexto, se plantea como una premisa fundamental el entendimiento de que para abordar un problema es necesario delimitar correctamente el área de estudio para su posterior análisis. Este principio permitirá realizar un trabajo viable en un tiempo específico. Sin embargo, el establecimiento del área de estudio no debe ser arbitrario, sino fundamentar la elección del sitio y el área que éste ocupará, basándose en extensiones naturales en donde se puede observar de forma veraz y completa la dinámica de los diferentes sectores involucrados bióticos y abióticos, las cuencas cumplen con todas estas condiciones antes mencionadas, por lo que las hace el espacio adecuado para diversos estudios ambientales sociales y económicos.

## II. ANTECEDENTES

A partir de 1930 en las escuelas forestales de Los Estados Unidos se acuñó el concepto de manejo de cuencas, el cual se extendió en América Latina y El Caribe a fines de la década de 1960 (Natenzon, 1989). En un contexto geográfico e hidrológico, se define a una cuenca como el área de la superficie terrestre por donde el agua de lluvia, nieve o deshielo escurre, transita o drena a través de una red de corrientes que fluyen hacia una corriente principal y por ésta hacia un punto común de salida. Sin embargo, también es un ámbito de organización social, económica y operativa en donde existe una interacción indivisible entre estos tres aspectos relacionados con el ambiente (Alatorre N, S/F).

Las cuencas son unidades territoriales de grandes dimensiones, definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios.

Cabe mencionar que en México las cuencas presentan graves problemas de degradación. Aspectos como la deforestación, el incremento desordenado de la superficie agrícola, la ganadería extensiva, los sistemas de producción inadecuados a la aptitud y potencial de los recursos y la casi nula planeación de los procesos de producción y de los asentamientos humanos, son sólo algunas de las acciones que han propiciado el deterioro de los recursos naturales en las cuencas, originando con ello que grandes superficies, con alto potencial agrícola,

silvícola o pecuario, se hayan convertido en tierras áridas o con reducido potencial productivo (Casillas, 2001).

Regularmente las cuencas son extensiones muy grandes que involucran diversos procesos y la dinámica que se realiza ahí es prácticamente imposible de evaluar con fines de investigación científica o social durante un corto periodo. Sin embargo, existen otras escalas de análisis como las subcuencas que son cuencas de segundo orden en donde ocurren las interacciones entre el uso y manejo de los recursos naturales (acción antrópica) y el comportamiento de estos mismos recursos (acción del ambiente), a una escala más manejable para su estudio (escala regional) y la escala local representada por la microcuenca (Alatorre N S/F).

Cabe mencionar que la escala regional se considera la escala más adecuada para la planeación, mientras que la escala local es la ideal para la intervención y acción. Las cuencas hidrográficas son áreas que separan o sectorizan en cuenca alta media y baja, las cuales en función de las características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos (Llerena, 2003).

Arreola, (s/f) hace énfasis en la relación directa entre las partes altas, cercanas al parteaguas, la zona de tránsito o intermedia y la parte baja de deposición y desembocadura, de tal forma que la parte alta afecta de manera determinante a la parte baja. Por lo tanto considerando la clasificación de Robertson (1992) basado a su vez en Schumm (1977), se describen de la siguiente manera las partes de la cuenca (Figura 1):

- La cuenca alta, que corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las líneas divisorias de aguas.

- La cuenca media, donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.
- La cuenca baja o zonas transicionales, donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales.

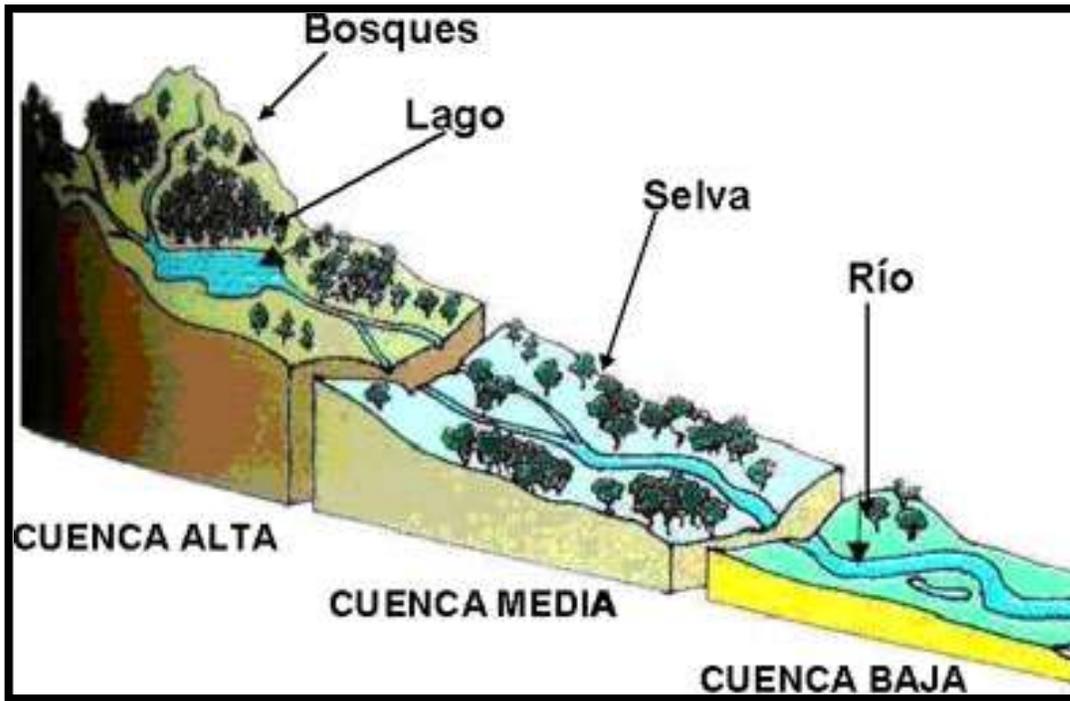


Figura 1. Diagrama de cuenca. En donde se observa una única desembocadura en la parte baja por un drenaje natural.

## II.1 Vegetación

Se define como vegetación al conjunto de plantas de una región determinada (Rzedowski, 2006). La vegetación es un elemento importante dentro del ecosistema pues provee numerosas funciones ecológicas, como la captura de CO<sub>2</sub> y la producción de oxígeno. Aunado a esto, es en la vegetación donde se refleja claramente el deterioro causado por diversas actividades ajenas al entorno como la agricultura, el pastoreo extensivo, la tala, etc.

De este modo los estudios sobre vegetación y flora son fundamentales ya que reflejan el estado sucesional, la densidad de la cobertura, la estructura

vertical, las alturas de los estratos, y las especies dominantes por estratos y estado de conservación.

Esta información permite cuantificar los recursos florísticos del lugar, incluyendo el porcentaje de endemismo, y de este modo estimar los daños de la perturbación, posterior a la explotación. A partir de esto se pueden proponer medidas para atenuar los impactos y para hacer más efectiva la rehabilitación biológica.

En las cuencas hidrográficas existe una estrecha influencia de las coberturas vegetales en las condiciones del agua y del suelo, el conocimiento de estas interacciones es fundamental para la planeación y el manejo de cuencas, siendo éstas la unidad básica de desarrollo ambiental (Cotler, 2004). Además, dicho conocimiento aporta criterios con justificación científica y técnica para el desarrollo de actividades de explotación de la vegetación y su uso apropiado en proyectos de desarrollo en los que está involucrada, ya sea con fines de protección o de explotación (Villegas, 2004).

## **II.II Interacciones**

Las interacciones de la cuenca en donde está involucrada la vegetación las podemos clasificar de la siguiente manera según Villegas (2004):

### **a) Relación vegetación-agua.**

#### ***Interceptación de la lluvia por las coberturas vegetales***

El fenómeno de la interceptación que se presenta fundamentalmente en vegetación de porte medio y alto (rastrojos y bosques) implica que una parte de la precipitación incidente sobre un área determinada es detenida por la superficie de la vegetación, provocando una disminución en la cantidad de agua que llega al suelo.

### ***Relación vegetación-caudal***

Se ha demostrado el papel de las coberturas boscosas como reguladoras de caudal, porque favorecen la infiltración, gracias a la producción de una capa de hojarasca sobre el suelo mineral y a la disposición de su sistema radicular. Estas propiedades regulan el nivel freático, permiten la recarga de acuíferos alimentadores del flujo base de las corrientes, disminuyen también la cantidad de pérdidas por escorrentía directa de la superficie y retrasan la evacuación instantánea de las lluvias.

### **b) Relación vegetación-suelo.**

#### ***Protección contra la erosión***

La vegetación actúa como una capa protectora entre la atmósfera y el suelo; las hojas y los tallos absorben parcialmente la energía de los agentes erosivos como el agua y el viento, de tal manera que la repercusión directa en el suelo es menor, en tanto que el sistema de raíces determina la resistencia mecánica del suelo, elemento primordial en la inestabilidad de ladera (Alcántara, 2003).

#### ***Raíces y erosión***

Las raíces y rizomas de la vegetación interactúan con el suelo para producir un material compuesto de tal manera que las raíces se caracterizan por ser fibras que poseen propiedades de adhesión y una resistencia relativamente alta, y que se encuentran envueltas por una matriz con menor resistencia, de tal manera que la resistencia del suelo se ve enriquecida por la matriz de las raíces (Alcántara, 2003).

Los mecanismos a través de los cuales la vegetación influye en la estabilidad se pueden clasificar como hidrológicos y físicos (Cuadro 1). Los factores físicos provienen de las interacciones mecánicas del follaje o del sistema de raíces de la vegetación; y los mecanismos hidrológicos están en función de las distintas fases del ciclo hidrológico que se presentan con la vegetación existente (Alcántara, 2003).

Cuadro1. Mecanismos físicos e hidrológicos de la vegetación (Greenway 1987).

<b>Mecanismos</b>	
Hidrológicos	Físicos
<p>Intercepción de la precipitación a través del follaje, lo cual causa pérdida de evaporación y absorción y disminuye la cantidad de lluvia disponible para infiltración.</p> <p>Las raíces extraen la humedad del suelo, la cual se pierde a través de la transpiración originando la reducción de presiones de poro</p>	<p>Las raíces refuerzan el suelo, incrementando la resistencia. Las raíces de los árboles pueden penetrar en estratos firmes, sujetándolos y promoviendo soporte a las capas de suelo de la parte superior de la ladera</p> <p>Las raíces sirven para la adhesión de partículas del terreno por lo que la susceptibilidad a la erosión se reduce</p>

En base a lo antes mencionado, se puede observar que las implicaciones que tiene la vegetación dentro de la cuenca son muchas y muy variadas. Por tal motivo es fundamental realizar investigaciones en este tipo de formaciones geológicas, y éstos deben considerar un análisis espacio-temporal del elemento diagnóstico que es la vegetación lo que permitirá generar un mejor entendimiento de la dinámica de afectación-recuperación que se da en estos sistemas.

### **II.III Género *Quercus***

Los encinares están conformados por especies pertenecientes al género *Quercus* (Fagaceae) y son considerados como el segundo recurso forestal maderable más abundante después de los pinos (De la Paz Pérez O, 2000). Forma parte principalmente de la vegetación de sitios montañosos y escarpados de clima templado de la mayoría de las sierras que forman el territorio mexicano.

Los encinares son comunidades densas, la altura y densidad de esta comunidad vegetal varía de acuerdo a la humedad del clima entre 2 y 30 m. Pueden formar masas puras pero es frecuente que la dominancia se reparte entre varias especies del mismo género, pero a menudo también se encuentran árboles de otro género como, *Alnus*, *Arbutus* etc. Los encinos se reconocen como buenos

hospederos de epifitas principalmente líquenes, musgos, bromelias y orquídeas (Rzedowski, 2006).

#### **II.IV. Distribución**

De acuerdo con Rzedowski (1965) la mayor parte de los encinos en México se encuentran en zonas montañosas con clima templado o templado semihúmedo, donde las lluvias son frecuentes en la época cálida del año.

Prácticamente hay encinos en todas las entidades del país, con excepción de Yucatán, desde el nivel del mar hasta arriba de los 3500 msnm, más del 95 % de las especies mexicanas se encuentran entre los 1200 y 2800 msnm. Existen encinos en lugares con tipo de clima muy diverso desde el clima cálido con época seca y larga, hasta el frío semiárido extremoso son característicos de regiones montañosas.

A nivel mundial se conocen 450 especies de encinos, mientras que en el continente americano se estiman 250, (Zabala, 1998). México es el centro de mayor riqueza y evolución de encinos con 161 especies, se calcula que 109 de ellas son exclusivas al país (endémicas), es decir el 68% de los encinos del continente americano sólo se encuentra en México. Para el estado de Guanajuato actualmente se tienen consideradas 13 especies (Cuadro 2). (Valencia, 2004).

Cuadro 2. Encinos reportados para el estado de Guanajuato

---

---

**Nombre científico**

---

*Quercus castanea*  
*Q. crassifolia*  
*Q. crassipes*  
*Q. deserticola*  
*Q. dysophylla*  
*Q. eduardii*  
*Q. glaucoides*  
*Q. laeta*  
*Q. laurina*  
*Q. microphylla*  
*Q. obtusata*  
*Q. resinosa*  
*Q. rugosa*

---

## **II.V. Servicios ambientales**

Entre los servicios ambientales que los encinos otorgan se pueden mencionar los siguientes:

### **II.V.I Capturan bióxido de carbono**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> han sido clasificadas como el gas con efecto invernadero más abundante en el planeta, por lo que se ha considerado a la cobertura vegetal como una forma viable de compensación de los daños provocados por la acumulación de este gas debido a la capacidad de las plantas de capturar el bióxido de carbono y fijarlo, mediante sus procesos fisiológicos naturales, fotosíntesis y respiración (Figura 2). Aproximadamente el 50% de la biomasa de los encinos contiene carbono:

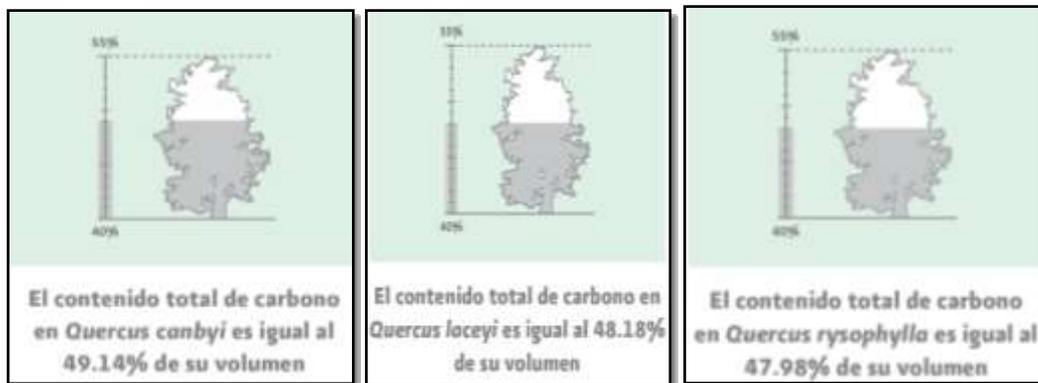


Figura 2. Contenido de carbono en el Género Quercus. Fuente: [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)

### II.V.II Reducen la erosión del suelo

La vegetación actúa como una capa protectora entre la atmósfera y el suelo; las hojas y los tallos absorben parcialmente la energía de los agentes erosivos como el agua y el viento, de tal manera que la repercusión directa en el suelo es menor, en tanto que el sistema de raíces determina la resistencia mecánica del suelo, elemento primordial en la inestabilidad de laderas. Los árboles adultos tienen un sistema radicular extenso (raíces grandes y extendidas) que ayuda a retener el suelo (Arizaga *et al*, 2009).

### II.V.III Infiltran el agua al subsuelo

El agua precipitada es interceptada por el follaje y absorbida, o bien evaporada, lo cual reduce el porcentaje del líquido infiltrado. En este contexto el agua es considerada como una pérdida al regresar a la atmósfera. Por otro lado, la presencia de raíces favorece la infiltración y reduce el escurrimiento al incrementar la permeabilidad. El incremento de la capacidad de infiltración y permeabilidad de una superficie con vegetación en una pendiente puede atribuirse a la presencia de raíces y al aumento de la rugosidad de la superficie (Arizaga *et al.*, 2009).

#### **II.V.IV Hábitat**

De los bosques de encinos dependen muchas especies de plantas que los utilizan como hábitats o bien pueden funcionar como plantas nodrizas que ofrecen protección a hierbas y plántulas. Así mismo muchos animales como aves reptiles, roedores, insectos y arácnidos, entre otros encuentran en los encinos tanto hábitat como alimento (Valencia, 2004).

El bosque de encino es el principal proveedor de materia orgánica para el suelo, ya que los encinos son caducifolios e incorporan su follaje al suelo. Estos ecosistemas se desarrollan preferentemente en las partes altas de la cuenca en donde se pueden observar las principales elevaciones de las laderas volcánicas, con pendientes pronunciadas, lo que impide un fácil acceso (Rzedowski, 1996). Es importante resaltar que los encinares han sido explotados a escala regional, transformando su estructura en matorrales y pastizales, una vez que dejan de ser utilizados para fines agropecuarios o para la obtención de combustible (Terrones, 2004).

#### **II.VI. Procesos de destrucción y degradación de encinares**

Muchas comunidades biológicas son degradadas por las actividades humanas hasta ser convertidas en desiertos, un proceso conocido como desertificación (Breman, 1992; Allan y Warren 1993). Estas comunidades degradadas incluyen praderas tropicales, chaparrales y bosques deciduos, entre ellos el bosque de encino.

Aunque los encinares pueden tolerar inicialmente la agricultura, el cultivo repetido conduce a la erosión y a la pérdida de la capacidad de retención de agua del suelo. El sobrepastoreo y la sobrecosecha de plantas leñosas para combustible (Fleischner; 1994; Milton *et al.*, 1994) contribuyen a la degradación progresiva e irreversible de la comunidad biológica y a la pérdida de la comunidad del suelo.

Durante los últimos años la disminución de bosques se ha incrementado dando lugar a bosques secundarios y pastos cultivados o inducidos, alterando la función de recarga. Cuando en un bosque no se cuenta con la protección de la hojarasca sobre el suelo, debido a su aprovechamiento para establos, crianza de aves o por causa de incendios forestales, la lluvia que se produzca al concentrarse en las copas y caer sobre un suelo desprotegido, puede ocasionar estragos erosivos de mayor magnitud en zonas con árboles que en zonas deforestadas. La protección del bosque contra procesos de erosión en masa es limitada (Siddle *et al.*, 1985 y Ramsay 1987).

Como agravante de la deforestación, desde hace algunos años se reconoce el papel de la fragmentación y la degradación del hábitat como responsables de cambios en la estructura y función de los ecosistemas (Saunders *et al.*, 1991; Debinski *et al.*, 2000).

La fragmentación es un proceso en el que el hábitat natural continuo es reducido a pequeños remanentes, es consecuencia del disturbio constante provocado por las actividades humanas que comúnmente implican el cambio en el uso del suelo, lo que conlleva a la modificación de la vegetación natural ahora conformada por fragmentos de hábitats de diversos tipos, generando un mosaico que alterna fracciones con diferentes estados de alteración, esto significa el rompimiento de la continuidad de los ecosistemas (Rosenzweig, 1995).

La degradación del hábitat, por el contrario, no implica un cambio en la utilización del terreno, aunque el terreno sigue siendo de uso forestal su composición y funciones biológicas se encuentran ya afectadas negativamente por la intervención humana (FAO, 2005). La degradación suele ser consecuencia de la tala de explotación y el corte selectivo (Figura 3) de algunas especies, vulnerando las condiciones ambientales de las especies nativas y creando nuevos hábitats para especies más generalista.

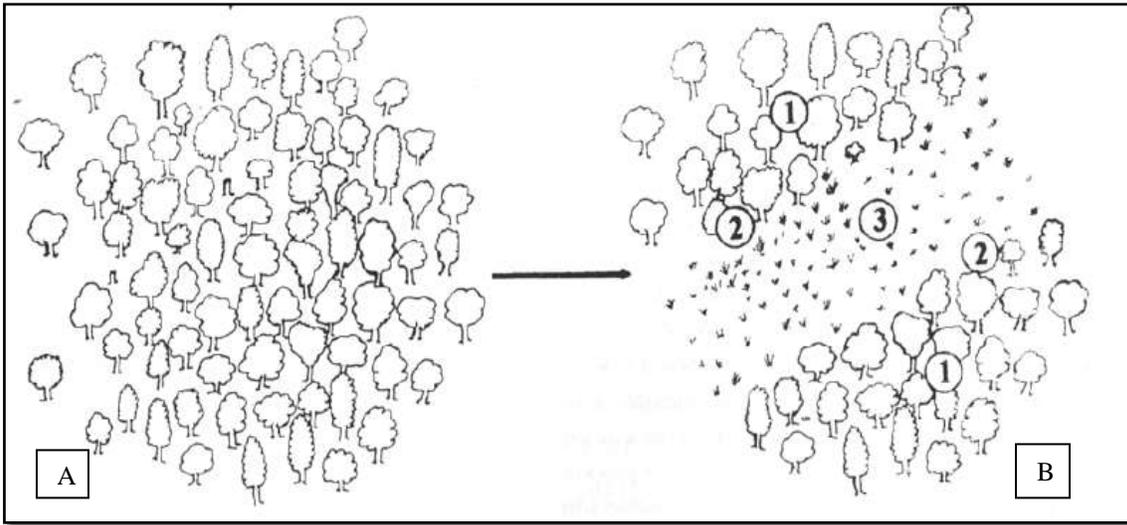


Figura 3. Procesos de Fragmentación del hábitat. A= Bosque sin perturbación B= Bosque perturbado. 1 Fragmento de bosque, 2 ecotono, 3 cambio de uso de suelo

De acuerdo a Rzedowski 1996, los bosques degradados y constantemente sometidos a pastoreo, pierden la capacidad de absorber y almacenar eficientemente el agua de lluvia, por lo tanto el escurrimiento predomina sobre la infiltración y comienza a desencadenarse una rápida erosión. Este proceso de degradación no es exclusivo de los encinares, sin embargo estos bosques pueden definirse como estratégicas dentro de las cuencas hidrográficas, pues la erosión que afecta el suelo de los encinares, produce efectos en las partes medias y bajas donde puede provocar desecación de manantiales, inundaciones, azolves de presas, etc.

Por ello la presencia de los encinares es necesaria para conservar el equilibrio ecológico de la subcuenca Tábula Picachos, es preponderante realizar estudios que reflejen la situación de este tipo de vegetación ya que a partir del uso que se hace de ellos, consecuentemente se modifica su estructura y sus funciones.

Como antecedentes en la zona de estudio se pueden mencionar la formación de una línea de base científica para el manejo integrado de la

subcuenca Tábula-Picachos en San Miguel de Allende, Guanajuato, en donde se reconocen las características actuales de la estructura biótica y física de la subcuenca. Así como el trabajo de Gutiérrez (2008), en donde realizó una propuesta de conectividad de áreas críticas para el mantenimiento de la estructura y función de la subcuenca en donde analizó los tipos de vegetación presentes entre los cuales hace un breve descripción de los encinares y menciona la importancia de la conservación de ellos, por lo que resulta preponderante, continuar con estudios en la subcuenca que complementen los ya existentes y se concreten acciones que beneficien a los actores involucrados en la subcuenca

Para que la vegetación sea caracterizada por su fisonomía, cuyo estudio es indispensable para la comprensión de su naturaleza y distribución es necesario analizar la estructura y composición de las comunidades florísticas tanto en sentido vertical (estratificación) como en el horizontal (espaciación).

A través del estudio horizontal se pudo conocer la densidad, frecuencia y dominancia relativas por especie, la suma de estos tres valores nos reflejan el valor de importancia de cada especie. En un sentido más amplio, son las responsables directas de la definición de la formación vegetal (tipo de vegetación) y del paisaje.

Por lo tanto en la medida que las especies primarias tengan los valores de importancia más altos en donde se sumen los parámetros estructurales de frecuencia, dominancia y densidad, nos reflejara un buen grado de conservación, no obstante, si los valores más altos corresponden a especies secundarias o indicadoras de disturbio, se pondrá de manifiesto que la zona se encuentra perturbada por lo que será necesario implementar estrategias adecuadas para la recuperación.

## **II.VII. Conservación.**

La Ley General de Vida Silvestre define la conservación como “la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de vida silvestre de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo”.

Cuando se habla de conservación biológica aplicable es necesario no olvidar e incluir las variadas, complejas y estrechas relaciones que existen con los problemas ambientales así como la incidencia que tienen las causas y los efectos sociales en los aspectos ambientales.

En la Subcuenca San Miguel de Allende la crisis ambiental es un reflejo de la crisis social que atraviesa dicha Subcuenca, de una población de 82,929 habitantes, el 50% tiene índices de marginación alta y muy alta y el 30% marginación media (Pineda, 2010); esto llama particularmente la atención cuando el municipio de San Miguel de Allende fue declarado patrimonio de la humanidad por la UNESCO desde julio del 2008. De esta forma se puede observar como en un mismo territorio las condiciones son tan heterogéneas ambiental y socialmente. Como ejemplo se puede mencionar la conversión que han sufrido los terrenos de la zona de estudio, de ecosistemas naturales a ecosistemas agrícolas o ganaderos tanto intensivos como extensivos llegando hasta las partes más altas de la subcuenca: los encinares, provocando colateralmente la pérdida y arrastre de suelo, el rompimiento de bordos, la disminución de la biodiversidad, entre otros impactos negativos tanto en un contexto ambiental y consecuentemente social. Por ello es imprescindible realizar esfuerzos de conservación de las zonas que cuentan con los atributos adecuados como cobertura vegetal, hábitat de especies florísticas y faunísticas, etc. Es necesario motivar un uso adecuado de los recursos, así como un respeto irrestricto hacia los espacios con alto valor ecológico y estético resaltando el papel histórico que estos espacios han tenido en la dotación de satisfactores básicos y de servicios ambientales. Sin embargo, dadas las circunstancias actuales de la subcuenca es importante analizar posibles estrategias para la recuperación de los ecosistemas.

## **II.VIII. Recuperación de los ecosistemas**

En la actualidad se han desarrollado distintas estrategias, con la finalidad de controlar, mitigar o revertir los efectos de la degradación en los ecosistemas

tales como la restauración, la rehabilitación, el saneamiento, el reemplazo y el recubrimiento vegetal (Martínez, 1996; Meffé y Carroll, 1994). Dichas estrategias varían en cuanto al grado de recuperación de los ecosistemas degradados, por ejemplo, ya sea que busquen recuperar una estructura de la vegetación semejante a la original, sustituirla por una vegetación completamente distinta, o bien sólo aplicar de medidas que frenen la degradación, pero sin relacionarse en forma alguna con la recuperación del ecosistema o de sus atributos de diversidad y estructura (Meffé *et al.*, 1994). (Figura 4).

La restauración es un proceso que requiere indudablemente conocimientos ecológicos, conocer las especies que existieron, las dominantes, etc. Sin embargo dado los efectos de las actividades humanas sobre los recursos es importante conocer la utilidad que las personas han hecho de estas especies así como los factores que fueron determinantes para su reducción o desaparición.

#### **II.VIII.1 Restauración.**

De manera específica, la restauración busca recuperar la estructura, funcionalidad y autosuficiencia semejantes a las presentadas originalmente en un ecosistema que ha sido degradado (Bradshaw, 1987; Ewel, 1987; Jordan III *et al.*, 1987). Esto implica que el terreno sea regresado precisamente al estado previo a su degradación, lo cual requiere reconstruir el suelo y colocar a las especies originarias del sitio (Brown *et al.*, 1986).

#### **II.VIII.2 Rehabilitación.**

En el caso de la rehabilitación, se trata de una estrategia encaminada a la recuperación parcial del ecosistema, que busca el restablecimiento de algunos de los elementos funcionales o estructurales del sitio, así como la inclusión de algunos mejoramientos visuales, como la replantación para prevenir la erosión, pero sin llegar a recuperar los atributos originales del sitio (Bradshaw y Chadwick, 1980; Martínez, 1996; Meffé y Carroll, 1994).

### **II.VIII.3. Saneamiento**

El saneamiento o reclamación se aplica en sitios severamente degradados por actividades agresivas (como las minas a cielo abierto), a los cuales se pretende dar un uso diferente al original que causó el daño, aunque en algunos casos puede tomarse como un primer paso en un proyecto de restauración (Bradshaw y Chadwick, 1980; Martínez, 1996; Meffé y Carroll, 1994), o bien dentro de una rehabilitación.

### **II.VIII.4 Reemplazamiento vegetal**

Se denomina reemplazamiento vegetal al proceso por el que se induce la formación de un ecosistema diferente al original, aunque pueda encontrarse fuera de su ámbito histórico de distribución y en condiciones distintas a las presentadas en forma natural (Martínez 1996, Meffé y Carroll 1994); sin embargo, en este caso no se considera el efecto que este proceso pueda tener sobre los remanentes de vegetación nativa o sobre los ecosistemas locales supervivientes.

### **II.VIII.5. Revegetación**

El recubrimiento vegetal o revegetación puede implicar sólo el reforzamiento de algunos procesos como la sucesión vegetal, la productividad, la ecología del suelo, la incorporación de nutrientes, entre otros, donde se busca permitir que el sistema regrese por si sólo a su estado original utilizando especies nativas para el recubrimiento (Martínez, 1996; Meffé y Carroll, 1994).

Como puede observarse, la restauración ecológica es la más ambiciosa de las estrategias mencionadas, ya que su objetivo es recuperar al ecosistema original (figura 4), y contribuir a un manejo sustentable de los recursos.

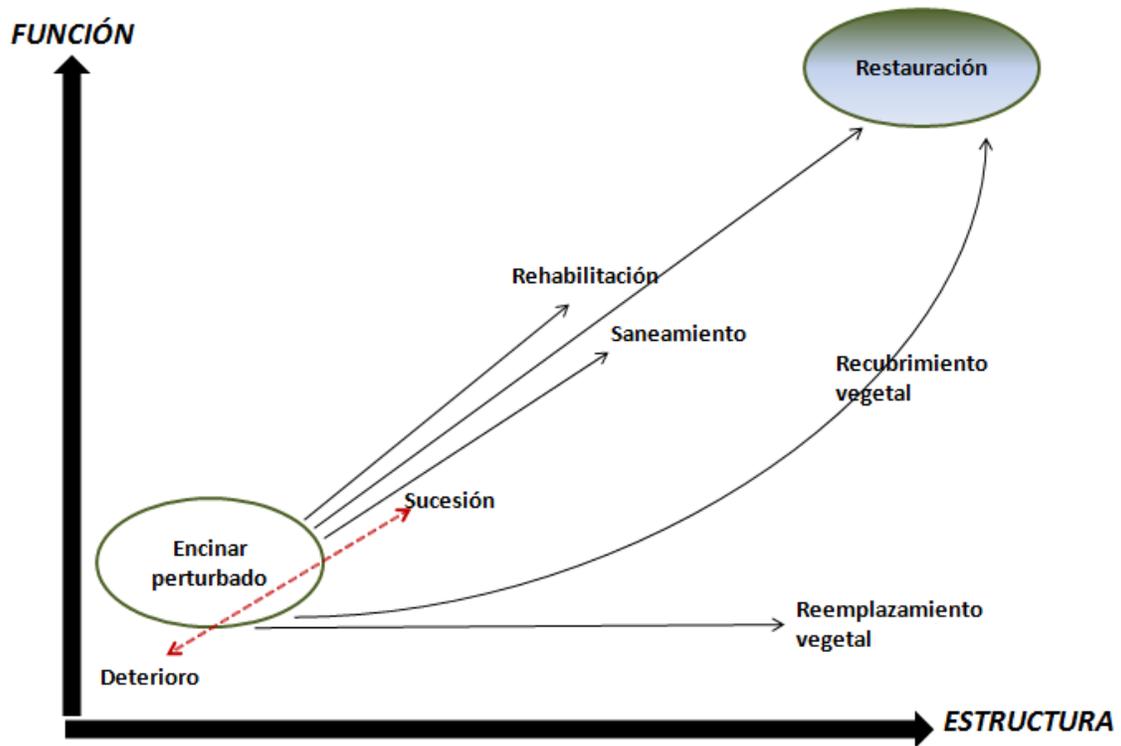


Figura 4. Recuperación del ecosistema (Tomado de Bradshaw, 1990)

Las estrategias que se apliquen en cada caso para controlar problemas de degradación dependerán de características y/o procesos que se busque recuperar dentro de un ecosistema.

### III. JUSTIFICACIÓN

Al igual que en varias regiones de México, los encinares de la subcuenca Tábula-Picachos han sido sujeto de varios procesos que han alterado su constitución original. Por lo que se requiere generar acciones que mitiguen y reviertan esos impactos negativos. Sin embargo, cabe resaltar que en el área de estudio es común encontrar aún espacios de vegetación de encinar con un adecuado grado de conservación. De acuerdo a Flores *et al.*, (1971), el porcentaje que ocupan actualmente los encinos en México es de solo el 5.5% del total del país, para la obtención de estos datos éste y otros autores cartografían la vegetación clímax, sin embargo este criterio no abarca la vegetación que sido afectada por la extracción local y paulatina que resulta poco evidente, sin embargo, el daño generado es acumulativo y a través del tiempo se pueden observar cambios considerables en los encinares, alterando la estructura y disminuyendo las funciones propias de estos ecosistemas.

En la subcuenca Tábula-Picachos los encinares se desarrollan en la parte alta, sobre el volcán Palo huérfano (Los Picachos), el volcán La Joya (Tábula), y el cerro La Márgara (Figura 5), esto da como resultado que en la cabecera de la cuenca se distinga un tipo de vegetación diferente al resto de la zona de estudio, pues en la parte media y baja se pueden observar en su mayoría grandes extensiones de matorral así como pequeños fragmentos de selva baja caducifolia, por lo que la cobertura vegetal de los encinares está relacionada con los procesos que se realizan con elementos bióticos y abióticos que tendrán repercusiones en la parte media y baja de la cuenca, por lo que la parte alta es una interesante zona de estudio para el análisis espacio-temporal de la estructura de los encinares de esta subcuenca.

Pese a al deterioro, aún se puede observar a través de recorridos de campo por la zona de estudio y análisis de fotografías aéreas, relictos de encinares conservados y otros con algún grado de perturbación. Sin embargo, a través de

los años ha habido un decremento en la extensión de estos bosques generado por los cambios en el uso de suelo y por el uso que se ha hecho de este recurso a través del tiempo. Estos bosques han estado sometidos a constantes alteraciones que reducen su superficie, alterando la estructura y función de los encinares y de la misma Subcuenca.

La importancia ecológica de estos bosques es amplia pese a su reducida extensión en la Subcuenca, se desarrollan en pendientes pronunciadas en donde fungen como hábitat para fauna, sus raíces se anclan al suelo y evitan la erosión y remoción de grandes masas de suelo, generan materia orgánica por lo caducifolio de sus hojas, etc. De ahí que se considera una prioridad para la subcuenca, realizar un estudio de estos encinares.

Ante esta problemática, es preponderante identificar las causas y los tiempos en que se ha realizado esta afectación y de esta forma prevenir y realizar acciones de restauración adecuadas que garanticen el restablecimiento de los encinares en la Subcuenca.

En base a estos planteamientos, surge la necesidad de conocer la respuesta de los encinares a los regímenes de perturbación y uso a través del tiempo, pues para restablecer las unidades ecológicas es necesario que se tomen en cuenta los elementos presentes antes de su modificación incluso en *pro* de su conservación y/o restauración.

Del conocimiento previo a la modificación del entorno natural dependerá la eficacia y proyección de los programas de conservación, restauración o aprovechamiento sustentable que ahí se realicen.

Para ello es importante conocer la diversidad estructural en donde se considera la disposición u ordenamiento físico de los componentes en cada nivel de organización, para comprender que cuando se extingue o disminuye el número de individuos de cualquiera de los niveles de organización biológica, no sólo es

afectado el componente en sí, sino también sus relaciones estructurales y sus interacciones funcionales con los demás componentes del sistema biológico considerado.

En este contexto, un análisis de su fisonomía, distribución, estructura y composición permitirá contar con elementos adecuados para entender la dinámica de este tipo de vegetación y por lo tanto hacer propuestas encaminadas a su conservación o recuperación.

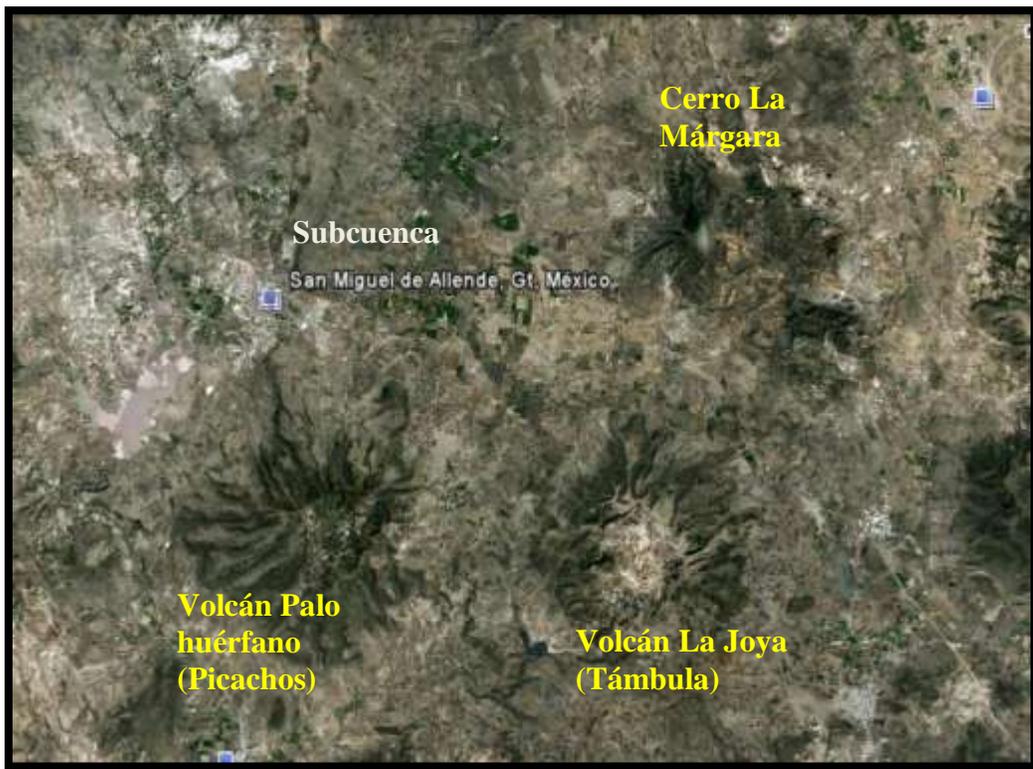


Figura 5. Ubicación de las elevaciones de la subcuenca

Por lo tanto, las características de esta subcuenca la promueven como un área apropiada para realizar un análisis espacio-temporal de la estructura de la vegetación presente en la cabecera de la misma y determinar mediante análisis de fotografía e imágenes de satélite y pláticas con los pobladores del área, los cambios que los encinares han tenido a través del tiempo. El entendimiento de la dinámica de este tipo de vegetación permitirá contar con la información básica

para establecer propuestas relacionadas con la conservación, uso y restauración de los encinares considerados, dada su ubicación en la cabecera de la subcuenca como un elemento fundamental en la dinámica y conservación de la misma.

## **IV.OBJETIVOS**

### **IV.I. Objetivo general:**

Realizar un análisis espacio-temporal y estructural de los encinares de la Subcuenca Tábula-Picachos, para la identificación de las zonas aptas para restauración y conservación.

### **IV.II. Objetivos particulares:**

Analizar la dinámica espacial de los encinares a través de la cartografía disponible (1986,1993, 2003 y 2008).

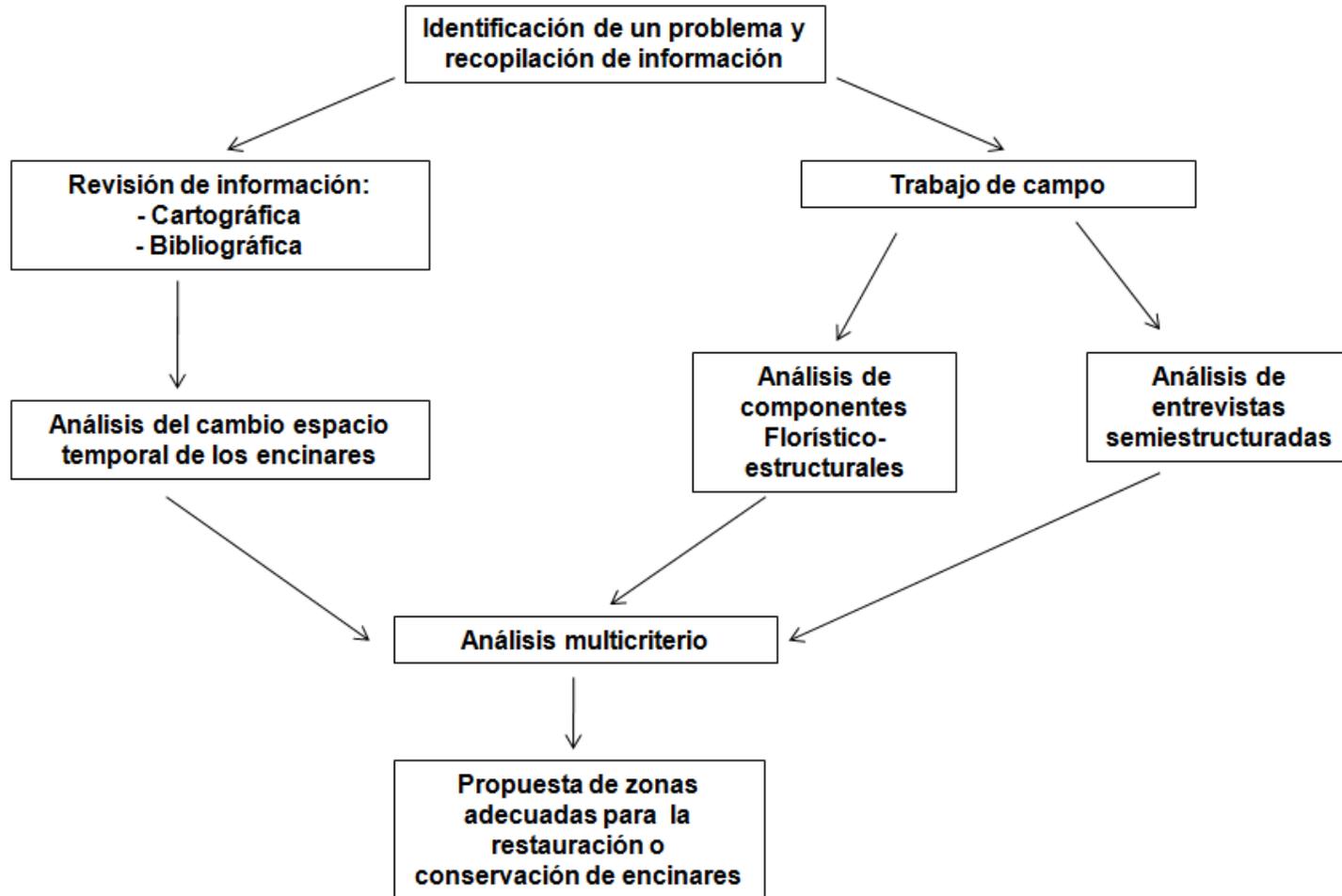
Caracterizar la estructura y composición florística de los encinares de la Subcuenca Tábula-Picachos.

Conocer la percepción que los pobladores de la Subcuenca tienen de los encinares.

Identificar las áreas adecuadas para la restauración y/o conservación de los encinares de la subcuenca.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### V.I. Diagrama metodológico.



## **V.II. Descripción metodológica**

En primera instancia se identificó un problema de la zona de estudio, que representara un amplio interés ambiental y social y que al mismo tiempo reflejara la dinámica de la cuenca en estudio, en base a ello, se plantearon los objetivos y se realizó una extensa revisión de literatura, simultáneamente se recopilaron otro tipo de materiales como imágenes satelitales y ortofotos así como cartografía ya existente de la zona de estudio.

Se analizó la información existente sobre todo la cartográfica para ubicar las zonas de encinares presentes en la Subcuenca y en base a ello se planearon las salidas de campo.

### **V.II.1. Zona de estudio**

La Subcuenca Tábula-Picachos se localiza en la región hidrológica XVIII Lerma-Chapala-Santiago, esta Subcuenca ha recibido distintos nombres: *Cuenca alta del Río Laja* (CNA 2002), *Cuenca de la independencia* (Ortega et al 2000), *Cuenca San Miguel de Allende* (Carranza 2006) y *Subcuenca Ignacio Allende* (Cotler 2004)

Cuenta con una extensión de 390.22 km<sup>2</sup> y se encuentra en el municipio de San Miguel de Allende, Guanajuato. Se ubica en las coordenadas extremas de la proyección UTM (datum ITRF92): X superior = 310,146.62 Y superior = 2,318,195.33 X inferior = 346, 337.58 Y inferior = 2, 300, 752.05 (Figura 6).

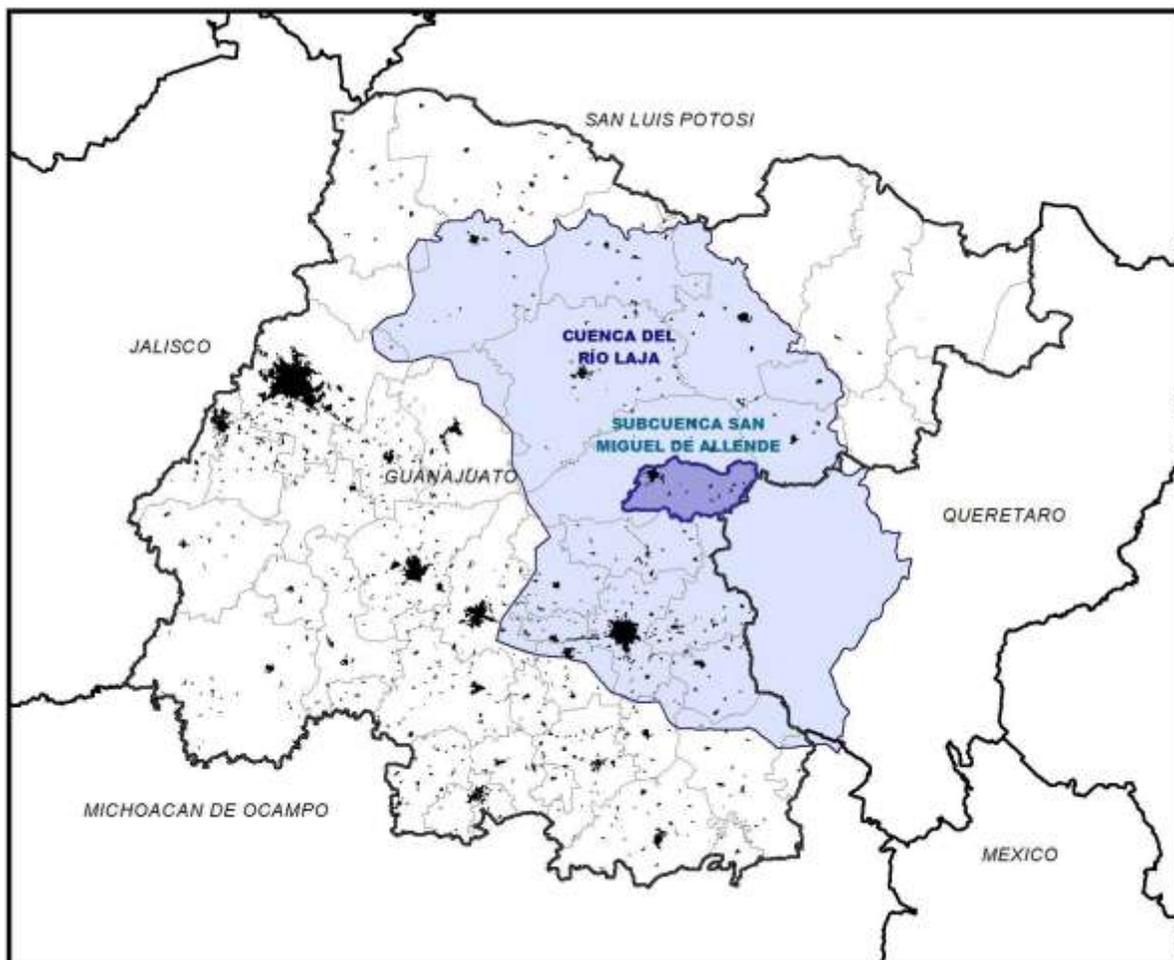


Figura 6. Mapa de ubicación espacial de la Subcuenca Támula-Picachos, también nombrada por algunos autores como Subcuenca San Miguel de Allende.

Comprende nueve microcuencas: Alcocer, Cerritos, El Huizachal, Guadalupe de Támula, Puerto de Nieto, San Marcos Begoña, San Miguel de allende, Santa Teresita de Don Diego y Sosnabar. En la subcuenca existe una población de 82,929 habitantes, esto representa el 59.7% de la población total del municipio. Comprende 116 localidades. Más del 50% de las localidades de la subcuenca tienen índices de marginación alta y muy alta; el 30% índice de marginación media (Pineda, 2010).

La mayor parte de la superficie de la subcuenca incluye terrenos de pequeña propiedad, que cubre alrededor de 24 706 ha, mientras que existen 19 ejidos con diversas extensiones, que cubren aproximadamente un tercio (36.6%) de la superficie de la cuenca (14,311 ha). La mayor parte de estos terrenos ejidales se ubican la zona de cabecera de la subcuenca, especialmente en las microcuencas Huizachal, Puerto de Nieto, San Marcos Begoña, Sosnabar y Guadalupe Támara.

Los ejidos que cuentan con encinares son: Don Juan Xido y Doña Juana en Los Picachos, Fajardo y Santas Marías en Támara y Puerto de Nieto en la Márgara, cabe mencionar que la mayoría de los encinares se encuentran bajo el régimen de pequeña propiedad.

En cuanto a vegetación, es importante destacar que los ecosistemas naturales han sido modificados por actividades antrópicas principalmente, entre las que podemos mencionar: asentamientos humanos, agricultura de riego y temporal entre otras de menor extensión. La vegetación natural está compuesta principalmente por bosque de encino, selva baja caducifolia, matorral xerófilo crassicaule, matorral espinoso (mezquital), vegetación riparia y pastizal. Cada uno de estos presenta distintos tipos de perturbación. De acuerdo a un uso de suelo y vegetación (escala 1:75 000) generado para la subcuenca con ortofotos de INEGI, el 68.9% de la superficie del sistema corresponde a agricultura de temporal, agricultura de riego, pastizales inducidos, áreas urbanas, caseríos y granjas. Tan solo el 30.5% corresponde a algún tipo de vegetación distribuida en principalmente en el volcán Palo huérfano (Picachos), volcán La Joya (Támara) y El cerro La Márgara, que conforman el parteaguas de la Subcuenca del cual 79% se encuentra perturbado principalmente por ganadería extensiva.

## V.II.2 Análisis espacio- temporal de los encinares

Uso del suelo, se refiere al resultado de las actividades socioeconómicas que se desarrollan (o desarrollaron) sobre una cobertura (Anderson et al., 1976). Estas actividades se relacionan con la apropiación de recursos naturales para la generación de bienes y servicios como infraestructura, zonas ganaderas, agrícolas etc.

La cartografía utilizada de uso de suelo y vegetación (Córdova, 2010) de los años 1993, 2003 y 2008 se realizó de manera visual, utilizando el software ArcView 3.2, a través de la poligonización de imágenes, a una escala 1:10 000, diferenciando en el proceso, los tipos de uso del suelo y la vegetación, a partir de las texturas y coloración de los objetos.

El mapa de uso de suelo y vegetación de 1986 se realizó de la misma forma. La elaboración de un mapa de uso de suelo y vegetación implica el reconocimiento de distintas coberturas y formas de ocupación del suelo en un territorio, a través de sensores remotos o imágenes que permiten obtener información acerca de la superficie de la tierra. Para lo cual se utilizaron imágenes LANDSAT.

Imágenes LANDSAT. Para generar un mejor monitoreo de los cambios en la vegetación, se descargaron imágenes LANDSAT TM. De estas imágenes se utilizaron tres bandas multiespectrales:

- La banda 3, con un espectro de 0.63- 0.69  $\mu\text{m}$  (rojo), es una banda de absorción de clorofila, útil para la clasificación de la cubierta vegetal.

- La banda 4, con espectro de 0.76- 0.90  $\mu\text{m}$  (infrarrojo cercano), útil para determinar el contenido de biomasa, la delimitación de cuerpos de agua y la clasificación de las rocas.

- La banda 5, con espectro de 1.55 1.75  $\mu\text{m}$  (infrarrojo medio), indica el contenido de humedad de la vegetación y el suelo.

La combinación de las bandas en orden 4, 5,3 permite obtener una imagen de falso color RGB, cuyos espectros permiten diferenciar los tipos de vegetación por la humedad que emiten (verdes, anaranjados y rojizos) (Figura 7). (Sorani *et al.*, 1996)

La interpretación de las imágenes se realizó de manera visual, utilizando el software ArcView 3.2, a través de la poligonización de las mismas a una escala 1:10 000, diferenciando en el proceso, los tipos de uso del suelo y la vegetación, a partir de las texturas y coloración de los objetos.

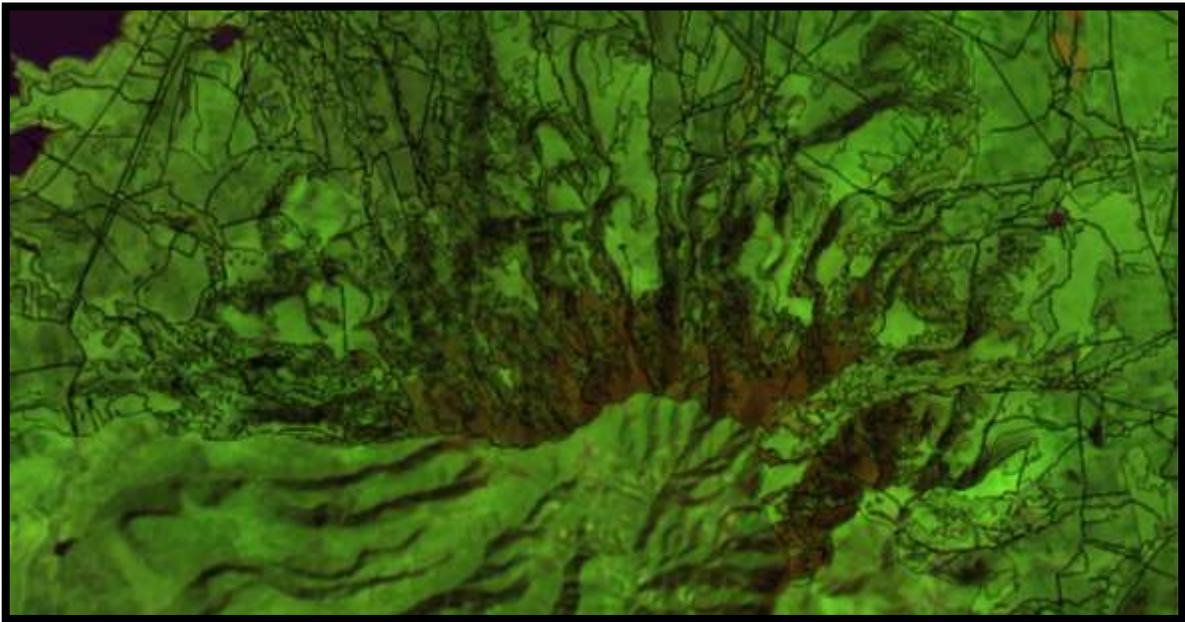


Figura 7. Interpretación de imagen satelital

A partir de los mapas de usos de suelo generados, se realizó un análisis cartográfico con diversas fuentes de información cubriendo un periodo de 22 años, en el cual se analizaron los cambios ocurridos en los encinares (año 1986, 1993, 2003 y 2008).

## V.II.3 Trabajo de campo

### V.II.3.1 Cuadrantes

Para la selección de los cuadrantes se utilizó el mapa de uso de suelo y vegetación 2008 (Córdova, 2010), en donde se ubican las zonas conservadas y perturbadas de los encinares así como su accesibilidad. Una vez seleccionado el sitio de muestro y con el objetivo de determinar la estructura de la vegetación, el método utilizado fue el de cuadrantes, el cual tuvo un área de 900 m<sup>2</sup>, seleccionados al azar, para obtener una adecuada representación de la comunidad (Brower *et al.*, 1997).

Para determinar el tamaño del cuadrante se utilizó el método de área mínima de muestreo o acumulación de especies. Cuando la curva se estabilizó, el tamaño del área en este momento se consideró como el “área mínima de muestreo” (Braun-Blanquet, 1950).

De este modo se inició con un cuadrante de 5 x 5 m<sup>2</sup>, posteriormente 10 x10 m<sup>2</sup> y 20 x20m<sup>2</sup> la curva se estabilizo cuando se realizaron los cuadrantes de 30 x 30m<sup>2</sup>, medida también sugerida por (Salvador, 2004). De este modo el área definida para cada cuadrante es de 30 m<sup>2</sup>, cubriendo una superficie de 900 m<sup>2</sup> para cada cuadrante. Para medir los cuadrantes se utilizó un flexómetro y para marcarlos se usaron piolas de 30 m cada una. El número de cuadrantes fue determinado de acuerdo a la superficie, y con base a trabajos anteriores en la zona (Gutiérrez, 2008). De este modo, se establecieron 12 cuadrantes, cuatro en cada sitio: Picachos, La Márgara y Tábula.

Comúnmente se asume que la cobertura del dosel o follaje arbóreo está relacionada con el corte transversal del tronco (Diámetro a la altura del pecho, DAP). Por ello en cada uno de los cuadrantes se tomó el diámetro a la altura del pecho de todos los árboles y arbustos con diámetro mayor 5 cm. El perímetro a la

altura del pecho (PAP) se midió con cintas métricas, posteriormente se convirtió en Diámetro a la altura del Pecho (DAP) y por último en área basal (AB).

Se midió la cobertura de la copa con ayuda de un flexómetro, el eje mayor y el eje menor de cada árbol, también se midieron las alturas de los individuos presentes superiores a 1 m, con ayuda de un flexómetro o a través de la cruz del leñador, para lo cual primero se tuvo que estandarizar la medida.

Se aplicó la metodología del Índice de Valor de Importancia (IVI) sugerida por Lamprecht (1990). Este índice es una medida de la dominancia de una especie en relación con la totalidad de especies registradas en un muestreo; puede ser indicativo del éxito ecológico de la especie evaluada. Se utiliza para el análisis de los parámetros ecológicos ya que es un buen descriptor de la importancia de la especie en el lugar (Matteuci, 1982). Se obtiene de la suma de la Abundancia relativa, Frecuencia relativa y Dominancia relativa (Área basal).

La abundancia relativa es la proporción porcentual de cada especie entre el número total de los árboles multiplicados por 100

$$A = N/T * 100$$

N= Número de individuos por cada especie

T= Total de individuos

La frecuencia relativa de una especie, se obtienen a partir del porcentaje de la suma de una especie entre la suma de las frecuencias de todas las especies multiplicado por 100

$$F = F / SF * 100$$

F= Frecuencia absoluta

SF= Sumatoria de las frecuencias de todas las especies.

La Dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área basal total evaluada, multiplicado por 100

$$Dr = Ae/At * 100$$

Ae= Área basal de cada especie

At= Área basal del total de especies

De acuerdo a Lamprecht (1990), las especies con mayor valor de importancia funcionan como elementos diagnósticos en el ecosistema, a las cuales se encuentran superpuestas otras especies vegetales. En un sentido más amplio, son las responsables directas de la definición de la vegetación. El valor de importancia tiene como límite 300, que sería la suma de 100 en cada uno de los parámetros. Un valor de 300 para una especie indicaría que ésta es la única especie existente en un área muestreada, es decir un rodal monoespecífico. Por lo tanto la suma de los Valores de Importancia de todas las especies debe dar un total de 300 donde las comunidades arbóreas son multiespecíficas

En cada cuadrante se identificaron las especies arbóreas y arbustivas presentes y se obtuvo el Índice de Valor de Importancia (IVI). Se realizaron colectas de los individuos y se prensaron, se elaboró su ficha botánica y posteriormente se identificó con ayuda de claves dicotómicas y consultas de herbario.

Las colectas botánicas fueron identificadas y depositadas en el herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Con los índices y parámetros obtenidos se corroboró la información cartográfica y el estado que se reporta de la vegetación, pues los datos florísticos y la distribución de los mismos arrojan datos fieles de la estructura de los encinares permitiendo así dar propuestas viables para el establecimiento de las zonas adecuadas a restaurar dentro de los encinares de la subcuenca.

### ***V.II.3.2 Entrevista semiestructurada***

Cualquier intento de manejo y conservación de recursos naturales requiere de la participación de las comunidades, por ello es fundamental involucrar a la población en trabajos de restauración y conservación, o simplemente cuando se analizan los cambios estructurales del ecosistema, ya que con la información que proveen explican muchas de las modificaciones que han sucedido en el territorio, básicamente por el uso de recursos forestales. Jurídicamente el acceso a los recursos forestales, entiéndase maderables y no maderables están protegidos por la ley forestal que establece que estos recursos son propiedad del estado y su aprovechamiento debe ser solicitado al estado y debe realizarse en base a planes de manejo.

Por lo que la interacción con la gente es fundamental no solo para la obtención de la información en un sentido sino que se les pueda transmitir a los pobladores la importancia de conocer y valorizar sus recursos naturales así como hacerles mención de la legislación existente y se genere en ellos una apropiación y posteriormente un manejo adecuado de los mismos.

La sistematización de la información cualitativa que se obtuvo se trabajó bajo un enfoque crítico interpretativo, ya que se buscó describir e interpretar prácticas sociales y económicas, relacionadas con los recursos naturales, específicamente a la vegetación de la subcuenca, dando un lugar privilegiado al punto de vista de los pobladores, y a la historia local. Las investigaciones cualitativas utilizan diferentes métodos, técnicas e instrumentos para acercarse a la realidad investigada, en este caso se utilizó la fuente oral, la cual es adecuada para recoger de los pobladores las opiniones, percepciones e intuiciones. Para conocer la percepción actual y real de los pobladores hacia los encinares se realizaron entrevistas que permitieron establecer un diálogo con el informante y visualizar aspectos importantes de la comunicación no verbal que surgen en ese momento. La entrevista fue abierta o semiestructurada (más que un cuestionario fue una conversación abierta y fluida entre el entrevistador y el informante).

Normalmente las entrevistas fueron individuales, pero, hubo casos en que el matrimonio participaba aportando información y complementando las ideas.

En este sentido, se realizaron entrevistas semiestructuradas principalmente a los ejidatarios involucrados; procedentes de los ejidos Don Juan Xido, Doña Juana, Fajardo, Santas Marías y Puerto de nieto dando un total de cinco ejidos, pues son los ejidos que fungen como propietarios en algunas zonas de los encinares distribuidos en la subcuenca, también se incluyeron algunas de las comunidades más cercanas a los encinares como Sosnabar, Fajardo de bocas, Alcocer etc., ya que no solo los ejidatarios son los usuarios de los encinares, sino también pequeños propietarios y avecindados.

Se tomó como unidad de muestreo al ejido, el cual es un sistema de tenencia que se creó en México como resultado de la Revolución Mexicana para garantizar que la población rural más necesitada tuviera acceso a tierra para cultivar y vivienda.

El reparto agrario se extendió por 62 años y se repartieron más de 100 millones de hectáreas de tierra o el equivalente a 52% de la tierra cultivable en el país. El sistema de tenencia en el ejido incluye tierra parcelada, tierra de uso común y solares urbanos. El órgano regulador del ejido es la Asamblea Ejidal, la cual es presidida por el Comisariado Ejidal. Los ejidatarios tienen derecho a participar y votar en la asamblea, tener acceso a las tierras de uso común y a explotar el usufructo de su parcela individual.

En 1921 se establece el concepto de que la parcela ejidal es indivisible por herencia y se prohíbe rentarla o transferirla, así como alquilar pastos y montes, concepto que se perfecciona en la ley reglamentaria sobre reparto de tierras ejidales de 1925, mientras que por decreto de julio de ese mismo año se prohíben la celebración de contratos de arrendamiento y de cualquier acto jurídico que tienda a la explotación indirecta o por terceros de los terrenos ejidales comunales, incorporándose estos preceptos en los códigos agrarios de 1934 y 1940 (Galeana F S/F).

Posteriormente, en 1992 se aprueba una modificación al Artículo 27 de la Constitución Mexicana, el cual legisla sobre el ejido, para reformar el sector social

con el objetivo de modernizarlo la reforma incluyó también la opción de los ejidos de adquirir el dominio pleno para poder obtener la calidad de propiedad privada sobre sus parcelas. El dominio pleno permite a los ejidatarios vender sus parcelas libremente en el mercado (Zepeda 2000).

Entre los ejidatarios es común que la tierra sea considerada un patrimonio familiar por lo que, algunos de ellos han poseído su parcela desde que comenzó el reparto agrario, por lo tanto, para fines de esta investigación se considero al ejido como la unidad funcional más antigua en la zona y de mayor arraigo, en donde el uso del suelo y las prácticas realizadas en él, son transmitidos de generación en generación, ofreciendo información veraz, actual e histórica.

De los 5 ejidos inmersos en los encinares se aplicaron en total 11 entrevistas semiestructuradas en su mayoría a hombres mayores de 40 años, quienes tienen los cargos de presidente ejidal, secretario ejidal y ejidatarios, también se realizaron 7 pláticas informales con habitantes menores de los 40 años que fungen dentro de la subcuenca como pequeños propietarios y avecindados, ya que los ejidatarios no son los únicos usuarios de los recursos dentro de la subcuenca. Dentro de estas pláticas se incluyeron a mujeres, para obtener información amplia que abarque un mayor rango de edades y usos.

#### **V.II.4 Análisis multicriterio.**

El análisis multicriterio es un método que permite orientar la toma de decisiones a partir de varios criterios comunes. Este método se destina esencialmente a la comprensión y a la resolución de problemas de decisión.

De esta forma, tomando como base diversos criterios, se pueden integrar, en un contexto prospectivo o retrospectivo, la diversidad de las opiniones para emitir un juicio.

A través del análisis se elaboró

- un conjunto de criterios que permita formar juicio sobre las acciones a realizar
- una tabla de valoración de las acciones por criterio
- una clasificación por orden de preferencia.

Los criterios utilizados para la elaboración de una propuesta de zonas adecuadas para conservación y/o restauración se muestran en la tabla 3.

Estos criterios fueron propuestos, discutidos y validados por expertos en el área de cuencas, vegetación, ecología y sistema de información geográfica, finalmente se obtuvo un listado final de criterios ponderados, la definición conceptual de cada uno y bajo el enfoque de localizar las zonas adecuadas para la conservación y restauración de los encinares de la subcuenca.

De acuerdo a los requerimientos ambientales de las especies nativas que conforman la estructura de los encinares y la información cartográfica disponible, las variables que se tomaron en cuenta fueron: Cobertura vegetal, edafología, altitud, y presión. La valoración entre criterios consistió en la ponderación de los mismos en una escala porcentual, según su grado de influencia sobre los encinares.

Cuadro 3. Criterios y atributos para el análisis

<b>Criterios</b>	<b>Atributos</b>
cobertura vegetal de los encinares	Mapa de usv de 1986, 1993, 2003, 2008
Edafología.	Feozem haplico con fase lítica y textura gruesa
Altitud	Rangos de altitud
Presión	Presión ganadera, accesibilidad, poblaciones

#### ***V.II.4.1 Cobertura vegetal.***

Esta capa se obtuvo a través de la suma cartográfica de los diversos usos del suelo de la subcuenca. Se utiliza esta variable con el fin de identificar las zonas que tienen una vocación forestal pero que a través de los años han tenido modificaciones en el uso del suelo, además de descartar áreas no adecuadas para la restauración como cuerpos de agua, áreas actualmente densas de bosque y zonas urbanas.

#### ***V.II.4.2 Edafología.***

La subcuenca presenta diversidad en sus tipos de suelo, sin embargo para el género *Quercus*, el suelo en que se desarrollan óptimamente es feozem haplico, con fase física lítica y textura gruesa a mediana en los primeros 30 cm superficiales (Martínez, 1981). El feozem haplico se caracteriza por presentar una capa superficial oscura (horizonte A mólico), rica en materia orgánica y nutrientes. Es de textura media, con estructura granular en la parte más superficial y bloques subangulares en la siguiente capa que, en conjunto con la porosidad, confieren al suelo buenas condiciones aeróbicas y por lo tanto un buen drenaje interno, lo que permite la penetración de raíces y se infiltre el exceso de agua (INEGI, 2010)

#### ***V.II.4.3 Altitud***

La cobertura de altitud, se obtuvo con la utilización del Modelo Digital de Elevación (MDE). Para la cobertura de altitud se realizó un recorte del MDE con la función OVERLAY, sobreponiendo el límite del área de estudio con el MDE. Debido a la topografía del área de estudio, fue necesario usar límites altitudinales máximos y mínimos, los rangos que se utilizaron fueron cuatro, la altitud inferior utilizada fue de 1800 a 2000 y la máxima de 2400 a 2800 msnm, esto con base a los datos obtenidos en campo.

#### ***V.II.4.4 Presión***

Determinar la presión que han ejercido las diferentes actividades humanas para conocer su influencia en la dinámica ecológica de un territorio es importante para pronosticar el éxito a fracaso de las actividades a realizar. Para ello se aplicó una metodología para realizar una capa que incluya la presión ganadera y la presión de la población humana (proximidad de poblados y accesibilidad). Con esta capa se pueden entender las diferencias espaciales que se producen en los encinares a través del periodo analizado

Las técnicas de análisis para la toma de decisión multicriterio requieren, por lo tanto, que cada criterio se estandarice, se le asigne un valor de importancia con respecto a los demás criterios y finalmente se evalúe en conjunto, con lo que se obtiene una evaluación de cada alternativa estudiada.

El análisis multicriterio necesita que los criterios sean comparados o combinados, para esto, los valores fueron normalizados o estandarizados en unidades comparables. Una vez determinados los criterios y sus atributos (factores y restricciones) fue necesario asignar un peso a los mismos.

### V.II.5 Proceso analítico jerárquico: Comparación pareada

Uno de los métodos más utilizados para hacerlo, es mediante el Proceso Analítico Jerárquico propuesto por (Saaty, 1978), el cual consiste en asignar un valor de importancia relativa por pareja de criterios, y hacer comparaciones pareadas o binarias entre estos, a partir de una matriz cuadrada inversamente simétrica, en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar (Cuadro 4).

Se considera la escala de importancias relativas, para asignar los valores a cada criterio.

1= Igualmente preferida

3= Moderadamente preferida

5= Fuertemente preferida

7= Muy fuertemente preferida

9= Extremadamente preferida

Un rating recíproco (1/9,1/7,1/5,1/3.) se aplica cuando la segunda alternativa es preferida a la primera. El valor de 1 siempre se asigna a la comparación de una alternativa con sigo misma.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	

Cuadro 4. Matriz pareada

<b>Criterio</b>	Cobertura	Conectividad	Altitud	Presión
Cobertura	1	3	5	7
Edafología	1/3	1	3	5
Altitud	1/5	1/3	1	3
Presión	1/7	1/5	1/3	1

La manera de establecer las ponderaciones de los criterios con base en el método propuesto por Malczewski (2000) es obteniendo los valores normalizados de cada criterio, dividiendo cada elemento de la matriz por el total de su columna. Posteriormente, se calcula el peso de cada criterio, al sumar los valores normalizados de cada fila y dividirlos entre el número de criterios. La sumatoria total debe ser igual a la unidad (Cuadro 5)

Cuadro 5. Asignación de peso a los criterios

Criterio									Cálculo del peso	
	Cobertura	Edafología	Altitud	Presión	Cobertura	Edafología	Altitud	Presión	del peso	Peso del criterio
Cobertura	1	3	5	7	0.6	0.46	0.54	0.44	2.03	0.51
conectividad	0.33	1	3	5	0.2	0.15	0.32	0.31	0.99	0.25
altitud	0.2	2.33	1	3	0.12	0.36	0.11	0.19	0.77	0.19
presión	0.14	0.2	0.33	1	0.09	0.03	0.04	0.06	0.21	0.05
	1.68	6.53	9.33	16						<b>1</b>

## VI. RESULTADOS

### VI.I Tendencia espacio-temporal de los encinares

De acuerdo a los mapas de uso de suelo y vegetación (Usv), en un periodo de 22 años el bosque de encino han sufrido severas modificaciones, en general se han perdido 616.15 ha (Cuadro 6). Los bosque conservados muestran una mayor cobertura en el año 1986 (Figura 8), sin embargo para 1993 (Figura 9) hubo una reducción de 261.23 ha, en el 2003 la reducción fue de 110.12 ha (Figura 10) y para el año 2008 (Figura 11) se redujo prácticamente el doble con 244,8 ha.

En cuanto al bosque de encino perturbado los mapas analizados muestran que las extensiones se han modificado de una forma inversa, existen pérdidas de hectáreas y aparentemente también recuperación, sin embargo de forma general este bosque se ha mantenido constante en su extensión durante el periodo evaluado. De 1986 a 1993 hubo un incremento de este bosque de 161.33 ha, para el año 2003 hubo un decremento de 42.2 ha y para el 2008 éstas hectáreas volvieron a incrementarse (Figura 12).

Sin embargo, los recorridos y las observaciones de campo, no indican una ganancia en los bosques de encino en general, pese a los datos aquí presentados, más que un incremento a las encinares perturbados, es en realidad una disminución a los bosques de encino conservados (Figura 13), por las diversas presiones a los que están sometidos, principalmente la ganadería extensiva. Pues la presión más evidente es la apertura de nuevos pastizales en los alrededores de los encinares, aunado a esto, estas zonas no son circuladas, por lo que el ganado tiene acceso a la zona de encinos y se distribuye en las partes bajas, medias y más elevadas de los encinares, pese a las pendientes y el difícil acceso, lo cual ha generado una situación especial dentro de los encinos, a pesar de que existen árboles productores de semilla y la suficiente materia orgánica para su germinación, no se ha dado ese proceso de regeneración natural por el ramoneo al que están sometidas las plántulas de encino, lo cual ha impedido que existan plantas nuevas que den paso a la regeneración natural, por lo que es prioritario

desarrollar estrategias para la conservación de los encinares conservados y la restauración de los perturbados a fin de que se recupere la estructura en una parte tan importante de la subcuenca a la cual están supeditadas la parte media y baja de la misma.

Cuadro 6. Tendencia espacio temporal de los encinares.

<b>Vegetación</b>	<b>Usv 1986</b>	<b>Usv 1993</b>	<b>Usv 2003</b>	<b>Usv 2008</b>
<b>Bosque de encino conservado</b>	1161.32 ha	900.09 ha	789.97 ha	545.17 ha
<b>Bosque de encino perturbado</b>	1595.42 ha	1756.75 ha	1714.35 ha	1756.8 ha
<b>Bosque de encino general</b>	2756.74 ha	2656.84 ha	2504.32 ha	2301.97 ha
<b>Pérdida de encinares</b>		99.9 ha	152.52 ha	202.35 ha

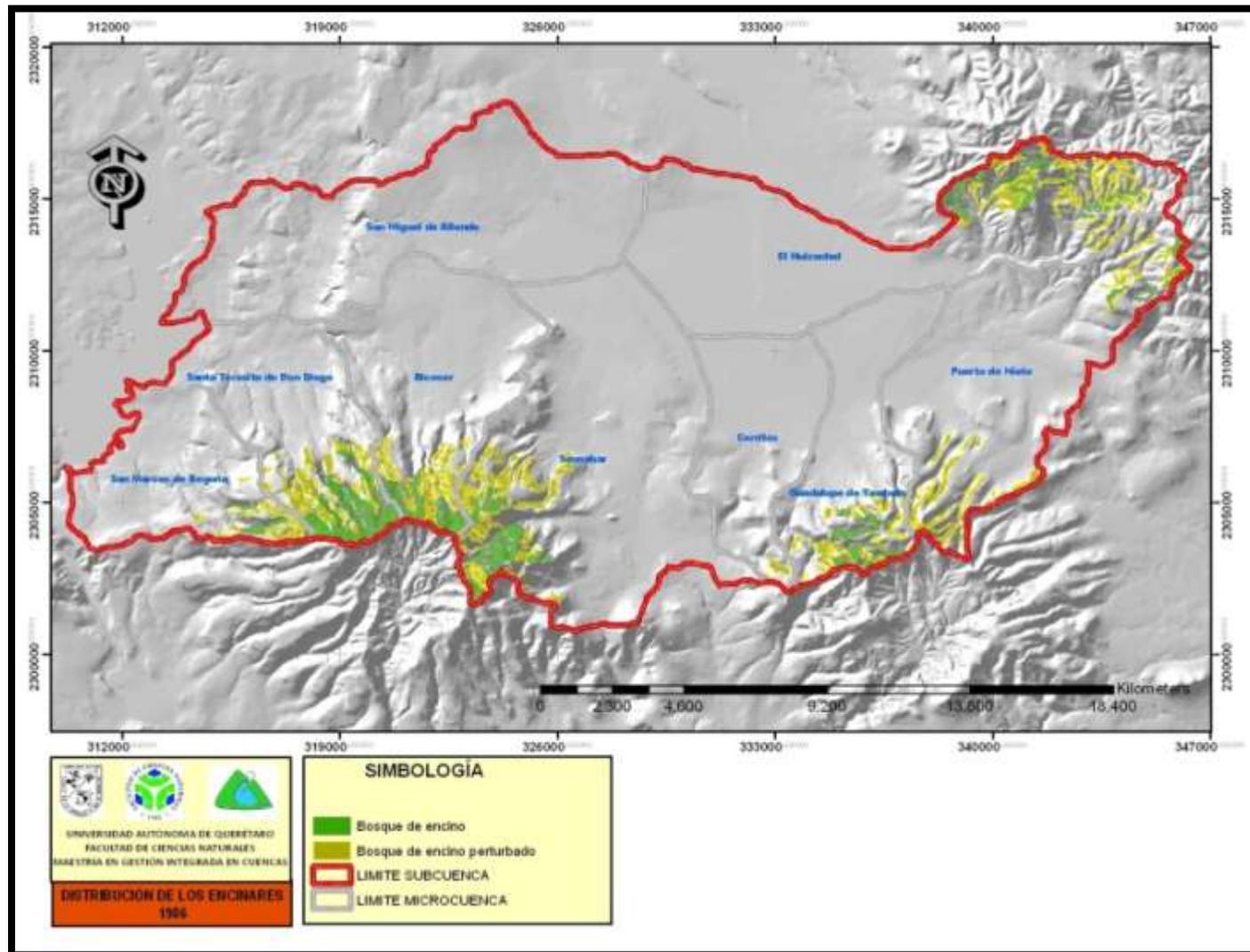


Figura 8. Distribución de los encinares en la subcuenca y su grado de conservación perturbación en el año 1986

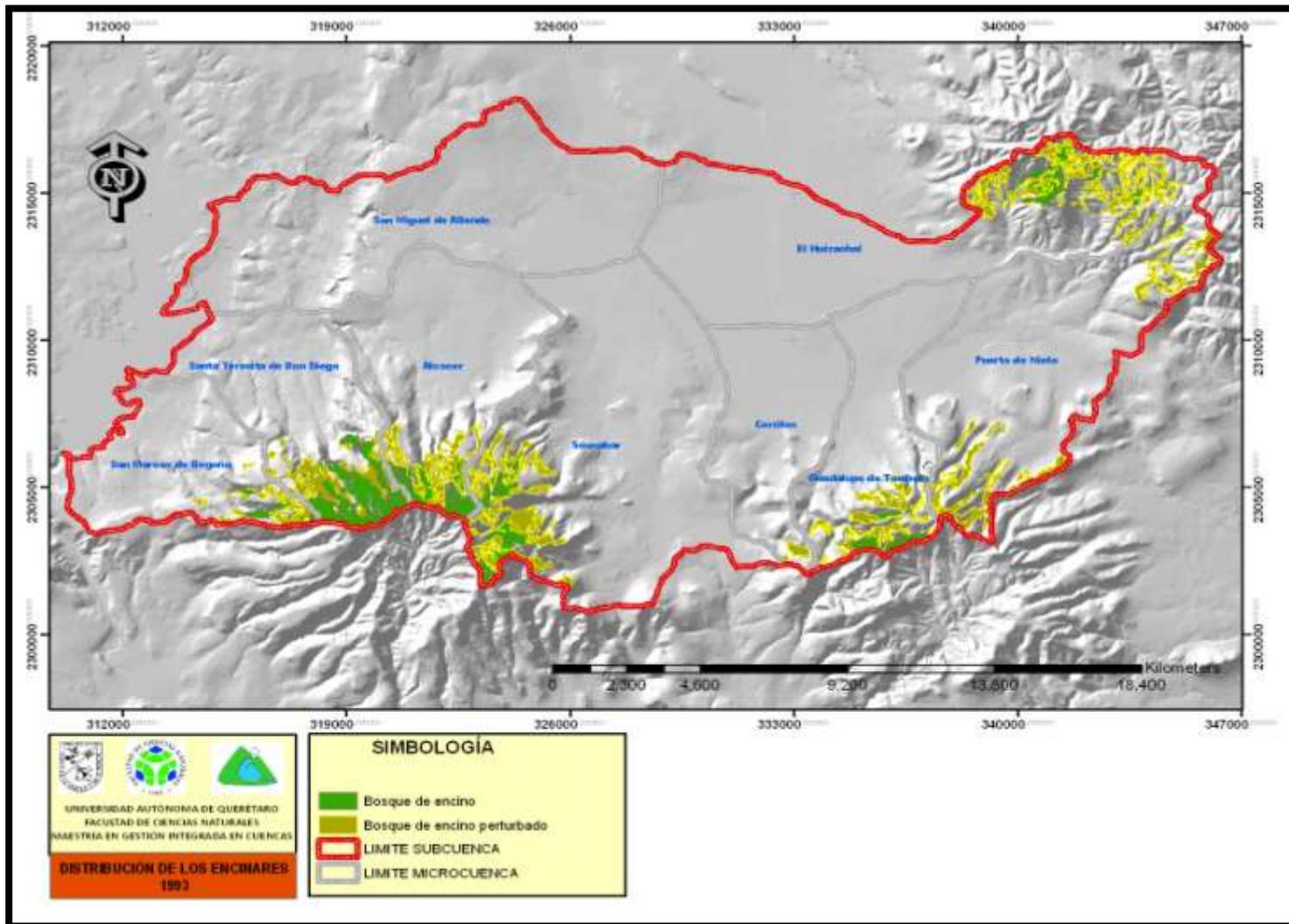


Figura 9. Distribución de los encinares en la subcuena y su grado de conservación perturbación en el año 1993

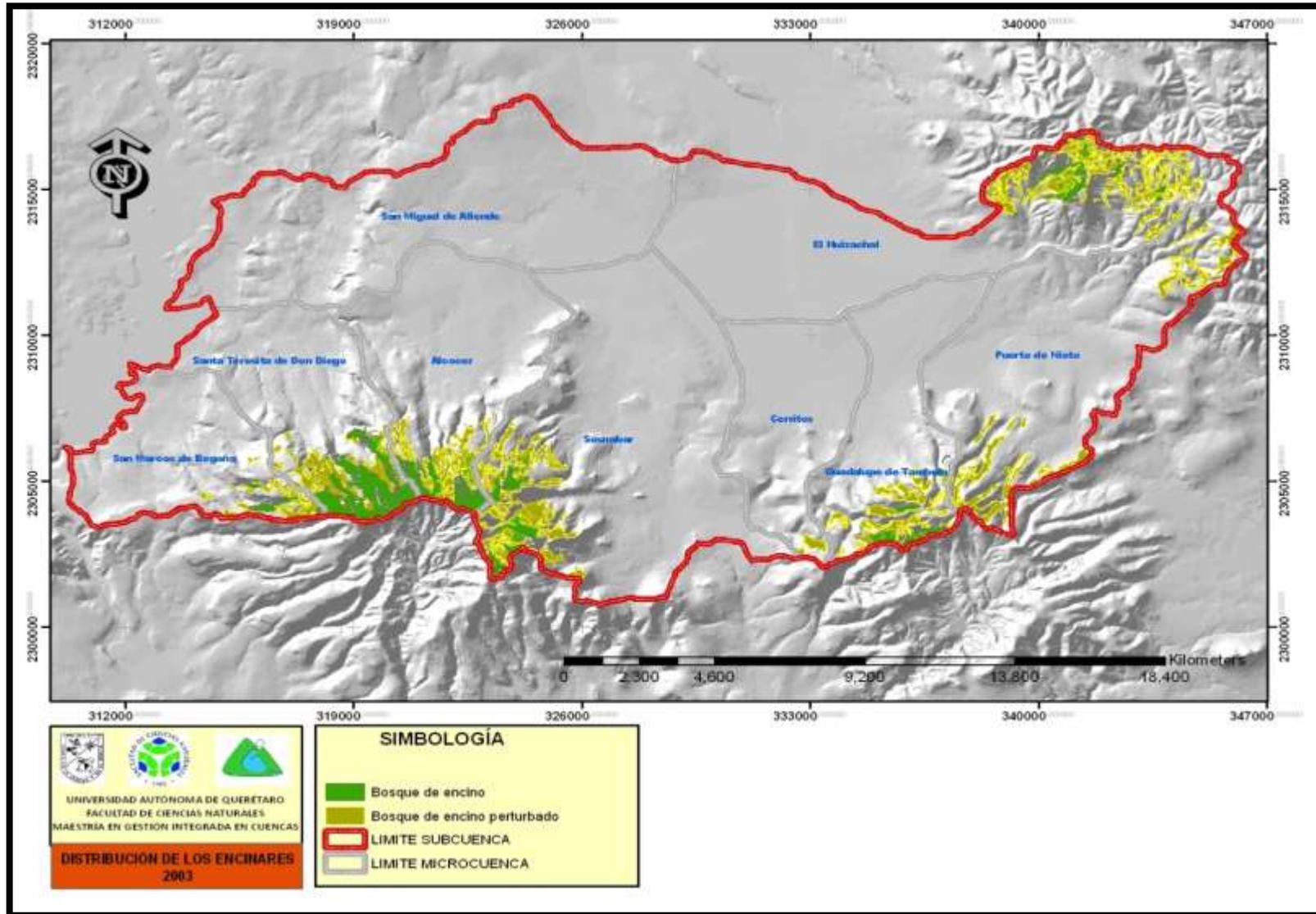


Figura 10. Distribución de los encinares en la subcuenca y su grado de conservación perturbación en el año 2003

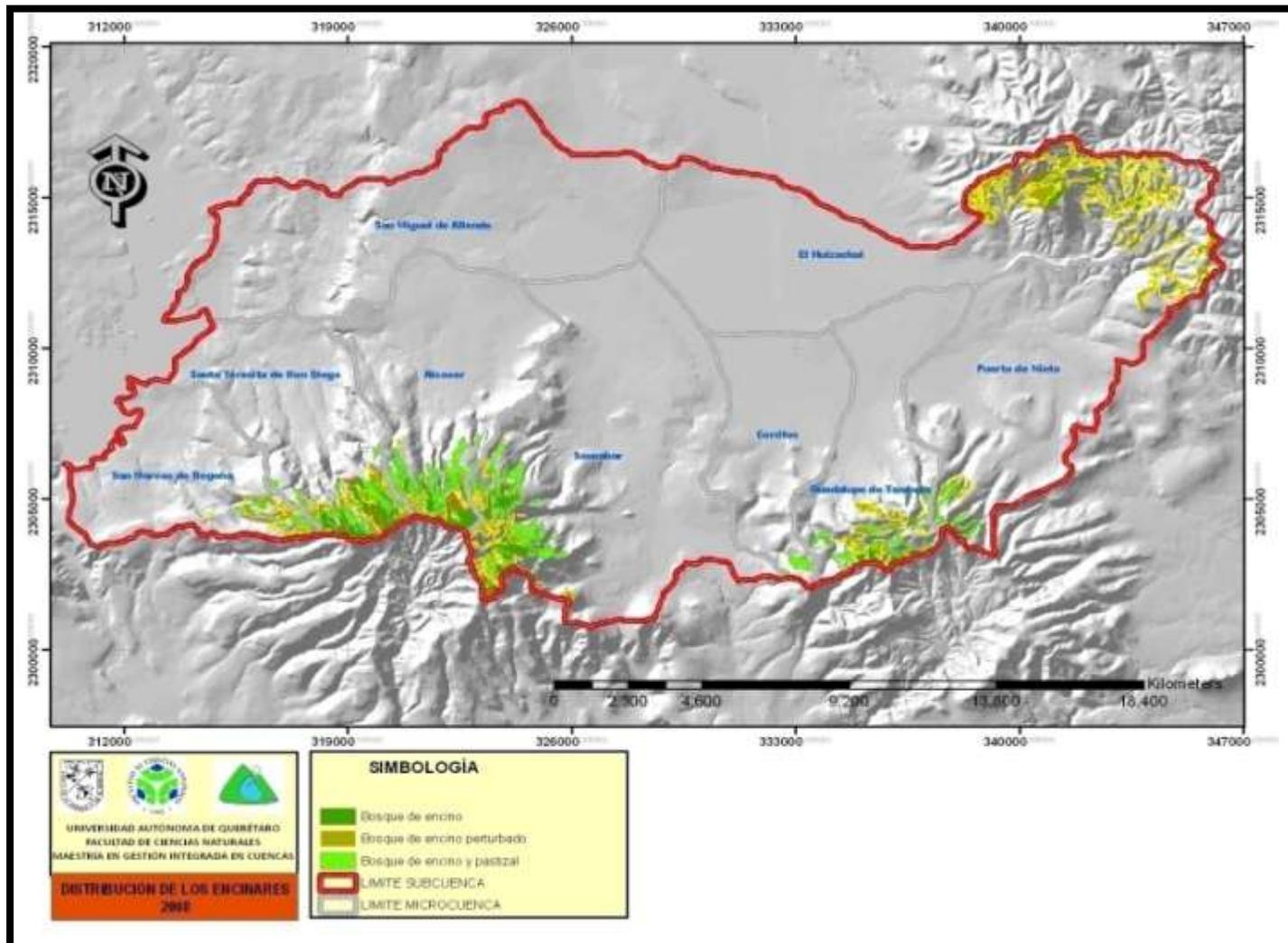


Figura 11. Distribución de los encinares en la subcuena y su grado de conservación perturbación en el año 2008

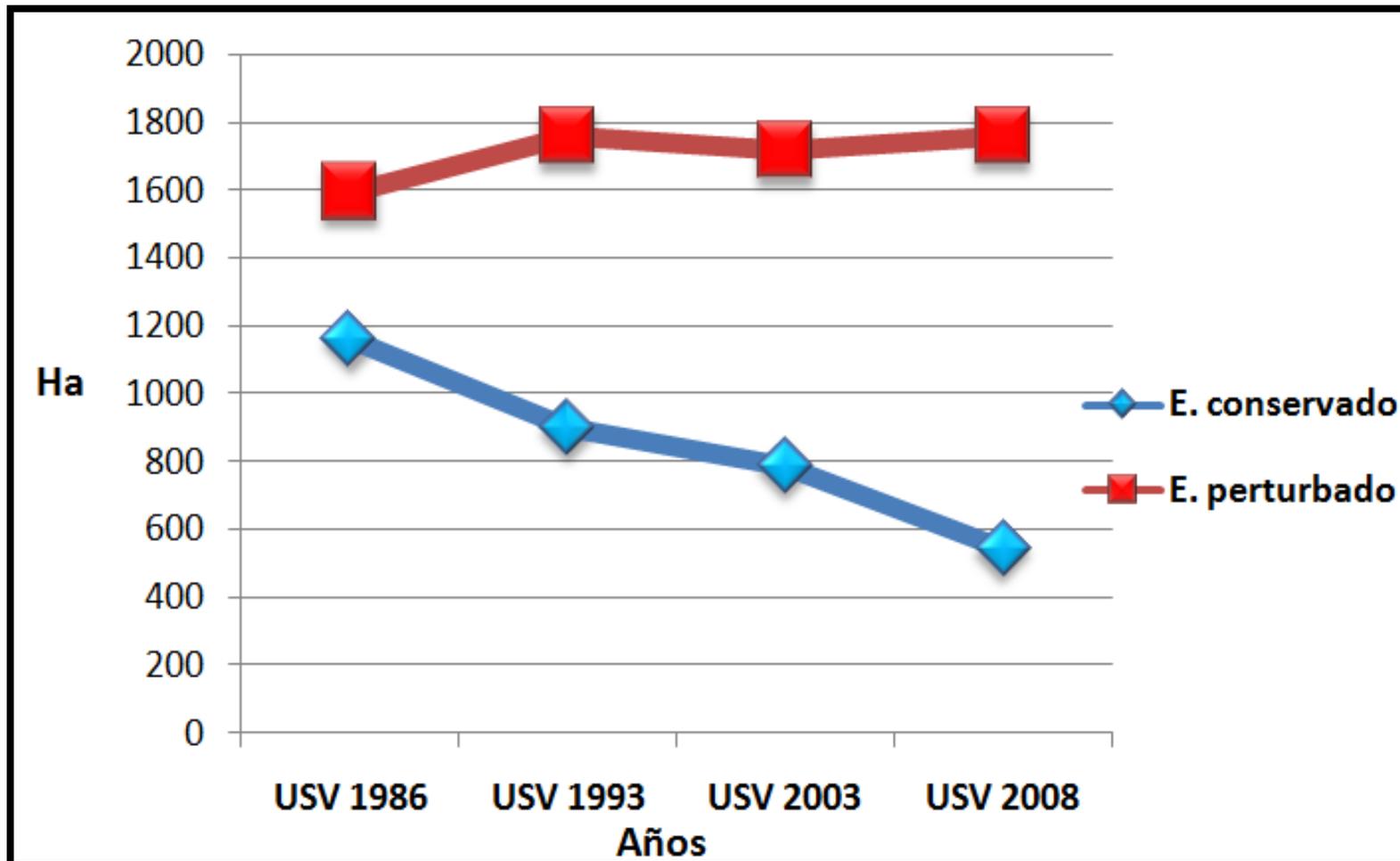


Figura 12. Tendencia de cambio de encinar conservado ha perturbado

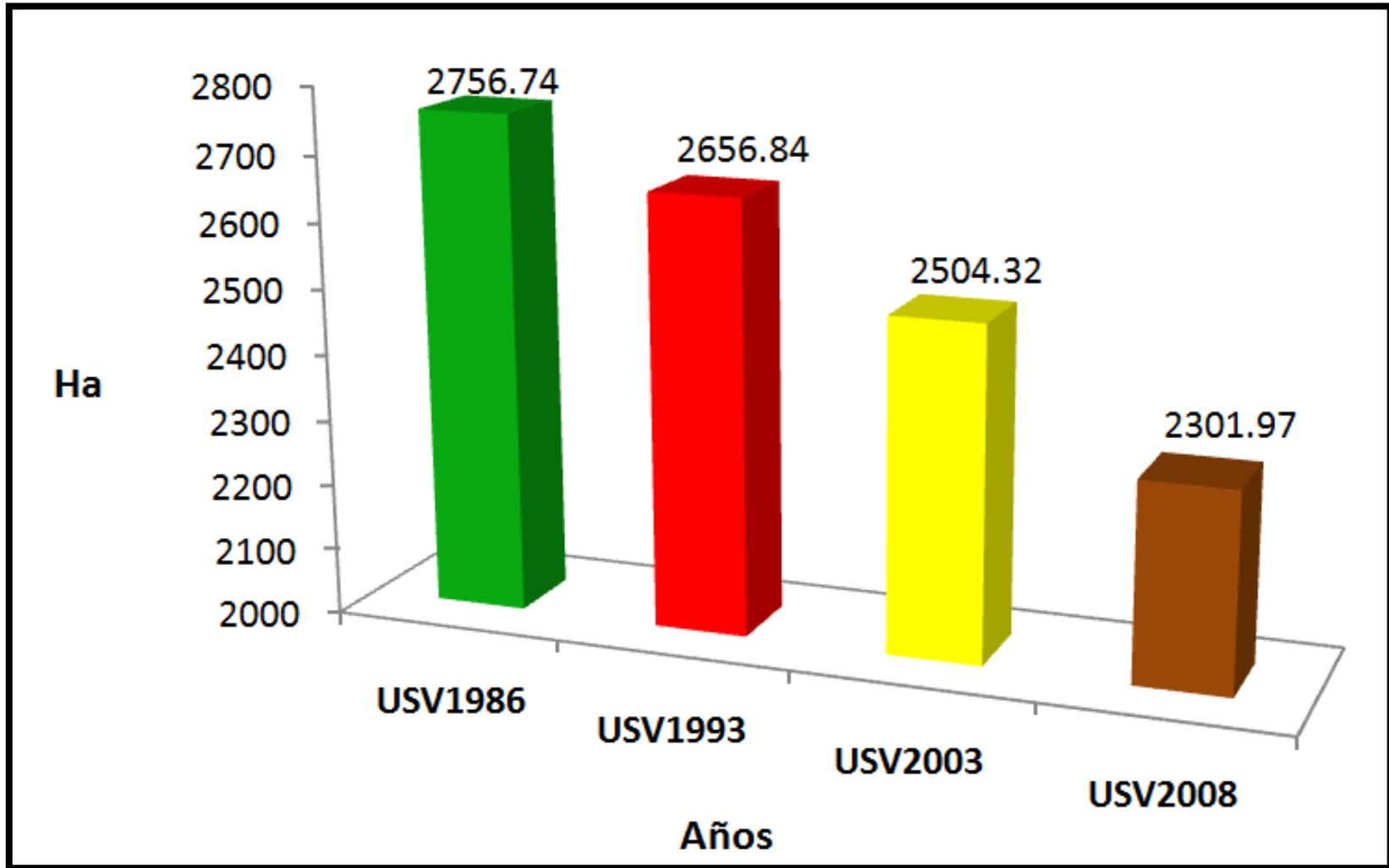


Figura 13. Cambios espacio temporales de los encinares en la subcuenca Tám-bula-Picachos

## **VI.II. Estructura**

Los encinares de la subcuenca Tábula-Picachos, poseen árboles en su mayoría caducifolios, siendo más evidentes en el cerro La Margara y el Volcán La Joya (Tábula) en los meses de enero a mayo, mientras que en el volcán Palo huérano (Los Picachos) la defoliación es menos evidente por la mayor disponibilidad de humedad que tienen al estar a mayor altitud con respecto a Tábula y la Márgara. Se encontraron 8 especies del género *Quercus* en la subcuenca siendo *Quercus rugosa* presento el valor de importancia más alto y *Quercus castanea* el valor más bajo.

Los sitios analizados (Tábula, Picachos y La Márgara) mostraron diferencias significativas en su estructura (Cuadro 7, 8 y 9).

### **VI.II.1. Volcán La Joya (Tábula)**

El volcán La Joya se encuentra a una altitud de 2810 m, tiene un encinar abierto con 272 individuos arbóreos y 105 arbustivos por ha, las especies con mayor densidad son *Quercus rugosa*, *Quercus desertícola* y *Forestiera durangensis*, con mayor frecuencia son *Quercus deserticola*, *Arbutus xalapensis* y *Forestiera durangensis* las especies con valores altos de cobertura son *Quercus rugosa* y *Quercus deserticola*, las especies tienen un DAP máximo de 56 cm y un mínimo de 3.1, la riqueza de especies fue de 15. El área basal es de 34 m<sup>2</sup>/ ha. Las especies con mayor valor de importancia son *Quercus rugosa*, *Quercus deserticola*, *Arbutus xalapensis* y *Forestiera durangensis*. *Quercus rugosa* presenta los valores estructurales más altos en la mayoría de las variables consideradas en comparación con las demás especies.

La Joya tiene especies de encinos con una amplia adaptación a ecosistemas húmedos o semiáridos, así como la presencia de otras familias de afinidad neotropical en su mayoría. El estrato arbustivo es considerable, contando con más elementos arbustivos que arbóreos, en donde predomina la familia Asteraceae, mientras que en el estrato herbáceo se pueden observar los helechos, selaginellas, begonias y salvias. En este encinar, la capa de hojarasca no superaba los 10 cm de grosor.

### **VI.II.2. Volcán Palo huérfano (Los Picachos)**

El volcán Palo huérfano alcanzan una altitud de 2810 m, tiene un encinar denso con 411 árboles y 72 arbustos por ha; las especies con mayor densidad son *Quercus obtusata* y *Quercus crassifolia*. Las especies con mayor frecuencia corresponden al género *Quercus* con 8.7, mientras que las demás, especies pertenecientes a otros géneros y familias tiene una frecuencia inferior de 4.3, lo que pone de manifiesto que el género *Quercus* tiene una frecuencia de 61% con respecto a los demás individuos presentes.

Las especies tienen un DAP máximo de 92 cm y un mínimo de 4.7; la riqueza de especies fue de 16. El área basal es de 46.9 m<sup>2</sup>/ ha. La especies con mayor valor de importancia son *Quercus rugosa*, *Quercus obtusata*, *Quercus crassipes* y *Quercus crassifolia*.

Los Picachos muestran mayor diversidad de especies del género *Quercus*, en este sitio se puede diferenciar claramente entre un ecosistema perturbado y el que no lo está. Sus alturas son superiores a las de los otros sitios así como sus áreas basales. Este sitio mostraba una capa de hojarasca de encino de hasta 20 cm de grosor, las especies arbustivas así como las herbáceas son prácticamente escasas.

### **VI.II.3. Cerro La Márgara**

El cerro La Márgara alcanzan una altitud de 2660 m, tiene un encinar con una densidad de aproximadamente 344 árboles y 122 arbustos por ha, las especies con mayor densidad son *Quercus deserticola* y *Eysenhardtia polystachya* aunque hay una diferencia considerable entre ellos como se puede observar en el cuadro 8. Las especies con mayor frecuencia son *Quercus deserticola* e *Ipomoea mucooides*. Las especies con los valores más altos en cobertura son *Quercus deserticola*, *Eysenhardtia polystachya* e *Ipomoea mucooides*. Las especies tienen un DAP máximo de 44.0 cm y un mínimo de 5.7

la riqueza de especies fue de 13. El área basal es de 34.5 m<sup>2</sup>/ ha. Las especies con mayor valor de importancia son *Quercus deserticola*, *Ipomoea murucoides*, *Opuntia sp* y *Eysenhardtia polystachya*.

La Márgara es un ecosistema especial, no puede considerarse como un encinar puro por el intrincado mosaico que se observa con especies neárticas y neotropicales, pese al dominio del género *Quercus*, entre las especies que cohabitan con los encinos en una relación a veces cercana al 50-50 es *Opuntia sp*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Bursera fagaroides* *Bursera sp*, entre otras. De los tres sitios este fue el que mostró un suelo con menor cantidad de hojarasca, inferior a los 5 cm, las rocas calizas son evidentes, en este sitio existen diferentes especies de la familia Cactaceae, incluso algunas del género *Mammillaria* se posan sobre los encinos.

Cuadro 7. Estructura cuantitativa del encinar en el volcán de La joya (Támbula) en la Subcuenca Támbula-Picachos.

Familia	Especie	Forma Biológica	Área basal (M <sup>2</sup> /Ha)	Densidad	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Valor de importancia
FAGACEAE	<i>Quercus rugosa</i>	A	13.53	33.1	7.4	45.3	85.8
FAGACEAE	<i>Quercus deserticola</i>	A	14.51	21.3	14.8	15.5	51.6
ERICACEAE	<i>Arbutus xalapensis</i>	A	2.43	2.9	14.8	14.6	32.3
OLEACEAE	<i>Forestiera durangensis</i>	a	1.04	11	14.8	1.9	27.7
RHAMNACEAE	<i>Condalia velutina</i>	a	1.95	2.2	3.7	15.7	21.6
ASTERACEAE	<i>Verbesina serrata</i>	a	0.32	5.3	11.2	1.6	18.1
CACTACEAE	<i>Opuntia sp.</i>	a	0.2	8.8	7.4	0.5	16.7
LAMIACEAE	<i>Salvia regla</i>	a	0.05	5.9	3.7	0.2	9.8
CACTACEAE	<i>Myrtilocactus geometrizans</i>	a	0.28	1.5	3.7	3.4	8.6
SAPINDACEAE	<i>Dodonea viscosa</i>	a	0.03	2.9	3.7	0.2	6.8
SCROPHULARIACEAE	<i>Lamourouxia dasyantha</i>	A	0.01	2.2	3.7	0.1	6
FABACEAE	<i>Acacia schaffneri</i>	A	0.07	1.5	3.7	0.8	6
CACTACEAE	<i>Echinocactus sp</i>	a	0.08	0.7	3.7	0.1	4.5
ASTERACEAE	<i>Baccharis sp.</i>	a	0.01	0.7	3.7	0.1	4.5
<b>Totales</b>				<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**A= Árboles**

**a= arbustos**

Cuadro 8. Estructura cuantitativa del encinar en el volcán Palo Huérfano (Los Picachos) en la Subcuenca Támara-Picachos

Familia	Especie	Forma biológica	Área basal (M <sup>2</sup> /Ha)	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor. Importancia
FAGACEAE	<i>Quercus rugosa</i>	A	20.81	8.03	8.7	57.44	74.17
FAGACEAE	<i>Quercus obtusata</i>	A	5.74	18.25	8.7	4.33	31.28
FAGACEAE	<i>Quercus crassipes</i>	A	3.59	13.14	8.7	7.53	29.37
FAGACEAE	<i>Quercus crassifolia</i>	A	2.72	14.6	8.7	5.54	28.83
FAGACEAE	<i>Quercus laurina</i>	A	1.67	3.65	8.7	11.25	23.6
FAGACEAE	<i>Quercus resinosa</i>	A	1.71	9.49	8.7	3.54	21.72
FAGACEAE	<i>Quercus deserticola</i>	A	9.11	2.19	8.7	5.74	16.62
ASTERACEAE	<i>Senecio salignus</i>	a	0.05	8.76	4.35	0.07	13.18
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea murucoides</i>	A	1.09	5.84	4.35	0.91	11.09
ASTERACEAE	<i>Bacharis salicifolia</i>	a	0.04	6.57	4.35	0.03	10.95
ASTERACEAE	<i>Verbesina serrata</i>	a	0.01	2.92	4.35	0.04	7.31
SAPINDACEAE	<i>Thouinia acuminata</i>	A	0.04	2.19	4.35	0.24	6.78
CACTACEAE	<i>Opuntia sp</i>	a	0.08	0.73	4.35	1.5	6.58
FAGACEAE	<i>Quercus castanea</i>	A	0.07	0.73	4.35	1.26	6.34
ERICACEAE	<i>Arbutus xalpensis</i>	A	0.14	1.46	4.35	0.47	6.28
OLEACEAE	<i>Forestiera durangensis</i>	a	0.01	1.46	4.35	0.11	5.92
<b>Totales</b>				<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

A= Árboles

a= arbustos

Cuadro 9. Estructura cuantitativa del encinar en el cerro La Márgara en la Subcuenca Tábula-Picachos.

Familia	Especie	Forma biológica	Área basal (M <sup>2</sup> /Ha)	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Importancia a
FAGACEAE	<i>Quercus deserticola</i>	A	10.88	55.95	20	6.5	82.45
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea murucoides</i>	A	2.33	7.14	15	10.89	33.04
CACTACEAE	<i>Opuntia sp</i>	a	2.04	5.95	10	11.45	27.4
FABACEAE	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	a	2.18	8.93	10	8.16	27.09
BURSERACEAE	<i>Bursera sp.</i>	A	0.33	0.6	5	18.64	24.24
FAGACEAE	<i>Quercus rugosa</i>	A	2.19	5.95	5	12.29	23.24
BURSERACEAE	<i>Bursera fagaroides</i>	A	0.72	2.38	5	10.15	17.53
CACTACEAE	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	a	0.36	1.79	5	6.81	13.59
FABACEAE	<i>Acacia Shaffneri</i>	A	0.29	1.79	5	5.45	12.23
RHAMNACEAE	<i>Condalia velutina</i>	a	0.25	3.57	5	2.34	10.91
SAPINDACEAE	<i>Dodonea viscosa</i>	a	0.2	2.98	5	2.27	10.25
CACTACEAE	<i>Echinocactus sp.</i>	a	0.11	1.19	5	3.12	9.31
RHAMNACEAE	<i>Colubrina elliptica</i>	a	0.1	1.79	5	1.93	8.71
<b>Totales</b>				<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

A= Árboles

a= arbustos

Los encinares mejor conservados en la subcuenca se encuentran en las zonas más inaccesibles, principalmente en el volcán Palo huérfano y sólo algunos relictos en La Joya. Sin embargo, son ecosistemas amenazados principalmente por la extracción de leña y tierra de hoja, aunque la ganadería extensiva parece ser la principal causa de disturbio y el mayor obstáculo para la regeneración natural de los encinares.

### **VI.III. Conocimiento y uso de los encinares**

A través de las entrevistas semiestructuradas se pudieron obtener datos cualitativos de la percepción de los habitantes sobre los encinares, sin embargo es importante mencionar que también se llegó a conocer la percepción general que tienen las personas de las diferentes comunidades de la vegetación, el agua y el suelo.

Las personas no conciben los diferentes recursos como elementos de un todo, en donde todos están articulados entre sí, sino como elementos independientes sin ninguna relación entre ellos, en orden jerárquico ellos consideran al agua como el elemento preponderante para su bienestar, después al recurso suelo y por último a la vegetación, si bien notan la presencia de plantas, hasta cierto punto les resulta indiferente su aumento o disminución; el uso medicinal alimenticio o artesanal que anteriormente le daban a las plantas ha desaparecido paulatinamente, las nuevas generaciones desconocen los usos potenciales de algunas de las especies florísticas con las que cuentan en su territorio .

Incluso ellos consideran la presencia del agua como importante, una vez que se encuentra contenida en los bordos y pueden hacer uso de ella, la pérdida de suelo les preocupa hasta que ven la disminución física en sus terrenos y se observan grandes zanjas y cárcavas, no obstante consideran que el asolve en los bordos es algo natural.

Por lo que fortalecer el concepto de cuenca es una tarea urgente e importante previa a las acciones de conservación y/o restauración, para que la visión que tengan de su ecosistema sea integral, en donde para ellos sea evidente que a mayor cobertura forestal, mayor cantidad de lluvias y menor arrastre del suelo, menor asolve en sus presas y en sus localidades, en términos generales un mayor beneficio para los habitantes de la cuenca en términos económicos, sociales y ambientales.

En cuanto al conocimiento que tienen las personas sobre los encinares se obtuvieron datos que ponen de manifiesto el uso y la importancia de los encinos para los pobladores. En la cuadro 10 se muestran los usos actuales que tienen los encinares, en donde el total de los entrevistados menciona el uso de leña, sin embargo aclararon que la leña se obtiene a partir de árboles muertos o ramas caídas, nunca de árboles vivos, entre otros usos de menor aplicación están la construcción y la fabricación de mangos herramientas e implementos agrícolas, el uso medicinal también fue mencionado, la corteza de encino para detener diarrea y la hoja del encino roble se utiliza para macizar la dentadura. Lo que pone de manifiesto que sí existe un uso de los productos forestales más no una valorización de ellos.

El principal producto forestal no maderable derivado de los encinos es la tierra de hoja, se extrae principalmente de los cerros de Tábula y los Picachos, esta extracción no es constante ya que se hace por pedidos, el costo del costal oscila entre los 12.00 y \$20.00.

Otros productos forestales no maderables derivado de los encinares son algunas plantas epífitas (*Tillandsia erubescens*) llamados gallitos por los pobladores y el heno (*Tillandsia usneoides*) así como el musgo (*Polytrichum sp*). Durante los periodos decembrinos la comercialización y uso de las especies vegetales de plantas es común en diversos mercados y tianguis populares de San

Miguel de Allende, la preferencia por las plantas antes mencionadas es por que permanecen en buen estado durante el periodo en que son usadas como adornos. En su mayoría, las personas que comercializan las plantas para adornos navideños, son personas de bajos recursos económicos generalmente agricultores, quienes ven en esta actividad una fuente de ingresos complementarios, para solventar sus gastos.

La extracción de estas especies de su medio afecta las poblaciones naturales de dichas especies, ya que los colectores extraen tanto plantas adultas como plántulas. La extracción de estas especies puede agravar más su situación de supervivencia, por lo que es necesario regular su extracción y comercialización (Cabrera 2007).

En los encinares de la Márgara y Támbula los pobladores consideran que el libre pastoreo del ganado sobre la zona ejidal, es un problema para la regeneración de encinos, ya que los animales herbívoros comen las pequeñas plántulas, por lo que en las zonas perturbadas pese a la presencia de árboles semilleros no hay regeneración natural, a diferencia de los Picachos en donde la mayoría de los encinares están bajo el régimen de pequeña propiedad y se encuentran limitados por cercas lo que evita el tránsito de personas y ganado.

Aunado a la presión ganadera existen otras amenazas para los encinares como los incendios registrados en el 2007 en el cerro de Támbula, la helada de 1998 que quemó a varios individuos, así como plantas parásitas (*Phoradendron sp*) conocidas como injertos por los habitantes, aunque este último problema no lo consideran aun grave, porque el injerto que tiene mayor distribución (*Psittacanthus calyculatus*) infecta por el momento solo a los mezquites y acacias pero no a los encinos, sin embargo en municipios vecinos como Salamanca e Irapuato la especie *Psittacanthus calyculatus* ha parasitado a individuos del género *Quercus* al ya no tener hospederos disponibles de mezquites y acacias, por lo que tomar acciones preventivas frente a este problema es prioritario para la salud de la subcuenca.

El grado y tipo de importancia que los pobladores le dan a los encinares es variable, para la mayoría de los entrevistados sería importante incrementar los encinares a través de reforestaciones por la importancia ambiental, ellos conciben esta importancia a través de la belleza escénica que provee un bosque, por que sirven de refugio a la fauna, etc.

Para otros el contexto histórico y económico es importante, pues mencionan que por el año de 1930, se producía carbón lo cual era una fuente de empleo para los habitantes, otras personas comentan que en la época de la revolución mexicana (1910-1920) los encinares servían de resguardo para los revolucionarios.

Con base a las entrevistas realizadas se pudo observar que la propiedad privada ha mostrado ser la zona menos afectada

A través de la aplicación de entrevistas se obtuvieron datos que fueron utilizados en el análisis multicriterio, pues se puso de manifiesto el impacto que tienen las comunidades aledañas a los encinares y las repercusiones de sus actividades sobre el ecosistema, la presión ganadera, la extracción de tierra de hoja, la cercanía de las comunidades, la apertura de nuevos caminos de acceso, son criterios primordiales para el análisis de la subcuenca.

Cuadro 10. Conocimiento y uso de los encinares en la Subcuenca

Encinar	Ejido	Informante	Cargo	Conocimiento del encino	Usos	Productos Derivados	Reforestaciones	Ganadería encinares	en Incendios	Importancia
Cerro de Támbula	Gpe. de T	<b>Ángel Perales</b>	E	Si	Leña, construcción, arado, medicinal	Tierra de hoja, gallitos y musgo	si 2010	Si, vacas y caballos	2007	Ambiental
Cerro de Támbula	Gpe. de T	<b>Jesús Escamilla</b>	E	Si	Leña, construcción	Tierra de hoja	si 2010	Si, vacas y caballos	2007	Histórica
Cerro de Támbula	Gpe.. de T	<b>Antonio Galván</b>	P.E	Si	Leña	Ninguno	si 2010	Si, vacas y caballos	1998 (Helada)	Ambiental
Cerro de Támbula	Stas. Marías	<b>Mauro Perales</b>	S.P.E	Si	Leña	Tierra de hoja	No	Si, vacas y caballos	No	Ninguna
Cerro La Márgara	El moral	<b>María de Jesús Ríos</b>	P.E	Si	Leña	Tierra de hoja		Si, vacas y caballos	No	Ambiental
Cerro La Márgara		<b>Alberto Sánchez</b>	P.P	Si	Leña	Ninguno	No	Vacas	No	Ambiental
Cerro La Márgara		<b>Roberto Sánchez</b>	P.P	Si	Leña	Ninguno	No	Vacas	No	Ambiental
Los Picachos	Doña Juana	<b>Aurelio Rico</b>	E	Si	Leña y medicinal	Tierra de hoja	No	No	No	Económica
Los Picachos	Doña Juana	<b>Martín Gallegos</b>	P.E	Si	Leña	Tierra de hoja	Si 2003	No	No	Ninguna
Los Picachos	Don Juan Xido	<b>Fortino Salazar</b>	P.E	Si	Leña	Tierra de hoja	si 2000	No	NO	Ambiental
Los Picachos	Doña Juana	<b>José del Pilar Pichardo</b>	E	Si	Leña	Tierra de hoja	Si 2003	No	No	Ambiental

E= Ejidatario.      P.E=Presidente ejidal      S.P. E= Secretario del Presidente ejidal      P.P= Pequeño propietario

#### **VI.IV. Zonas potenciales para la restauración y conservación de los encinares**

El resultado de la sobre posición de las capas fue la obtención de un mapa final, en los que se muestran las áreas potenciales a conservación y restauración,

La categoría de conservación se asignó a las zonas que presentaron los atributos necesarios, es decir una amplia cobertura vegetal, distribución altitudinal adecuada para el género *Quercus*, desarrollo sobre el suelo más adecuado y menores riesgos de disturbio por actividades antrópicas.

Para fines de esta propuesta la restauración se dividió en dos categorías: Restauración prioritaria y restauración secundaria, la prioritaria corresponde a aquellas zonas que actualmente se encuentran más afectadas, donde la cobertura vegetal es menos densa, y las actividades humanas han afectado severamente la estructura de los encinares por lo que es preponderante aplicar medidas urgentes para la recuperación del ecosistema.

La restauración secundaria se aplica a las zonas que aunque muestran un grado de afectación, no se considera a un severo, sin embargo, son espacios en los que si se opta por la sucesión natural, es tan probable que suceda, como que el problema se agudice y el deterioro se incremente hasta llegar a ser irreversible.

En la subcuenca Tábula-Picachos 520.46 Ha de los encinares, (figura 14), equivalentes al 34% del total, se encuentran en buen estado en su estructura y cuentan con las condiciones adecuadas para que se mantengan bajo ese mismo escenario, por lo que se sugiere una estrategia de conservación para éstas zonas, sin embargo, 268 ha de los encinares de la subcuenca (18% ) muestran algún grado de perturbación en su cobertura vegetal sin llegar aún a ser aún severo, por lo es necesario implementar trabajos de restauración que reviertan los daños estructurales iniciales existentes(restauración secundaria).

No obstante, el 48% de la superficie de los encinares equivalente a 737 ha (figura 15) se encuentra en una situación crítica de perturbación por lo que se sugiere una restauración prioritaria para estas zonas a fin de evitar un deterioro total que conlleve a un cambio en el tipo de vegetación o en el uso del suelo.

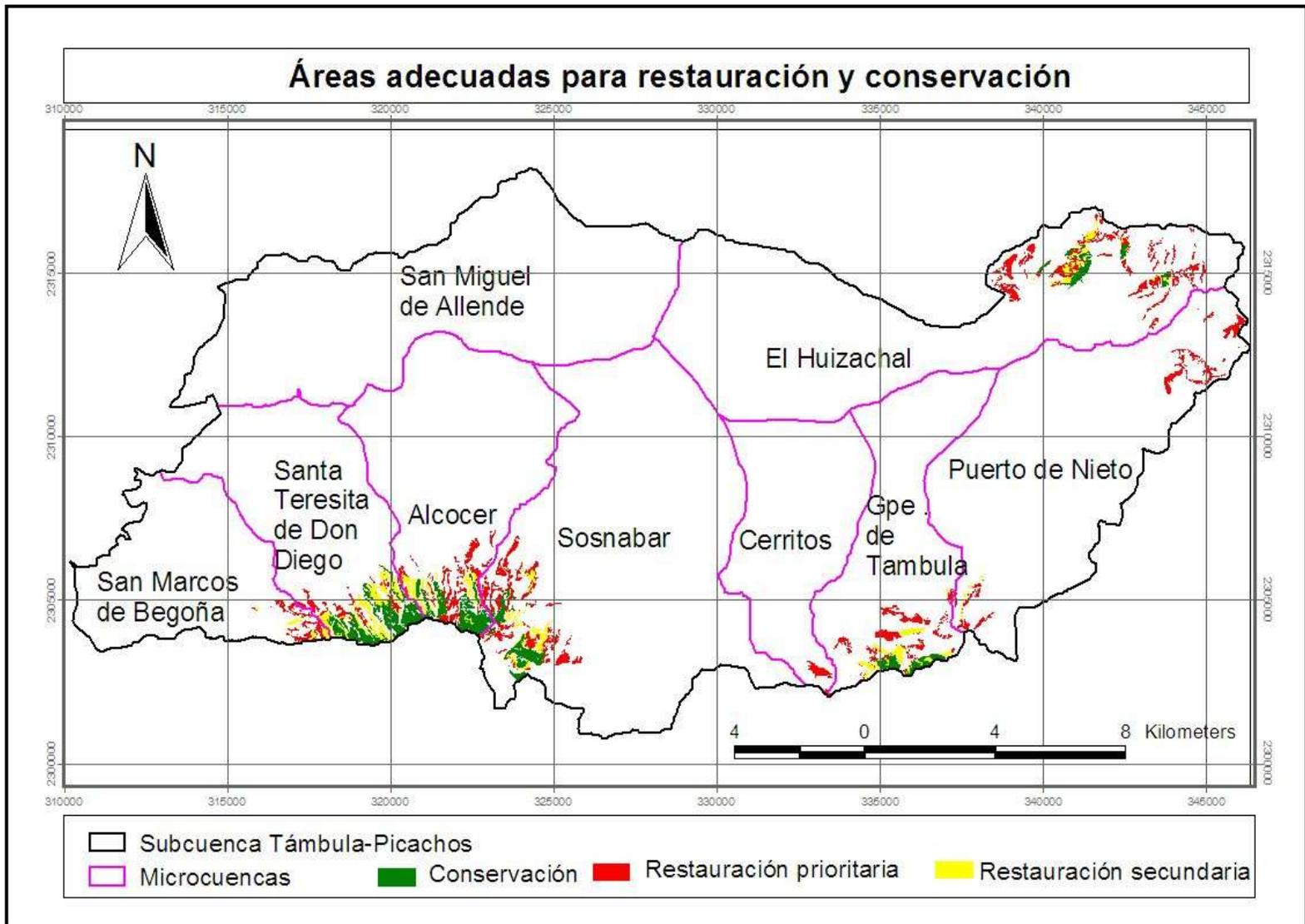


Figura 14. Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en la Subcuenca

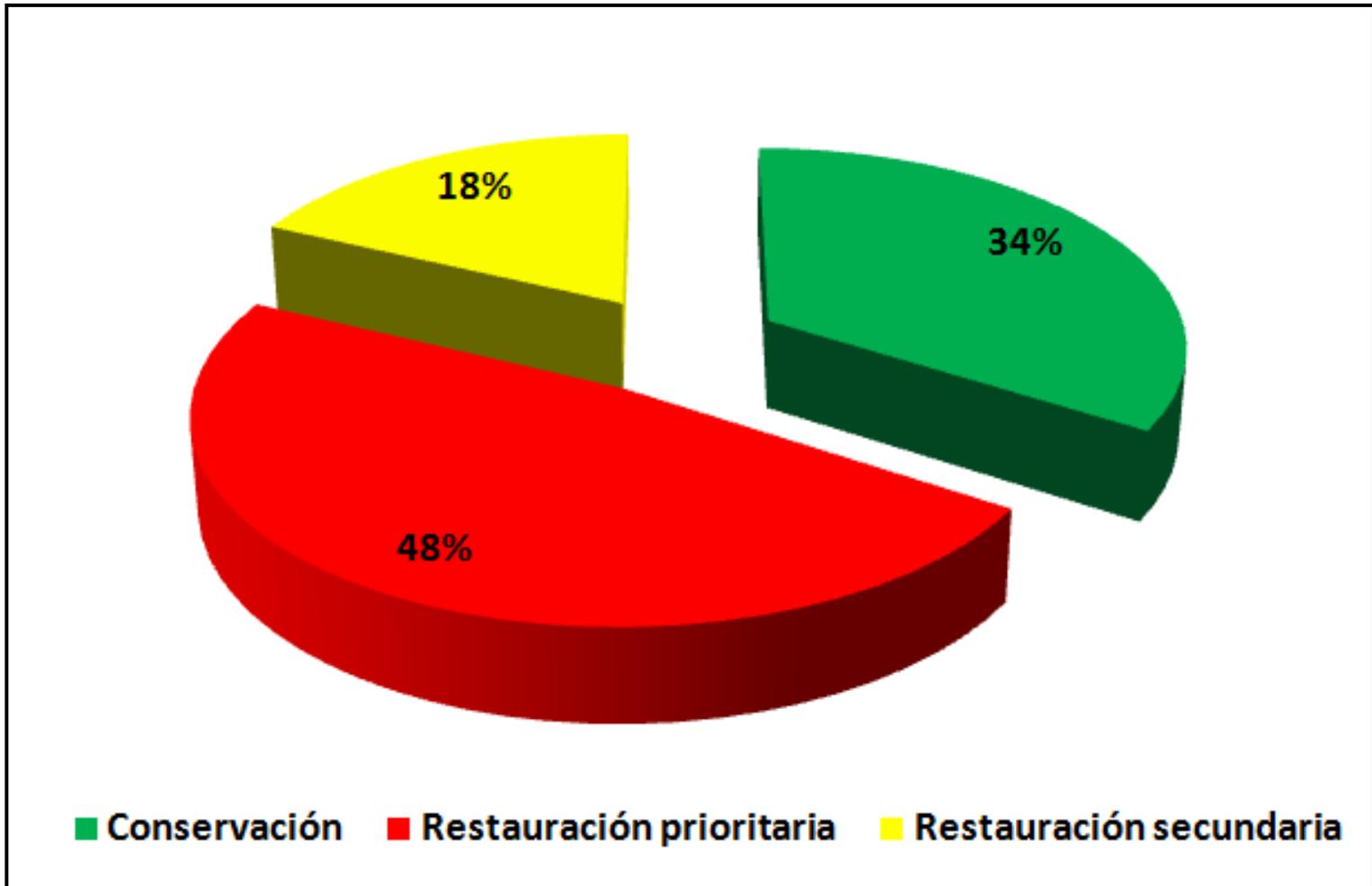


Figura 15. Porcentaje de áreas propuestas para conservación y restauración en los encinares de la subcuenca

Para poder ubicar mejor las áreas, se realizó una división a nivel de microcuenca y por zonas de mayor elevación, en donde las áreas potenciales se distribuyeron en ocho de las nueve microcuencas que conforman la subcuenca Tábula-Picachos, y en las tres elevaciones conspicuas de la subcuenta.

Las microcuencas con más superficie adecuada para la conservación son Alcocer, Santa Teresita de Don Diego y Sosnabar con un 49, 50 y 39 % respectivamente, de la superficie total de su encinar; sin embargo, Cerritos, Puerto de Nieto y San Marcos Begoña no presentan superficies aptas para la conservación de los encinares por su avanzado estado de perturbación.

La microcuenca cerritos es quien presenta una cobertura total de sus encinares adecuados para una restauración prioritaria, seguidos por Puerto de Nieto y San Marcos de Begoña con un 94 y 78% respectivamente. Las microcuenca Santa Teresita de Don Diego, Sosnabar y el Huizachal presentan las mayores extensiones para restauración secundaria (Cuadro 11).

Por zonas de mayor elevación, el volcán Palo huérfano (Los Picachos) es quien cuenta con mayor cobertura de encinar apta para la conservación con 399 Ha, equivalentes al 43.8% del total, 312.7 ha adecuadas para restauración secundaria (34.3%) y 197.6 ha apropiadas para restauración prioritaria, equivalente al 21.7% del total del encinar de esta elevación (Figura 16).

El volcán La joya (Tábula) cuenta con menor cobertura de encinar adecuada para ser conservada con solo 58.8 ha (24%) 27.19 ha son aptas para una conservación secundaria y 155.19 ha (64 %) requieren de una conservación prioritaria (Figura 17).

El cerro La Márgara consta de 62. 27 ha apropiadas para ser conservadas, esto equivale al 32 % del total del encinar que se distribuye sobre este cerro, 43.18 ha equivalentes el 22% son adecuadas para una restauración secundaria y 90.19 ha, es decir el 46% de este encinar requiere de una restauración prioritaria (Figura 18).

Cuadro 11. Distribución de áreas potenciales por microcuenca

Microcuenca	Conservación	Restauración prioritaria	Restauración secundaria	Conservación	Restauración prioritaria	Restauración secundaria
Alcocer	147.02 ha	89.36 ha	62.37 ha	49%	30%	20.1%
Cerritos	0 ha	3.19 ha	0 ha	0%	100%	0%
El Huizachal	62.27 ha	237.77 ha	43.18 ha	18%	69%	13%
Guadalupe de Támbula	58.81 ha	127.66 ha	23.99 ha	28%	61%	11%
Puerto de Nieto	0 ha	55.85 ha	3.20 ha	0%	94%	6%
San Marcos Begoña	0 ha	35.11 ha	10.13 ha	0%	78%	22%
Santa Teresita de Don Diego	136.47 ha	63.83 ha	69.19 ha	50%	24%	26%
Sosnabar	115.89 ha	124.47 ha	55.97 ha	39%	42%	19%

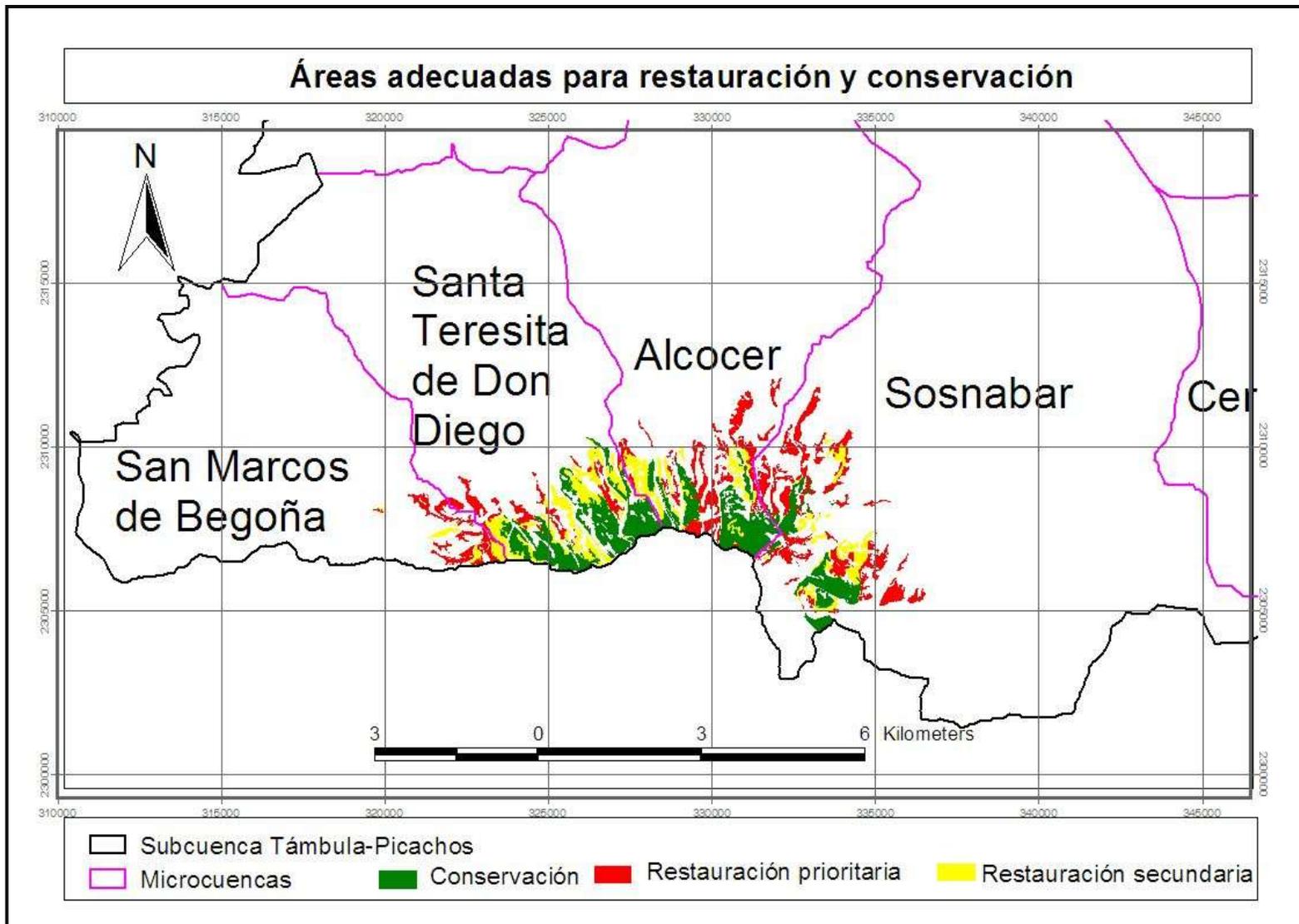


Figura 16. Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en el Volcán Palo Huérfano (Los picachos).

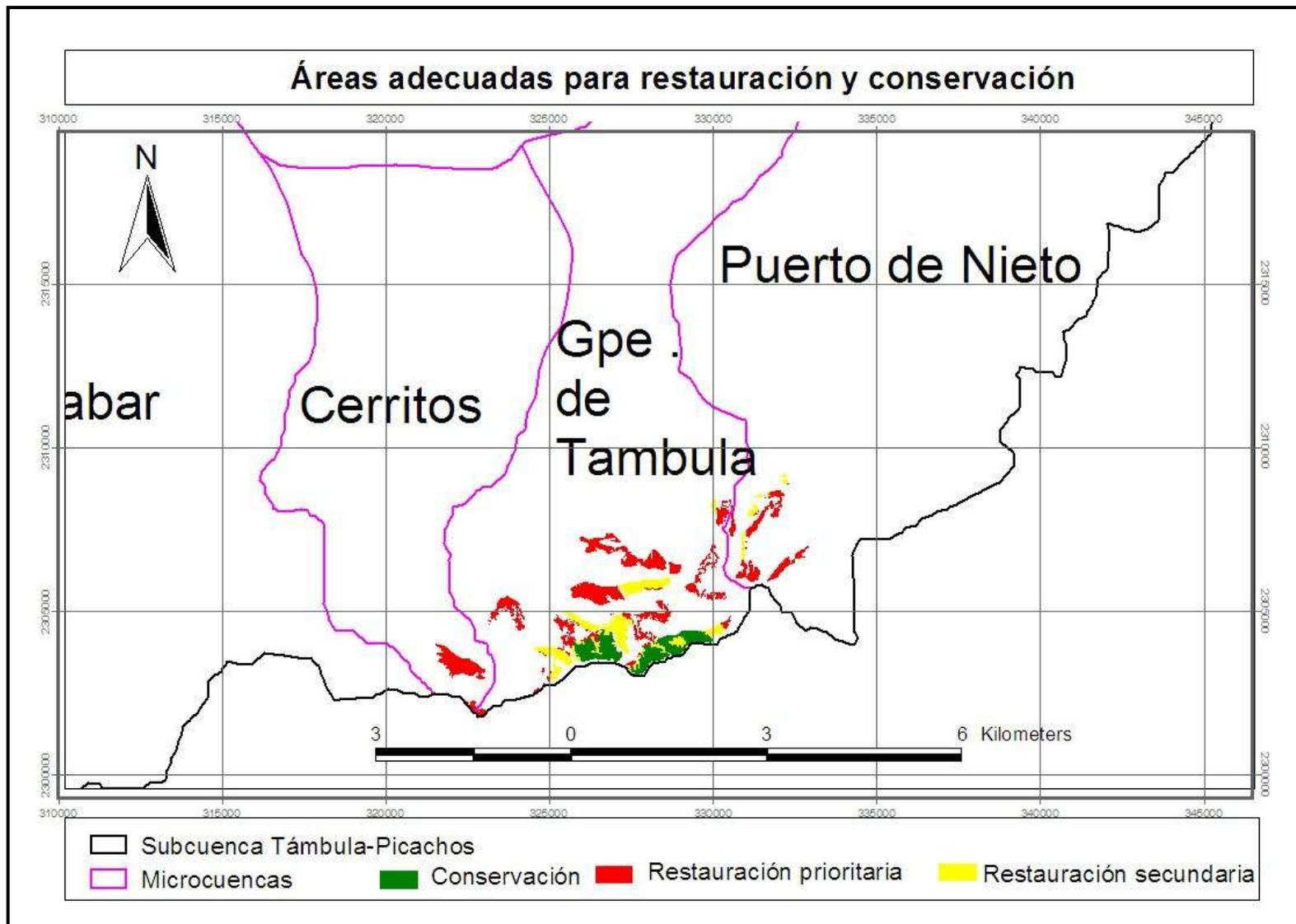


Figura 17. Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en el Volcán La Joya (Támbula).

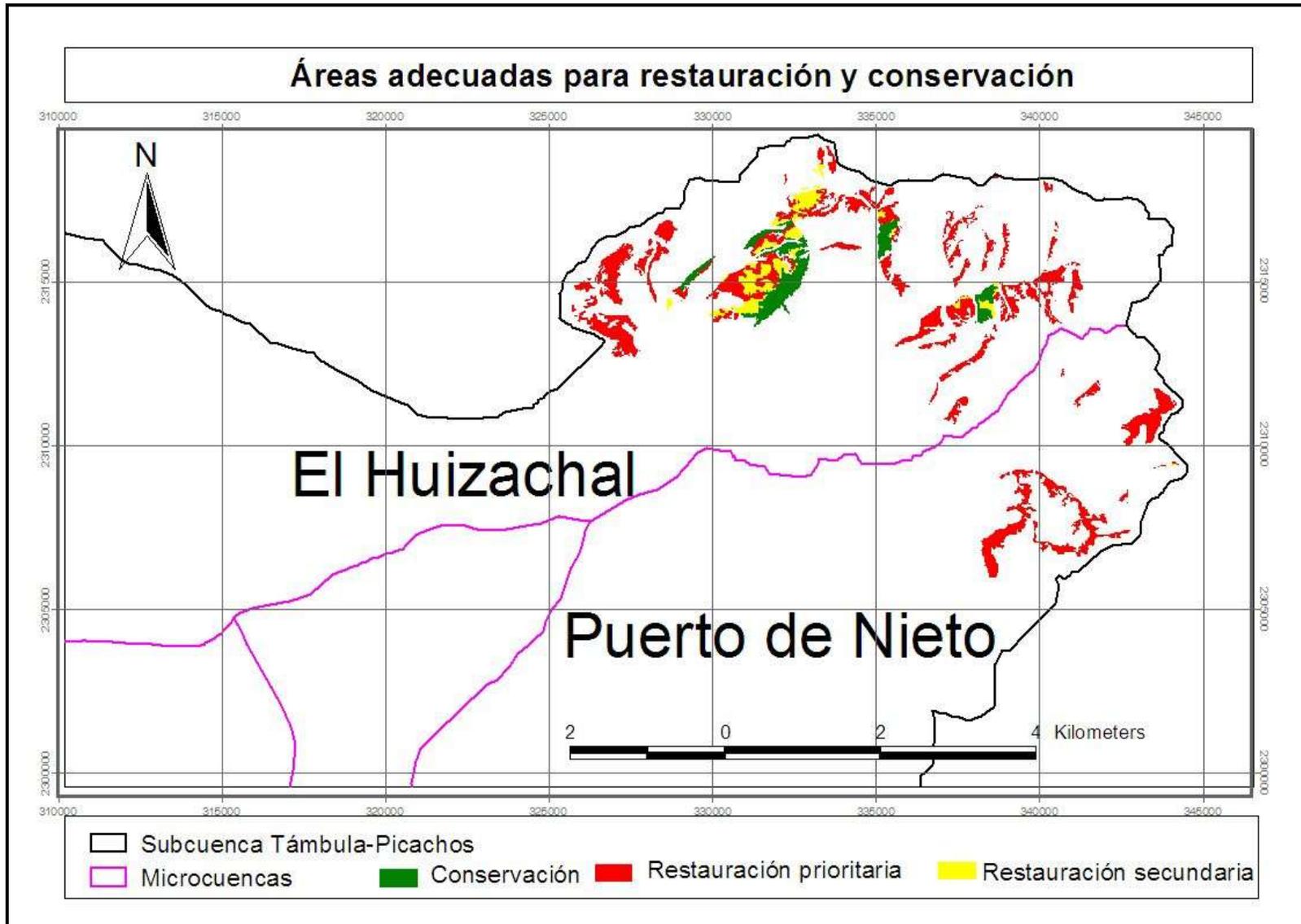


Figura 18. Mapa de áreas adecuadas para restauración y conservación en el cerro La Mágina

## VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Los encinares de la subcuenca San Miguel de Allende, ubicados en la parte alta de misma, están dominados de forma general por el género *Quercus*.

En los sitios muestreados los encinos contribuyen con altos valores de importancia relativa, especialmente *Quercus rugosa* y *Quercus deserticola*. Otras especies características de los encinares como *Arbutus xalapensis* muestran valores estructurales muy bajos.

De forma particular, al analizar los encinares del volcán de Tábula, los valores de importancia más altos corresponden a *Quercus rugosa* y *Quercus deserticola*, especies primarias de los encinares sin embargo también se pueden observar especies de matorral como *Condalia velutina* y *Myrtilocactus geometrizzans* entre otras y especies secundarias como *Dodonea viscosa* y *Acacia schaffneri*. Por lo que en el encinar de Tábula el 69% de las especies encontradas corresponden a un encinar conservado, el 27% son especies pertenecientes a un matorral y sólo el 4% son indicadoras de disturbio o especies secundarias del encinar, de esta forma se puede evidenciar como el encinar del Volcán La Joya (Tábula) aún cuenta con los atributos necesarios para tomar medidas de conservación pero sobre todo medidas para la recuperación del ecosistema.

En el volcán Palo huérfano (Los Picachos) los valores de importancia más altos corresponden a diversas especies del género *Quercus*, destacando *Quercus rugosa*, *Quercus obtusata* y *Quercus crassipes*, en los sitios muestreados se encontraron algunos elementos de matorral y selva baja caducifolia así como especies secundarias del encinar, sin embargo el 82% de las especies son primarias de un encinar y el 18% restante corresponden a otros ecosistemas, por lo que este encinar es el más adecuado para fines de conservación y propiciar que las zonas fragmentadas incrementen su cobertura forestal hasta la obtención de corredores biológicos.

El cerro La Márgara es un caso diferente desde su origen geológico, pues mientras que Tábula y Los Picachos tienen un origen volcánico, La Márgara tiene un origen continental en donde predominan suelos calcáreos, casi desprovistos de materia orgánica, esto se ve claramente reflejado en la vegetación, los encinares de este cerro muestran mayor heterogeneidad florística, al analizar sus componentes florísticos y su estructura horizontal se encontraron elementos primarios( 35 %) y secundarios de encinar(19%), elementos de selva baja caducifolia (23%) y matorral (23%) por lo que pese a que las especies de encinar son predominantes, no muestran una diferencia significativa con respecto a las especies pertenecientes a otros tipos de vegetación, por lo que este tipo de estudios es fundamental para la planeación y ejecución de programas que procuren la conservación o restauración teniendo como fundamento el conocimiento previo de las especies originales de cada ecosistema.

Los encinares del estado de Guanajuato, actualmente están conformados por 13 especies del género *Quercus* (Valencia, 2007), mientras que los encinares de la subcuenca Tábula-Picachos muestran ocho especies, al igual que los encinares de la Sierra de Santa Rosa, que son los que se encuentran geográficamente más cercanos a la subcuenca Tábula Picachos, sin embargo, las especies difieren entre sí en cuanto a su estructura, incluyendo la densidad y diversidad de especies, lo cual puede obedecer a la influencia de factores climáticos y edáficos (Rzedowski, 2006).

Los bosques de encino de Guanajuato abarcan una superficie de 9.3% (Palacio *et al.*, 2000) y de ellos se obtiene una producción de carbón vegetal de 1888.5 m<sup>3</sup>, equivalente al 78.4% de toda la madera de encino aprovechada (Pérez *et al.*, 2000), sin embargo estos autores mencionan que la producción de carbón es la de menor valor económico en el mercado laboral estatal. El valor económico de esta actividad puede ser la causa por la cual, se ha modificado el aprovechamiento en los encinares en la subcuenca ya que en los años de 1970 a 1980 aun eran utilizados los árboles de encino para la obtención de carbón,

actualmente el crecimiento de las zonas de pastoreo ha sido la principal causa de presión, lo que ha repercutido en la estructura de la vegetación y la composición florística. De 1986 a 1993, en un periodo de 7 años, se restaron 261.23 ha de encinar conservado, en los 10 años posteriores la reducción fue prácticamente la mitad pese a ser un periodo más largo, se perdieron solo 152.52 ha, sin embargo en los posteriores 5 años hubo una severa disminución en la cobertura del encinar, con 244.8 ha es decir, más hectáreas en un tiempo más corto. En un periodo de 22 años se deforestaron en total 658.55 ha de encinar (tasa anual de deforestación de 2.3 %) una tasa más elevada que la que se suscito en los bosques templados del estado de Michoacán en un periodo de 18 años, perdiendo 513.64 ha, lo que representa el 1% anual (Mojica, 2009).

Las variaciones en la subcuenca están estrechamente relacionadas con el uso de suelo que los pobladores le dan a los encinares, antes la utilización de encino para la producción de carbón, ahora, es la ganadería extensiva que cada vez se amplía más en la parte media y alta de la subcuenca. Las superficies deforestadas se recuperan muy lentamente, permitiendo el incremento de otros tipos vegetativos como matorrales o pastizales y en el mejor de los casos, encinares secundarios, la probabilidad de que los matorrales y pastizales derivados del disturbio del encinar se conviertan en bosques de encino nuevamente, en un periodo de 22 años es menor al 1 % (Bocco *et al.*, 2001), Esto indica que la pérdida que ha sufrido el encinar de la subcuenca Támbula Picachos, en un lapso de 22 años, con una tasa de deforestación de 2.36 % anual tendrá una tasa de recuperación muy baja en un periodo de tiempo similar.

Sin embargo la actividad ganadera es importante para ejidatarios y para pequeños propietarios de la subcuenca al ser una de las actividades primarias económicas más redituables, por lo que buscar alternativas y asesoría de manejo del ganado es una tarea preponderante para establecer una relación armoniosa entre los recursos naturales de la subcuenca y las actividades antropogénicas necesarias para el beneficio de los habitantes.

Es importante conservar los encinares debido a que su cobertura vegetal favorece la infiltración de agua de lluvia, pese a que existen especies secundarias y ajenas al encinar, pues estas evitan la erosión del suelo (Pineda, 2009).

Aunado a esto, los encinares representan para algunos habitantes un símbolo de identidad al recordar hechos históricos que datan de épocas revolucionarias, producción carbón, paseos por los alrededores que involucraban recolección de plantas y casería de animales.

Por ello el uso de un sistema de información geográfica permite determinar zonas potenciales para estrategias de conservación y restauración a partir de la diversa información adecuada, tanto ambiental, como de acciones antrópicas que se realizan en un determinado escenario, optimizando el tiempo y los recursos humanos disponibles.

De acuerdo al mapa de áreas potenciales para conservar y restaurar generados para la subcuenca Támara-Picachos se cuenta con una superficie de 520.46 ha adecuadas para la conservación y 1005.27 ha apropiadas para ser restauradas con diferentes estados de alteración.

El presente trabajo cuenta con información complementaria de campo que es una condición necesaria y suficiente para corroborar las áreas propuestas. Con base a las observaciones de campo, también se sugiere a las especies *Quercus rugosa* y *Quercus deserticola* como especies clave en la restauración de los encinares, ya que pueden establecerse en etapas tempranas de la sucesión secundaria e incluso en suelos desnudos y erosionados (López, 1998). Aunado a esto, son las especies con los más altos valores de importancia en cuanto a los parámetros estructurales tomados en cuenta, como la densidad, frecuencia y dominancia en los encinares de la subcuenca.

De forma general los encinares aportan beneficios importantes pues contribuyen a la formación y estabilización del suelo, ayudando a mantener el equilibrio ecológico de la subcuenca Támara-Picachos, al favorecer la infiltración y la conservación de los mantos acuíferos.

El conjunto de atributos biológicos que presentan los encinares de la subcuenca, el interés de algunas personas con capacidad de decisión y acciones, la existencia de programas en diferentes niveles para conservación y restauración en zonas biológicas ameritan un trabajo simultáneo que beneficie las partes altas de la subcuenca Tábula-Picachos, sitio donde se desarrollan los encinares; donde han sido utilizados y disminuidos en su extensión, pero que aún representan un importante recurso forestal maderable y no maderable que puede ser manejado y conservado.

Se pretende que las aportaciones de este trabajo sean material de apoyo en la toma de decisiones, y de esta forma se contribuya a la conservación y restauración de los encinares, para que sigan ofreciendo los servicios ambientales, económicos y sociales en la subcuenca Tábula Picachos bajo un enfoque integral y sustentable.

## LITERATURA CITADA

- Alatorre N. s/f. La microcuenca como elemento de estudio de la vulnerabilidad Ambiental. Centro de Estudios en Geografía Humana. Colegio de Michoacán, A.C.
- Alcántara 2003. Valoración económica del servicio de ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología- Instituto de Geografía UNAM
- Allan, T., y A. Warren, comps. 1993. Deserts, the Encroaching Wilderness: A World Conservation Atlas, Oxford University Press, Londres.
- Anderson, J. R., E. E. Hardy, J. T. Roach y R. E. Wtmer 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data, Geological survey professional paper 964, Washington.
- Arizaga, Martínez, Salcedo y Bello. 2009. Aspectos generales de los encinos. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. Jardín Botánico del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM-Campus Morelia. México D.F. p. 12
- Arreola Muñoz, A. s/f. El Manejo integral de cuencas: limitaciones de una política sectorial para la gestión territorial del agua. Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica, A.C.
- Barbour MG, TM DeJong & BM Pavlik.1985. Marine beach and dune plant communities. In: Chabot BF & HA Mooney (eds) Physiological ecology of North American plant communities: 296-322. Chapman and Hall, New York, New York, USA.
- Bocco, G. M. Mendoza y A. Velázquez 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping. A tool. For land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39 (3-4): 211-219
- Bradshaw A.D. y M.J. Chadwick. 1980. The Restoration of Land. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bradshaw, A. D. 1987. The Reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. En: W.R. Jordan III, M.E, Gilpin y J.D Aber (eds.). Restoration ecology: A synthetic approach to ecological. Cambridge University Press, EE.UU.
- Braun-Blanquet, J. 1950. Sociología vegetal. Estudio de las comunidades vegetales. Ed. Acme. Bs. As. p 444

- Breman, H. 1992. Desertification control, the West African case: Prevention is better than cure, *Biotropica* 24: 328-334.
- Brower, J., J. Zar., C., von Ende. 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Mc Graw-Hill. p 273
- Brown, D. , R.G. Hallman, Ch.R. Lee, J.G. Skogerboe, K. Eskew, R.A. Price, N.R. Page, M. Clar, R. Kort y H. Hopkins. 1986. Reclamation and Vegetative restoration of problem soils and disturbed land. *Pollution technology review* 139. New Jersey, EE.UU. 1: 166-181.
- Carranza-Castañeda, O., Miller, W.E. 2006, Contrasting silicic magma series in Miocene-Pliocene Ash deposits in the San Miguel de Allende Graben, Guanajuato, Mexico: *Journal of Geology*, 114(2), 247-266
- Casillas J.A. 2001. *Plan Nacional de Rehabilitación de Microcuencas*, SAGARPA FIRCO, México, DF.
- Córdova-Athanasiadis, M. 2010. Priorización de áreas para recuperar la función hidrológica de la Subcuenca Tábula-Picachos, Guanajuato. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro. Qro, Mex.
- Cotler H. 2004 *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México D.F.
- Debinski, D.M y Holt, R.D. 2000. A Survey and overview of hábitat fragmentation experiments. *Conservation Biology*. 14 (2): 342-355.
- De la Paz Pérez et al.2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Maderas y Bosques Año/ Instituto de Ecología A.C. Xalapa México Vol. 6, número 001 p. 3-13*
- Ewel, J. J. 1987. Restoration is the ultimate test of ecological theory. En: W.R. Jordan III, M.E, Gilpin y J.D Aber, (eds.) *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological*. Cambridge University Press, EE.UU.
- Fleischner, T.L. 1994. Ecological cost of livestock grazing in Western North America. *Conservation Biology* 8, p. 629–644.
- Flores, M., Jiménez, L., Madrigal, S., Moncayo, R., & Takaki, T. (1971). *Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*. México: Secretaria de Recursos Hidráulicos.

- González G. A. 1995. Hacia una estrategia nacional y plan de acción en educación ambiental. México, Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca-Secretaría de Educación Pública p 226
- Greenway, D.R. 1987. Vegetation and Slope Stability - Chapter 6. In: Slope Stability. John Wiley and Sons Ltd.
- Gutiérrez D. 2008. Propuesta de conectividad en áreas críticas para el mantenimiento de la estructura y función de la Subcuenca San Miguel de Allende. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro. Qro, Mex.
- Jordan III, W.R., M.E. Gilpin y J.D.Aber. 1987. Restoration ecology: ecological restoration as a technique for basic research. En: W.R. Jordan III, M.E, Gilpin y J.D. Aber (eds.). Restoration ecology: A synthetic approach to ecological. Cambridge University Press, EE.UU.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. República Federal Alemana.
- Llerena, C. A. 2003. Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú. FAO. Tercer Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- López, F. 1998. Germinación y establecimiento temprano de *Quercus rugosa* y sus implicaciones en la rehabilitación de hábitats pinarizados en los Altos de Chiapas, México. Tesis profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Malczewski, J., 2000, On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. Transactions in GIS, 4: 5–22.
- Martínez, M. 1981. Los encinos de México. 2da Edición. ED. Botas. México. Pp. 343-345.
- Martínez, E. 1996. La restauración ecológica. Ciencias 43: 56-59.
- Matteuci S. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Universidad Nacional Francisco de Miranda. Estado de Falcon Caracas.
- Meffé, G.K. y C.R. Carroll. 1994. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, EE.UU.
- Milton, S. J., W. R.J. Dean, M. A. du Plessis y W.R. Siegfried 1994. A conceptual model of and rangeland degradation, BioScience 44:70-76

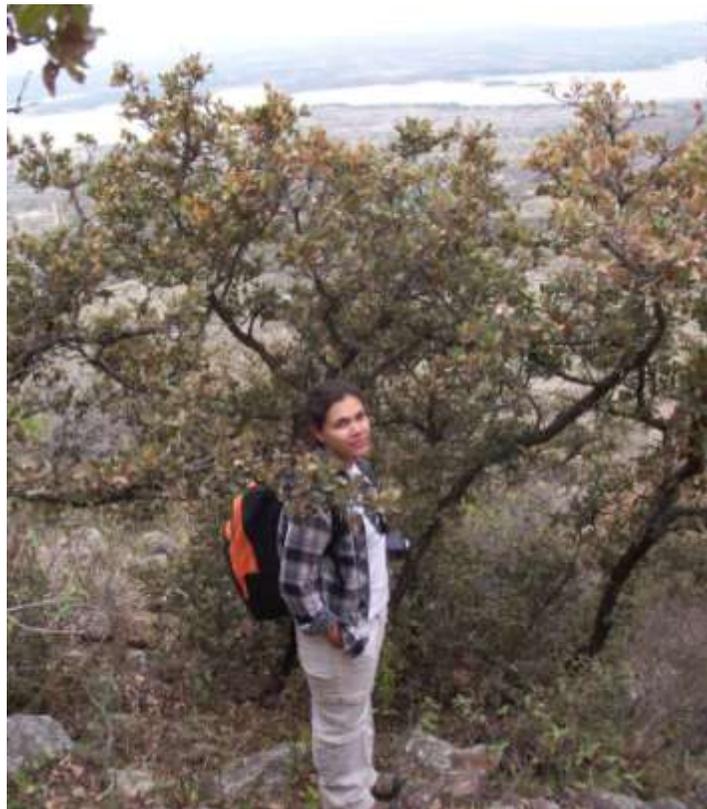
- Mojica-Guerrero A. S., L. M. Valenzuela-Núñez, J. L. González-Barrios y R. Trucíos-Caciano. 2009. Evolución del matorral en el sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato. *Tecnociencia Chihuahua* 3(3): 131-137.
- Natenzon. 1989. Cuenca hidrográfica. Exploración sobre el concepto. Seminario-taller sobre uso tradicional de recursos naturales en ecosistemas de montaña. UNJ-MAB-UNESCO-International Union of Biological Sciences. San Salvador de Jujuy
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mass, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González-Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México* 43:183-203.
- Pérez, O. M., R. Dávalos y E. Guerrero. 2000. Aprovechamiento de la madera en México. *Madera y Bosques* 1:6-13.
- Pineda R y Cantoral E. 2009. El manejo de cuencas y la conservación de especies: el caso de San Miguel de Allende Guanajuato. *Ciencias* 94: 24-26.
- Pineda R. 2010 Formación de una línea de base científica para la gestión de la subcuenca específica Tábula-Picachos en San Miguel de Allende, Guanajuato. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Ramsay.W.J.H. 1987. Deforestation and erosion in the Nepalese Himalaya: Is the link myth or reality En: *Forest Hydrology and Watershed Management Simposio de Vancouver, Canadá Public. IAHS N° 167:239-249.*
- Rosenzweig, Michael L. (1995). *Species diversity in space and time*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rzedowski. 1965. Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 29: 121-177
- Rzedowski. 1996. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México

- Saaty, T.L., 1978. Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems* 1: 57-68.
- Salvador J. 2004. Flora. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Schumm, Stanley. 1977 *The fluvial system*. A Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc. New York 338 p.
- Sidle, R.C., Pearce, A.J. y O'loughlin, C.L. 1985. Hillslope stability and landuse, Monografía sobre recursos hídricos No. 11, American Geophysical Union, Washington D.C. p 140
- Sorani, V., Alvarez, R. 1996. Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. *Investigaciones Geográficas Boletín* 5:43-57.
- Terrones R., T. del R. L., C. González S., S. A. Ríos R. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple de Guanajuato. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México. 216 p. ISBN: 968-5580-63.4
- Valencia, A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Bol. Soc. Bot. México* 75:33-53
- Valencia, A.S., 2007, Encinos, en Luna, I., Morrone, J.J., Espinosa–Organista, D. (eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana: México*, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, p.139
- Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*, 28(3):160-166.
- Villegas. 2004. Análisis del conocimiento en relación agua-suelo-vegetación. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 Número 1 p. 73-79. Febrero 2004.
- Zabala. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica* Septiembre numero 008. Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal México p. 47-64
- Zepeda, Guillermo. 2000. Transformación agraria: los derechos de propiedad en el campo mexicano bajo el nuevo marco institucional. México: Miguel Ángel Porrúa

# **ANEXO FOTOGRAFICO**



*Quercus rugosa*. Guadalupe de Tábula



Encinares del volcán La Joya (Fajardo de Bocas) Donde se aprecia la baja altura de los encinos



Diversas especies del género *Quercus*.



Encinares del volcán Palo Huérfano (Los picachos) Con altura superior a los 10 m.



Encinares del cerro La Mágina e donde es abundante el estrato arbustivo.



*Quercus deserticola.*



Prensado de ejemplares botánicos



Equipo de campo y guías de la localidad



Equipo interdisciplinario



Los Picachos y su densa cobertura vegetal en las zonas aptas para conservación.

