

Centro Queretano de Recursos Naturales

TOMO XIV - Reporte Técnico

Propuestas para la Conservación de Suelos y la Reforestación en el Municipio de Huimilpan



CONCYTEQ

Diciembre de 2008

Centro Queretano de Recursos Naturales

TOMO XIV - Reporte Técnico

**PROPUESTAS PARA
LA CONSERVACIÓN
DE SUELOS
Y LA REFORESTACIÓN
EN EL MUNICIPIO
DE HUIMILPAN**

José Guadalupe Valtierra
Gerardo López Mora
Armando Bayona Celis



CONCYTEQ

Diciembre de 2008

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Lic. Francisco Garrido Patrón

GOBERNADOR CONSTITUCIONAL

Lic. Guadalupe Murguía Gutiérrez

SECRETARIA DE EDUCACIÓN

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Dr. Alejandro Lozano Guzmán

DIRECTOR GENERAL

D.G. Alicia Arriaga Ramírez

DIFUSIÓN

© Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este reporte sin la previa autorización por escrito del autor.

CENTRO QUERETANO DE RECURSOS NATURALES

ISBN 968-5402-01-9 (Toda la obra)

ISBN 968-5402- 02-7 (Tomo I: Mejoramiento de la Red Carretera del Centro y Norte del Estado de Querétaro, un Soporte para su Desarrollo Integral y Sustentable)

ISBN 968-5402- 03-5 (Tomo II: Planeación de los Libramientos Carreteros de la Ciudad de Querétaro)

ISBN 968-5402- 04-3 (Tomo III: Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Sur del Estado de Querétaro)

ISBN 968-5402- 05-1 (Tomo IV: Diagnóstico del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro)

ISBN 968-5402-07-8 (Tomo V: Uso Actual y Potencial del Suelo en los Municipios Conurbados de Querétaro)

ISBN 968-5402-09-4 (Tomo VI: Sistemas Acuáticos Sustentables. Estudio para la Ciudad de Querétaro y sus Alrededores)

ISBN 968-5402-10-8 (Tomo VII: El Sistema de Agua en la Región Querétaro de la Cuenca Lerma-Chapala, Diagnóstico Proyecto: Sustentabilidad del Sistema de Agua en el Estado de Querétaro)

ISBN 968-5402-11-6 (Tomo VIII: Reordenamiento del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro, Primer Reporte: Estudio de Campo)

ISBN 968-5402- 15-9 (Tomo IX: Medición y Análisis del Volumen de Tránsito en las Principales Vialidades de la Ciudad de Querétaro)

ISBN 968-5402- 17-5 (Tomo X: Estudio Exploratorio de las Condiciones Isotópicas e Hidrogeoquímicas de Afloramientos en la Comunidad de El Arbolito, Municipio de Cadereyta, Qro.)

ISBN 968-5402- 18-3 (Tomo XI: Estimación de la Demanda de Transporte en la Ciudad de San Juan del Río)

ISBN 968-5402- 19-1/ 968-5402- 19-4 (Tomo XII: Caracterización de los Ecosistemas, Cambios de Uso de Suelo y Unidades Paisajísticas en la Reserva de la Biosfera "Sierra Gorda" de Querétaro)

ISBN 968-5402-20-5 / 978-968-5402-20-0 (Tomo XIII: Medición y Análisis del Volumen de Tránsito en las Principales Vialidades de la Ciudad de San Juan del Río)

ISBN 978-607-7710-00-4 (Tomo XIV: Propuestas para la Conservación de Suelos y la Reforestación en el Municipio de Huimilpan)

E-Book

ISBN 978-607-7710-00-4

Diciembre de 2008

Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

Luis Pasteur Sur No. 36, Centro Histórico, CP 76000

Tel. (442) 212 7266, 214 3685

Santiago de Querétaro, Qro., México

Índice

Tablas	iv
Figuras.....	iv
ANTECEDENTES	1
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
METODOLOGÍA	3
DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE HUIMILPAN	4
EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y EL USO DEL SUELO.....	13
Vegetación original del municipio.....	13
Creación del Mapa de Vegetación Natural Hipotética	13
Evolución reciente de la vegetación.....	17
Recuento de los principales estudios de vegetación sobre el área	17
Los cambios en la vegetación y el uso del suelo, de 1970 a 2007	18
LA EROSIÓN EN EL MUNICIPIO	25
Caracterización de la erosión	25
Evolución de la erosión	28
Cuantificación y distribución de la erosión	29
Trabajos recientes sobre la erosión en el estado.....	31
Elaboración del Mapa de Erosión Total	32
Mapa de Zonas de Erosión Actual y Potencial.....	33
ÁREAS PRIORITARIAS PARA CONTROLAR LA EROSIÓN Y PARA REALIZAR REFORESTACIÓN	36
Áreas prioritarias para realizar actividades de conservación y retención de suelos	36
Las zonas para la conservación y retención de suelos.....	38
Hacia un Plan Maestro de reforestación	49
Por qué reforestar.....	50
Áreas prioritarias para reforestar.....	52
Aspectos a considerar para una reforestación exitosa	57
PROPUESTA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	62
Definición de Área Natural Protegida	62
Áreas Naturales Protegidas en el municipio	63
Propuesta de áreas municipales a proteger.....	64
CONCLUSIONES.....	67
APÉNDICES.....	69
A 1. Primer reporte generado por el Centro Queretano de Recursos Naturales	70
A 2. Fichas técnicas de las acciones propuestas para controlar la erosión en el municipio de Huimilpan	85
REFERENCIAS.....	96

Tablas

Tabla 1 Volumen de la producción de carne en canal de ganado y de aves en el 2006 (toneladas)	12
Tabla 2 Principales localidades del municipio de Huimilpan.	12
Tabla 3 Evolución del total de la población de Huimilpan y la del estado de Querétaro.	12
Tabla 4 Condiciones en las que se presentan los tipos de vegetación en el centro y sur del estado de Querétaro.	14
Tabla 5 Superficie en hectáreas de los tipos de vegetación hipotética del municipio.	17
Tabla 6 Superficie en hectáreas de los tipos de vegetación genéricos en el municipio.	19
Tabla 7 Estimación de la pérdida anual del suelo, en centímetros de profundidad, de tres tipos de suelo, por textura y pedregosidad, de acuerdo con la densidad aparente del suelo.	32
Tabla 8 Factores tomados en cuenta para la clasificación de áreas de acuerdo con su erosión actual y potencial.	34
Tabla 9 Superficies actual, potencial (hipotética), perdida y restante de bosques templados en nueve municipios del centro y sur del estado de Querétaro.	50
Tabla 10 Características de las zonas prioritarias para la reforestación en el sur del municipio.	54
Tabla 11 Especies incluidas en la NOM- 059- ECOL- 2001 en el Parque Nacional "El Cimatario".	64
Tabla 12 Áreas naturales actuales y propuestas, vegetación a proteger y superficies.	65

Figuras

Figura 1 Bosques de encino en los cerros Capula y Bravo, así como en cañadas que bajan hacia la presa San Pedro.	2
Figura 2 Localización del municipio de Huimilpan.	5
Figura 3 Paisaje en la zona sur del Cerro Capula, con abundantes zonas erosionadas y numerosos bordos.	7
Figura 4 Unidades de paisaje del municipio de Huimilpan (CQRN).	9
Figura 5 Zona de fuerte erosión edáfica y geológica, "badlands", en los límites entre las unidades del Bajío de la Noria y El Milagro.	10
Figura 6 Lirio azteca, <i>Sprekelia formosissima</i>	15
Figura 7 Vegetación hipotética del municipio de Huimilpan.	16
Figura 8 Porcentaje de los distintos tipos de vegetación hipotética en el municipio.	17
Figura 9 Carta de uso del suelo CETENAL, 1972, sobre el modelo de <i>Google Earth</i>	20
Figura 10 Imagen de satélite <i>Landsat</i> 1986.	20
Figura 11 Imagen <i>SPOT 5</i> de 2004.	21
Figura 12 Imagen <i>Quickbird, Digital Globe</i> (en <i>Google Earth</i>), de diciembre de 2006.	21
Figura 13 Vegetación actual en el municipio.	22
Figura 14 Ladera en el Cerro de la Cruz.	25
Figura 15 Zonas con bosque de encino en Cerro Bravo.	26
Figura 16 Panorámica de una gran área erosionada al sur de Cerro Bravo.	27
Figura 17 Acercamiento sobre el terreno de la erosión total en la Figura 16.	27
Figura 18 Panorámica de los afloramientos de materiales lacustres al norte de la meseta de El Milagro.	28
Figura 19 Cárcavas de varios metros de espesor, en los "badlands" de El Milagro.	29
Figura 20 Pérdida potencial de suelo en Huimilpan.	30
Figura 21 Erosión en el municipio de Huimilpan.	31
Figura 22 Áreas con erosión fuerte o total en el municipio, interpretadas visual y automáticamente sobre imágenes de satélite.	33
Figura 23 Terrenos del municipio, clasificados en forma cualitativa de acuerdo con su erosión actual y su propensión a la erosión.	35
Figura 24 Zonificación del municipio de Huimilpan para realizar acciones de conservación y retención de suelo.	37
Figura 25 Erosión intensa en laderas del sur del municipio.	38
Figura 26 Cárcavas en la Zona A.	39
Figura 27 Paisaje característico de la Zona B.	40
Figura 28 Paisaje característico de la Zona C, al sur del municipio.	42
Figura 29 Afloramientos rocosos en la Zona C.	43
Figura 30 Campo de cultivo en la Zona D.	44
Figura 31 Panorámica de la Zona D.	45
Figura 32 Panorámica de la Zona E.	46
Figura 33 Panorámica de la Zona F en los cerros Bravo y Capula.	47
Figura 34 Lecho de un arroyo (Zona G) en el sur del municipio.	48
Figura 35 Superficies actual y potencial (hipotética) de bosques templados en nueve municipios del centro y sur del estado de Querétaro (CQRN).	51
Figura 36 Zonas prioritarias para la reforestación en el sur del municipio.	53
Figura 37. Áreas Naturales Protegidas en el municipio de Huimilpan.	64
Figura 38. Áreas Naturales Protegidas actuales y propuestas para el municipio de Huimilpan.	66

ANTECEDENTES

En la primavera del año 2008, el H. Ayuntamiento de Huimilpan solicitó al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), a través del Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN), su apoyo para un diagnóstico técnico sobre diversos aspectos puntuales relacionados con la cuenca del río Huimilpan y sobre el propio río, a su paso por la cabecera municipal. Los resultados y las recomendaciones contenidos en este diagnóstico se presentan en el **Apéndice 1** de este reporte.

Dicho diagnóstico y las propuestas que de él se derivaron, llevó a una más amplia colaboración entre el Ayuntamiento y el CQRN, para contar con un diagnóstico de la vegetación y el estado de los suelos en todo el municipio, del que puedan derivarse lineamientos que permitan al municipio el establecimiento de un plan para la reforestación, así como para evitar la pérdida de suelo en su territorio. Los resultados de este diagnóstico se encuentran en el presente reporte técnico.

INTRODUCCIÓN

La vegetación natural es el soporte del patrimonio biológico de un país o de una región. Es además, la fuente de un muy valioso flujo de bienes y servicios económicos, ambientales y culturales; limita la erosión e influye en las características del clima a niveles meso y microclimáticos. Sin embargo, en amplias regiones de la Tierra y, en particular en México, la vegetación ha estado sujeta a un proceso de destrucción que lleva ya muchas décadas. Esto ha incidido en el deterioro y la pérdida de otros recursos como el agua subterránea y el suelo.

Dentro de los varios factores que incentivan este proceso en la actualidad, uno de los que más influye es el poco valor de uso directo (valor comercial), lo que reduce la renta esperada de las tierras forestales e incentiva su transformación en milpas y potreros.

El territorio del municipio de Huimilpan, que probablemente tuvo una cobertura original de bosques templados de encino cercana a la mitad de su extensión (ver **Vegetación original del municipio** en la página 13), fue deforestado históricamente en más del 75 % de tal superficie. Esta deforestación debe haber comenzado desde tiempos prehispánicos y continuó seguramente durante el periodo colonial, y hasta la segunda mitad del siglo XX. Otros tipos de vegetación arbórea, como el bosque tropical caducifolio y el bosque espinoso o mezquital, que no cubrían áreas tan amplias, fueron eliminados en más del 90 % o en su totalidad, respectivamente (véase **EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y EL USO DEL SUELO** en la página 13).

Dicha deforestación, aunada a algunas prácticas agropecuarias en terrenos frágiles del municipio, ha contribuido a la degradación y a la pérdida parcial o total del suelo en amplias superficies y, consecuentemente, al azolvamiento de cuerpos de agua, a la pérdida en la capacidad de retención de humedad y a la capacidad de infiltración que originalmente tenían los terrenos huimilpenses. En las últimas décadas, sin embargo, debido al establecimiento de reforestaciones y obras de

control de la erosión, así como al abandono de áreas agrícolas de temporal, parece haberse alcanzado un estado de equilibrio y propiciado, inclusive, alguna recuperación en los terrenos degradados en ciertas zonas.



Figura 1 Bosques de encino en los cerros Capula (en primer plano) y Bravo, así como en cañadas que bajan hacia la presa San Pedro.

Por todo esto, se hace deseable contar con un diagnóstico del estado de la vegetación y de los suelos en el territorio municipal, y con propuestas de políticas y acciones que puedan resultar de utilidad a las autoridades de los tres niveles de gobierno, cuyas funciones tienen que ver con la conservación de estos recursos y el mejoramiento del medio natural.

OBJETIVOS

El presente trabajo pretende ofrecer un marco general para las actividades de reforestación y de control de pérdida de suelo en el municipio de Huimilpan. En él, se localizan y caracterizan las zonas prioritarias para establecer o mejorar obras de conservación, protección y recuperación de los suelos y de la vegetación.

Así pues, se definen las áreas que se considera son susceptibles de reforestación, priorizadas en términos de la fragilidad de los terrenos y de las características del suelo existente. Por otro lado, se localizan las áreas que necesitan ser atendidas con obras específicas para evitar la pérdida de suelos, así como los tipos de obra que deben ser realizados.

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados, se aprovechó la cartografía existente de varias fuentes: INEGI (1972, 1973, 1986, 1988), el Gobierno del Estado de Querétaro (2002) y el propio CQRN. Para la actualización y la generación de nuevos mapas, se utilizaron diversas herramientas y procedimientos de la Percepción Remota y de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La información resultante se complementó con recorridos de campo para verificar y corroborar los resultados obtenidos.

Para generar el Mapa de Vegetación Hipotética (**Figura 7**, página 16), se utilizó información disponible en la cartografía actual de uso del suelo y vegetación y modelos de elevación digitales (INEGI, 2003) o derivados de éstos, mediante procesos de SIG, y se correlacionaron distintas condiciones ambientales como la altitud, la pendiente y el clima. Información adicional a la obtenida en campo sobre especies vegetales indicadoras, se obtuvo de otras fuentes.

Para el análisis de la evolución de la vegetación y el uso del suelo en el municipio, se empleó la cartografía del INEGI (1972) de uso del suelo, escala 1:50,000 digitalizada por el CQRN, así como imágenes de satélite de 1986, 2004 y 2006, interpretadas visualmente en el SIG.

Para generar el Mapa de Erosión Total (**Figura 22**, página 33), se utilizaron diversas imágenes de satélite, las cuales fueron clasificadas automáticamente, e interpretadas visualmente. Los resultados fueron corroborados en los diversos recorridos de campo.

Los Mapas de Áreas Prioritarias para el Control de la Erosión (**Figura 24**, página 37) y de Áreas Prioritarias para la Reforestación (**Figura 36**, página 53) se obtuvieron a través de un análisis espacial, en el SIG, de diversas variables, como la pendiente, la profundidad del suelo, el uso actual del suelo y la vegetación, a partir de la información contenida en los mapas y modelos digitales ya mencionados.

Información más detallada acerca de los datos y procedimientos empleados, se describe en cada uno de los capítulos correspondientes.

DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE HUIMILPAN

Aspectos geográficos

El municipio de Huimilpan se localiza en el suroeste del estado de Querétaro. La porción más sureña del municipio forma parte de la llamada “Sierra Queretana”, o Sierra de Amealco, mientras que la parte norte del municipio forma parte del llamado “Bajío Queretano”. De acuerdo con el Mapa Oficial de Gobierno del Estado (2002), Huimilpan limita al Este con los municipios de Pedro Escobedo, Amealco de Bonfil y una mínima parte con San Juan del Río; al Oeste limita con el municipio de Corregidora y el estado de Guanajuato; al Sur colinda con el municipio de Amealco de Bonfil y los estados de Michoacán de Ocampo y Guanajuato; y al Norte colinda con los municipios de El Marqués, Querétaro y Pedro Escobedo.

El municipio de Huimilpan ocupa un área que ha estado poblada desde tiempos prehispánicos. Huimilpan significa “lugar de grandes milpas”. Fue el primer enclave conquistado por los españoles en lo que hoy son tierras queretanas. Sus abundantes recursos forestales fueron aprovechados durante los siglos coloniales como fuente de madera para la construcción y combustible que demandaba la ciudad de Querétaro. Es un municipio relativamente joven, pues apenas se le reconoce tal estatus a partir de 1941.

Se ubica entre las coordenadas 20° 17' y 20° 33' de latitud Norte y las coordenadas 100° 11' y 100° 24' de longitud Oeste. La cabecera municipal se encuentra a 2,280 metros sobre el nivel del mar (msnm) y a 35 Km de la capital del estado, vía el Parque Nacional Cimatario-Lagunillas. Huimilpan, por su extensión territorial, es más grande que cinco municipios (Corregidora, San Joaquín, Ezequiel Montes, Pedro Escobedo y Tequisquiapan, en ese orden). Ocupa un poco más del 3 % de la superficie estatal. Las principales elevaciones se encuentran al sur del municipio. Las tres mayores son el Cerro Bravo, el Cerro Grande y el Cerro Capula.

Medio natural

Para comprender mejor la geografía de Huimilpan, se emplea en este proyecto una regionalización hecha especialmente en el CQRN que toma en cuenta los principales estudios realizados para Querétaro en años recientes (INEGI, 1986; CQRN, 2002; SEDESU, 2002), en la que se hace una subdivisión más detallada con el empleo de nombres conocidos en la región. Así, las características del medio natural se presentan agrupadas por región, en lugar de la habitual división temática. De este modo, las relaciones entre los diversos factores que en conjunto conforman el medio natural, son más evidentes.

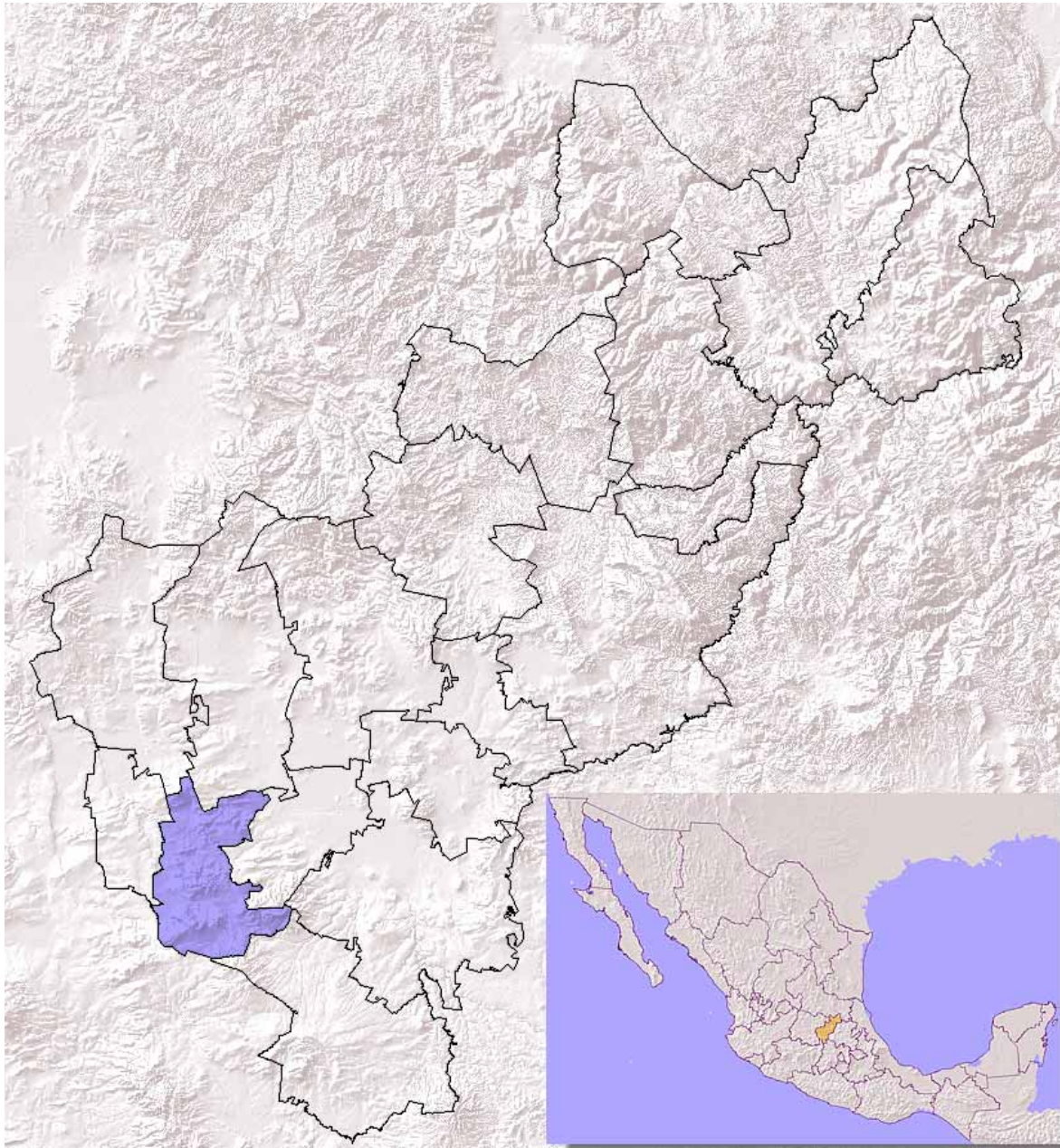


Figura 2 Localización del municipio de Huimilpan.

Paisajes del municipio

El territorio del municipio de Huimilpan presenta una gran variación en sus paisajes, considerando su limitada extensión. La altitud media del municipio es de 2,256 msnm; la mayor altura está en la cumbre del Cerro Bravo, a 2,820 msnm y la menor, de 1,911 msnm, en los límites con el municipio de Pedro Escobedo, cerca de la comunidad de San Antonio de la Galera.

Aun cuando hay quien considera que Huimilpan pertenece a la llamada “Región Centro” del estado (SEDESU, 2007), junto con los municipios queretanos de

Querétaro, El Marqués y Corregidora, lo cierto es que la parte central y el sur del municipio comparten muchas características naturales, económicas y culturales con Amealco y con la parte sur de Pedro Escobedo, dado que se encuentran dentro de lo que tradicionalmente se denomina “Sierra Queretana” o Sierra de Amealco. En tanto, la parte más norteña del municipio, tiene afinidades con el bajío, en donde se ubica la capital estatal, por lo que aquí se considera que pertenece a otra región: la de los Bajíos Queretano y de La Noria.

Ambas regiones se localizan dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico (INEGI, 1986), que se caracteriza por la presencia de numerosos volcanes de varios tipos, llanuras de relleno aluvial o lacustre, y fosas tectónicas relacionadas con dos grandes sistemas de fallas geológicas: uno cuya orientación principal es Nor Noroeste–Sur Sureste, y otro perpendicular al primero.

Paisajes de la Sierra Queretana

Las tierras altas en las zonas sureña y central del municipio, forman parte de la región llamada Sierra Queretana. Se trata de una mesa volcánica: la Mesa de Huimilpan, en donde está la cabecera, cuya superficie, de llanos y lomeríos suaves, es la base en que se elevan conjuntos de volcanes de laderas con fuertes pendientes, Sierras Riolíticas como la de Capula y Cerro Bravo; la Sierra del Rincón, que comparte Huimilpan con Amealco; Cerro Blanco y La Cruz, que alcanzan, en general, altitudes de más de 2,700 msnm, salvo Cerro Blanco, que apenas alcanza los 2,560.

Se trata de terrenos sujetos a un clima templado subhúmedo, con lluvias de verano (García, 1978; INEGI, 1986) y un periodo seco en el invierno y en la primavera, cuyas temperaturas medias anuales van de poco más de 16°C hasta los 14°C en las cumbres más elevadas. La lluvia anual promedio tiene un gradiente de Norte a Sur, desde unos de 700 mm hasta más de 750 en El Rincón y Cerro Bravo.

Las rocas de la Sierra Queretana son todas volcánicas, de formación relativamente joven. Algunas de las tobas formadas por depósitos de arena volcánica en la superficie de la Mesa de Huimilpan, tienen sólo poco más de 4 millones de años de antigüedad y se relacionan a la erupción de un gran volcán: la Caldera de Amealco (Aguirre-Díaz, 1999). Las sierras están formadas por varios tipos de rocas, pero dominan las riolitas densas y ricas en sílice, de color crema-rosado.

Dos grandes fallas limitan a la mesa: por el oriente una cuya dirección es Nor Noroeste–Sur Sureste, entre la cabecera y La Ceja, que se extiende hacia el norte para cortar la parte oriental de El Cimatario, y por el este de la ciudad de Querétaro; y otra, de hecho un sistema de varias fallas, cuya dirección es Este Noreste–Oeste Suroeste, desde Ajuchitlancito (Pedro Escobedo), pasando por La Cuesta, al norte de Cerro Blanco y hasta Ceja de Bravo, para internarse en el estado de Guanajuato (INEGI, 1988; Aguirre-Díaz *et ál.*, 2003).

Otras fallas paralelas a la primera se ubican en la zona occidental del municipio, formando lo que se conoce como “cejas”, es decir, escarpas de unas cuantas decenas hasta algo más de 100 metros.



Figura 3 Paisaje en la zona sur del Cerro Capula, con abundantes zonas erosionadas y numerosos bordos.

Los suelos (INEGI, 1973) en las Sierras Riolíticas son poco profundos, de color pardo y texturas medias (Litosoles y Feozem). Son suelos que presentan una alta erosión potencial de manera natural, aunque estén cubiertos por vegetación, debido principalmente a las fuertes pendientes, de modo que al ser deforestados, se erosionan totalmente en poco tiempo.

En los lomeríos de la Mesa de Huimilpan hay suelos pardos de profundidad moderada (alrededor de 40-60 cm) sobre tepetates o roca. Por último, hay pequeñas áreas de suelos profundos en zonas llanas, a menor altitud que las lomas.

En esta zona hay una gran cantidad de bordos de varias dimensiones, cuyo número es mayor a 800 en el municipio.

La naturaleza de los suelos, las pendientes convexas de la roca y el régimen de lluvias, todo ello combinado con la remoción total de la vegetación de bosque y algunos matorrales que los cubrían originalmente, ha provocado la pérdida de buena parte de los horizontes superficiales del suelo y la presencia de abundantes

cárcavas y afloramientos de roca en toda la mesa. En el Mapa de Áreas Erosionadas (**Figura 22**, página 33) se ve que es precisamente en esta región, en donde se presenta la mayor parte de los suelos perdidos totalmente en el municipio (cerca de 800 ha. Véase **Elaboración del Mapa de Erosión Total**, página 32), y muchas áreas con erosión fuerte, tanto laminar como en surcos y cárcavas.

La vegetación en las sierras es principalmente de bosques de encino, que se ha conservado en zonas importantes. En la Mesa, existieron también estos bosques predominantemente pero sólo subsisten en algunas cañadas o lomas. Todos los demás terrenos en estos lomeríos presentan pastizales o agricultura fundamentalmente de temporal, que se han ido abandonando en los años recientes.

Paisajes del Bajío de La Noria y las mesetas que lo rodean

Al norte del sistema de fallas geológicas que pasa por Cerro Blanco y La Cuesta, se extiende una serie de escalonamientos de mesetas, grandes y pequeñas cañadas (como el cañón por el que corre el río Huimilpan), lomeríos y algunos pequeños volcanes. Esta es una depresión llamada “fosa tectónica”, cuyo fondo es el Bajío de La Noria, provocada por el hundimiento de bloques debido a la presencia de un sistema cuadrangular de fallas que se encuentra en toda la parte norteña del municipio y continúa en el Bajío Queretano, al norte de El Cimatarío.

La altitud de estos escalonamientos es de unos 2,150 msnm en la zona de La Cuesta, en las mesetas altas de Ceja de Bravo y en los lomeríos y mesetas al oriente del municipio, en la región de Los Cues. Un segundo escalón más bajo, en la zona de El Milagro, tiene alrededor de 2,000 msnm. Por último, el Bajío de La Noria se encuentra a 1,950 msnm.

El clima en esta región, va desde el templado húmedo, en el sur, hasta semiseco templado en La Noria, mientras que la temperatura media anual va desde los 16.5°C en las mesetas, hasta 17.5°C en las partes más bajas. Las lluvias anuales son de entre 650 y 700 mm, respectivamente (García, 1978; INEGI, 1986).

En las lomas y cañadas que conforman la región denominada aquí como La Cuesta, hay varios tipos de rocas volcánicas, aunque las predominantes son basaltos. Las cañadas tienen pendientes muy fuertes, suelos someros y pedregosos (INEGI, 1973) y vegetación que va desde los bosques de encino hasta matorrales de cactáceas en las zonas más bajas (INEGI, 1972, 1986).

Las mesetas presentan suelos pardos de profundidad media, erosionados moderadamente, y en su mayoría han sido despojadas de la vegetación natural.

La zona de Ceja de Bravo, al poniente, presenta mesetas sobre tobas y algunas lomas y cerritos volcánicos de basalto. El suelo es negro y arcilloso, muy fértil y poco permeable, clasificado como Vertisol Pélico, de profundidad moderada, o bien profundo, así como algunos Chernozem profundos en las zonas de menor pendiente. La vegetación natural ha sido eliminada en su gran mayoría. En las

lomas hay suelos menos profundos, pedregosos, y persisten matorrales subtropicales y crasicauale (de grandes cactáceas).

Una gran área al oriente del municipio y de los escalonamientos de la fosa tectónica, es la llamada Los Cues. En ella se presentan numerosas lomas alargadas de basalto, erosionadas en esa forma por abundantes fallas en sentido Este Noreste-Oeste Suroeste y producto de erupciones ocurridas hace 12-15 millones de años.

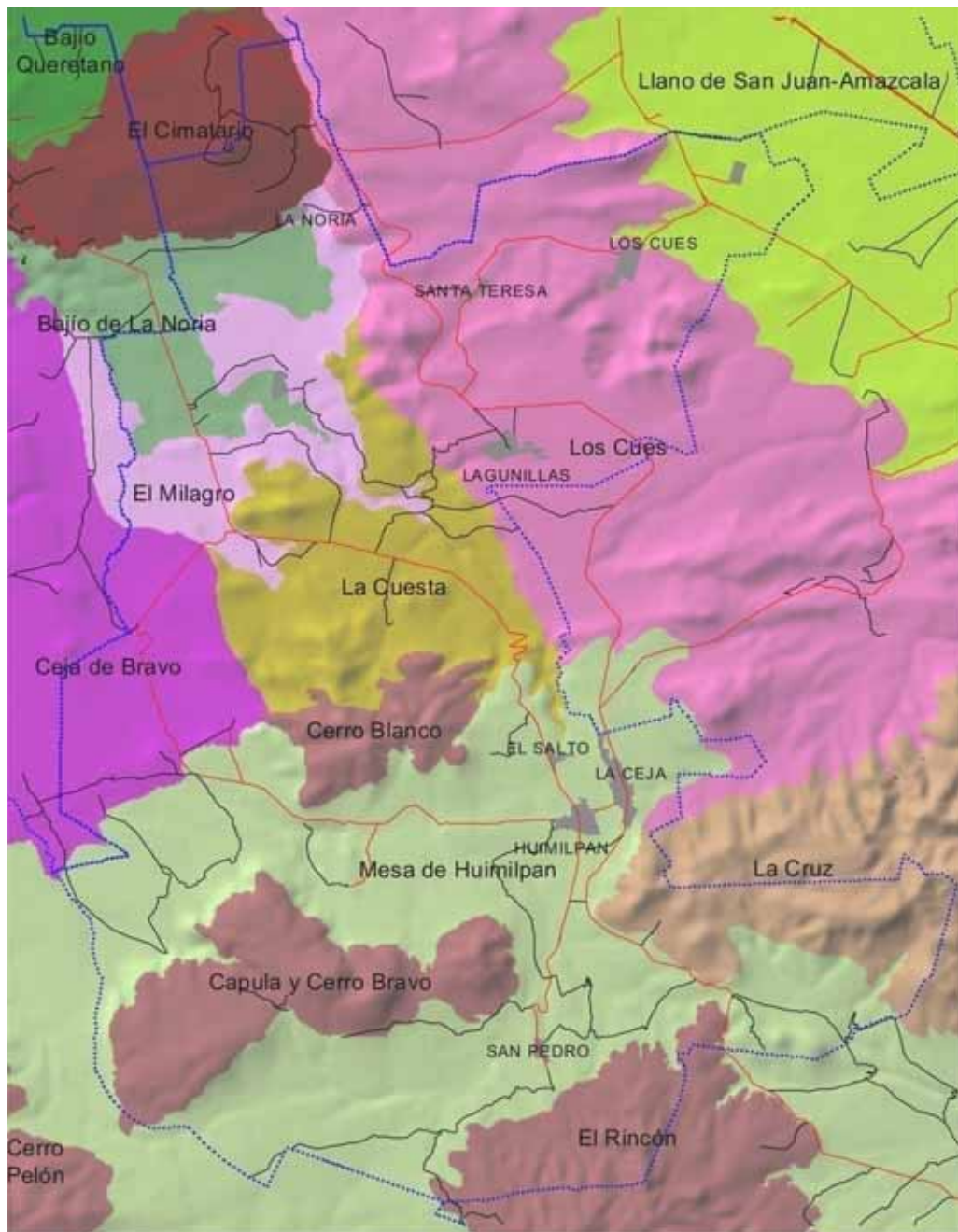


Figura 4 Unidades de paisaje del municipio de Huimilpan (CQRN).

La pendiente general de estos lomeríos baja hacia el Llano de San Juan, en sentido Noroeste-Sureste. Se presentan también algunos pequeños volcanes de brecha volcánica o andesita, como el cerro de La Machorra en el municipio de El Marqués (INEGI, 1988). En ellas se presentan suelos someros, negros y arcillosos, y vegetación de matorrales crasicaule (con dominancia de grandes cactáceas como garrambullos y órganos) moderadamente conservada. En particular en las laderas huimilpenses del Parque Nacional El Cimatario y en algunas otras más al sur, hay algunas zonas con bosques tropicales caducifolios en buen estado de conservación.

En las zonas más bajas de la fosa tectónica, encontramos un escalón de mesetas que rodea inmediatamente al Bajío de La Noria. Éste se ha denominado El Milagro, y está formado por materiales volcánicos y lacustres en proceso de erosión geológica muy intensa, estimulada fuertemente por la agricultura y la actividad humana, en general.

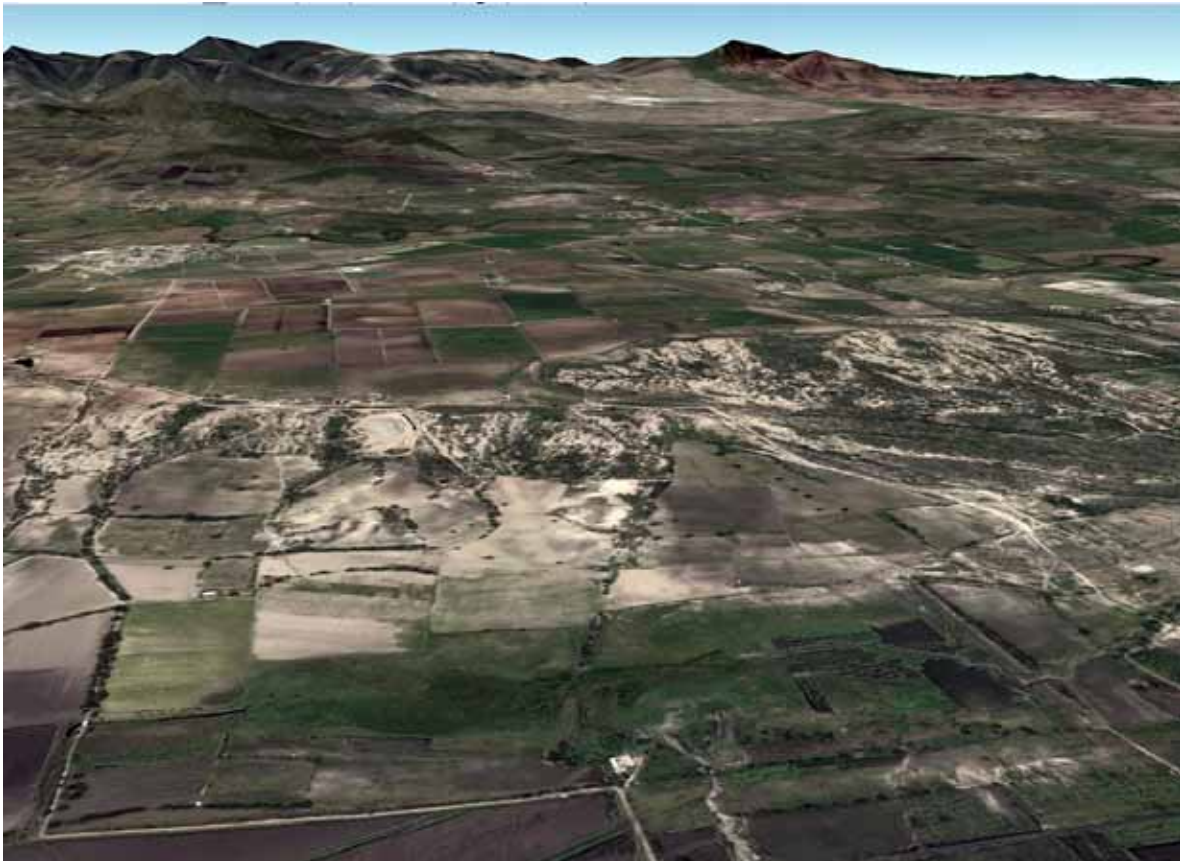


Figura 5 Zona de fuerte erosión edáfica y geológica, “badlands”, en los límites entre las unidades del Bajío de la Noria y El Milagro.

La zona de El Llano (en donde se encuentra el relleno sanitario del municipio) es lo que técnicamente se llama “badlands”: una zona de erosión en la que no sólo el suelo, sino los depósitos lacustres poco consolidados debajo de él, han producido cárcavas de unos 10 metros de profundidad.

Los suelos son someros o de profundidad moderada y muestran amplias zonas con pérdida del horizonte superficial. La vegetación ha sido removida en su mayor parte, y en donde se la encuentra ésta es de matorrales subtropicales y crasicauale.

El Bajío de La Noria, presenta suelos profundos, negros y arcillosos (Vertisol Pélico) (INEGI, 1972, 1986) y se dedica en su mayoría a la agricultura de riego.

Al norte de La Noria, se ubica El Cimatario, volcán basáltico de laderas tendidas, con suelos negros arcillosos, muy pedregosos y vegetación muy alterada, salvo en zonas específicas. En las laderas bajas, en donde ha sido mayor la influencia antrópica, se presenta erosión en cárcavas en áreas localizadas. La vegetación originalmente iba desde bosques tropicales caducifolios hasta, probablemente, bosque de encino, pero hoy los primeros se encuentran muy alterados, los otros desaparecidos y en cambio hay parcelas abandonadas, praderas y reforestaciones con plantas ajenas a la zona (INEGI, 1972; CQRN-SEDESU, 2004).

Hidrología

El territorio del municipio de Huimilpan está casi totalmente incluido dentro de dos cuencas. Una de ellas la hemos denominado Cuenca del río Bravo, que nace en las zonas altas al sur del municipio, formando parte de ella las presas La Ceja y Presa de Bravo. La otra cuenca es la del río Huimilpan, dentro de la cual están ubicadas las presas San Pedro, San José y El Zorrillo, así como la cabecera municipal, Huimilpan.

Ambas cuencas descargan sus aguas en el municipio de Corregidora, concretamente en la presa El Batán, dando origen al río El Pueblito, el que posteriormente se unirá al río Querétaro el cual, a su vez, se unirá al río La Laja, ya en el estado de Guanajuato, que es un afluente del río Lerma. Así pues, ambas cuencas pertenecen a la gran cuenca Lerma – Chapala (CQRN, 2003).

Agricultura

De acuerdo con el *Cuaderno Estadístico Municipal* (INEGI, 2002), los principales cultivos por superficie sembrada del municipio son el maíz y el frijol, cultivos a los que se dedica casi el 56 % de la superficie municipal. Otros cultivos de menor importancia (por su extensión) son alfalfa, avena y chile, entre otros. El pastizal está presente en casi el 18 % del municipio. El resto de la superficie municipal está conformado por bosques y matorral.

Aprovechamiento forestal

De acuerdo con datos publicados en el *Anuario Estadístico Querétaro de Arteaga* (INEGI, 2007) con datos del 2006, el municipio de Huimilpan produjo exclusivamente madera de encino. Según esta publicación, se produjo un total de 174 metros cúbicos, lo que representa el 15.35 % del total de madera de encino producida en la entidad y apenas el 2.85 % del total de madera producida en el estado. De acuerdo con esta misma publicación, el ingreso de tal producción forestal fue de 87,000 pesos.

Ganadería

Si bien es cierto que la actividad ganadera es importante para los habitantes de Huimilpan, su aportación es relativamente pequeña comparada contra el total del estado, como puede apreciarse en la tabla siguiente.

Tabla 1 Volumen de la producción de carne en canal de ganado y de aves en el 2006 (toneladas).

	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Aves	
					Gallináceas	Guajolotes
Estado	27,292	12,624	685	170	206,659	39
Huimilpan	257	224	30	6	171	1
Porcentaje de participación	0.94 %	1.77%	4.38%	3.53%	0.08%	2.56%

Fuente: CQRN con base en el *Anuario Estadístico de Querétaro de Arteaga 2007*

Población

En la siguiente tabla se observan las 10 principales localidades del municipio, según su número total de habitantes, de acuerdo con el II Censo de Población efectuado por el INEGI en 2005 (INEGI, 2006). Al contrario de lo que ocurre en la mayoría de los municipios del estado, la cabecera municipal, Huimilpan, no es la localidad con mayor número de habitantes del municipio.

Tabla 2 Principales localidades del municipio de Huimilpan.

Localidad	Población total	Hombres	Mujeres
Lagunillas	2,486	1,245	1,241
El Vegil	2,381	1,144	1,237
Taponas	1,817	904	913
La Ceja	1,803	865	938
Huimilpan	1,517	684	833
La Noria	1,433	676	757
El Milagro	1,403	682	721
Los Cues	1,348	684	664
San Pedro	1,141	570	571
Apapátar	1,141	556	585

Fuente: CQRN con base en los resultados del II Censo de Población (INEGI, 2006)

En la siguiente tabla se presenta la evolución del total de la población del municipio, comparada contra la evolución de la población del estado. Como puede observarse, aunque el municipio cada vez tiene mayor población, el porcentaje con respecto del total de la población del estado cada vez es menor. Tal porcentaje alcanzó su máximo en el censo de 1960 y a partir de ese censo, empezó a decaer.

Tabla 3 Evolución del total de la población de Huimilpan y la del estado de Querétaro.

Año	Población total		Porcentaje
	Huimilpan	Estado	
1950	8,515	286,238	2.97
1960	11,275	355,045	3.17
1970	14,237	485,523	2.93
1980	17,113	739,605	2.31
1990	24,106	1,051,235	2.29
1995	26,809	1,250,476	2.14
2000	29,140	1,404,306	2.07
2005	32,728	1,598,139	2.04

Fuente: CQRN con base en el *Cuaderno Estadístico Municipal* y resultados del II Censo de Población INEGI 2005

EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y EL USO DEL SUELO

Como prácticamente toda la parte central y sur del estado, Huimilpan ha sufrido cambios sustanciales en su vegetación original, ocasionados desde tiempos prehispánicos por la agricultura y la utilización de los recursos forestales, a las que se les añadió, desde tiempos coloniales, la ganadería y, más recientemente, el crecimiento de las localidades urbanas y las zonas industriales.

Puede decirse que antes de la llegada de los seres humanos a un territorio, éste estaba cubierto prácticamente en su totalidad por vegetación natural, salvo en los casos de cuerpos de agua, terrenos volcánicos recientes y áreas de relieve muy accidentado en donde aflora la roca. Definimos “vegetación natural” como aquella que se encuentra en una región en la que no ha habido la intervención de los seres humanos, es decir, la que conforma los ecosistemas en estado natural.

Vegetación original del municipio

Se considera importante para los propósitos del presente trabajo, definir cuál pudo haber sido la cobertura de vegetación originalmente en Huimilpan. Para reconstruir los ecosistemas originales se requieren estudios detallados, que suelen ser costosos en tiempo y otros insumos, y que, entre otras cosas:

- Analicen la presencia y distribución actuales de los diversos tipos de vegetación en buen estado de conservación;
- Relacionen la presencia de cada tipo de vegetación con las condiciones climáticas, de pendiente, tipos de rocas y suelos específicos en los que se encuentra;
- Identifiquen la presencia de plantas propias de cada tipo de vegetación que pudieran encontrarse aisladas en áreas desmontadas o con vegetación alterada;
- Revisen documentos históricos en los que se describa la vegetación, así como mapas y registros fotográficos antiguos, e;
- Identifiquen las especies a las que pertenece el polen fósil y otras partes fosilizadas de plantas que ya no se encuentran.

Creación del Mapa de Vegetación Natural Hipotética

No obstante lo anterior, es posible plantear una primera aproximación a lo que puede haber sido la cobertura vegetal original en los terrenos del municipio, mediante el empleo de herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG) y de la cartografía temática disponible (Warren, 1998).

De esta manera, es posible obtener un Mapa de Vegetación Natural Hipotética que sirva de base a otros estudios tendientes a una mayor comprensión de lo que fue la vegetación y cuál ha sido la dinámica de cambio que ha inducido en ella la actividad humana. Para realizar dicho mapa, se partió de la cartografía actual sobre los tipos de vegetación natural en Huimilpan y la región central y sur del estado de Querétaro (CQRN-SEDESU, 2004), y se relacionó la presencia de dichos tipos de vegetación con las condiciones de:

- Altitud sobre el nivel del mar;
- Pendiente;
- Clima: relacionado con las condiciones de temperatura media anual y precipitación total anual;
- Tipo y profundidad del suelo (donde éste se encuentra sin erosión fuerte).

Tabla 4 Condiciones en las que se presentan los tipos de vegetación en el centro y sur del estado de Querétaro.

Vegetación	Altitud	Pendiente	Clima	Tipo de suelo
Bosque de encino	> 2,200	> 3%	Templado subhúmedo	Feozem y Litosol, someros a moderadamente profundos
Matorral crasicaule	1,800-2,200	> 3%	Semiseco templado y semiseco semicálido	Feozem y Vertisol moderadamente profundos, pedregosos; Litosol
Mezquital	1,750-1,950	< 3%	Semiseco templado y semiseco semicálido	Vertisol Pélico Feozem, moderadamente o muy profundos
Pastizal natural	> 2,200	< 3%	Templado subhúmedo	Feozem Háptico y Lúvico, moderadamente a muy profundos
Bosque tropical caducifolio	< 1,950	> 3%	Semiseco semicálido	Feozem-Litosol, Vertisol, pedregosos, someros a moderadamente profundos

Fuente: Gobierno del Estado, INEGI, CQRN, SEDESU

Después se extrapoló cada tipo genérico de vegetación hacia todas las áreas que ya no presentan vegetación natural, pero que presentan condiciones semejantes en los factores enlistados. En la **Tabla 4** se presentan dichas condiciones para cada tipo de vegetación. Además de lo anterior, se consideraron estudios previos de la vegetación que definan los tipos y su distribución, así como mapas al mayor detalle y grado de actualización posibles. Registros georreferenciados de especies de plantas típicas o exclusivas de algún tipo particular de vegetación, se emplean también como información concurrente, así como las observaciones realizadas en el campo durante el presente proyecto y otros que el CQRN ha llevado a cabo.

En el caso particular de los denominados “matorrales subtropicales”, Rzedowski (1987) los consideró como una etapa de sucesión, muy estable, de los bosques tropicales caducifolios, probablemente despojados de su vegetación arbórea. Así, dentro de la definición de las condiciones en las que se presenta el bosque tropical caducifolio, se tomaron en cuenta también aquellas que corresponden a los matorrales subtropicales.

Otro dato de interés es la presencia de *Sprekelia formosissima*, el llamado “lirio azteca”, planta de la familia de las *Amaryllidaceae*, que se encontró en laderas altas del Parque Nacional “El Cimatario” (Hernández Magaña, R. Comunicación verbal). Esta planta (**Figura 6**) es propia de los bosques de pino y encino, así como del bosque mesófilo, e indica la probable presencia original de bosques de encino en este volcán, corroborando la hipótesis del Mapa de Vegetación Hipotética (**Figura 7**).



Figura 6 Lirio azteca, *Sprekelia formosissima*, en colección del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. Especie encontrada en El Cimatario y propia de bosques templados.

Diversas especies vegetales son indicadores de la presencia anterior, del disturbio y/o la remoción de ciertos tipos de vegetación, sea porque existen en ellos, o bien porque su abundancia se ve favorecida por la remoción de esta vegetación (caso de *Dodonaea viscosa*, el ocotillo, donde se han eliminado bosques o matorrales de clima templado). El estudio a detalle de estas plantas y su distribución será de gran ayuda en la reconstrucción de la vegetación original en Querétaro, aunque no se aborda en este reporte.

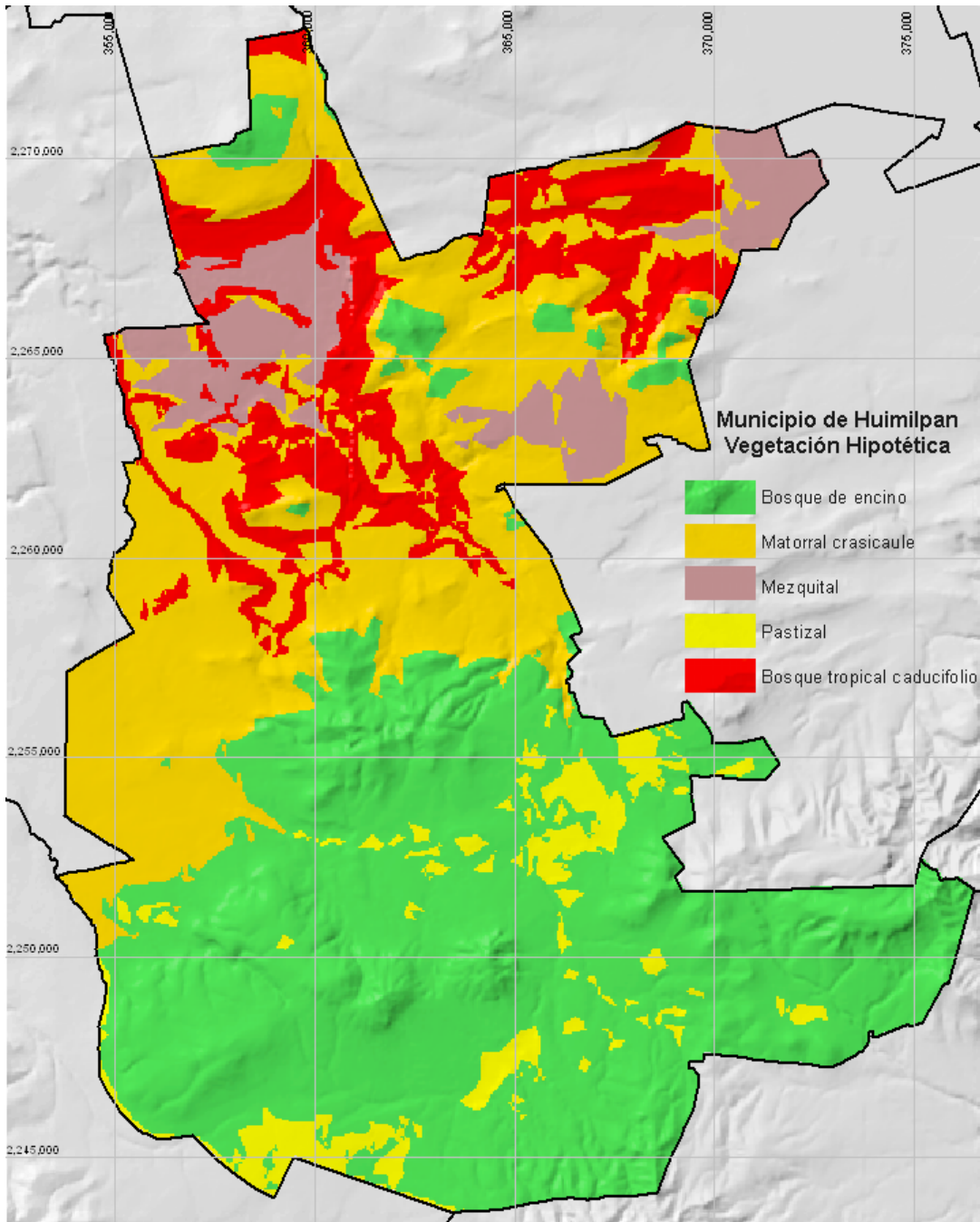


Figura 7 Vegetación hipotética del municipio de Huimilpan.

El Mapa de Vegetación Hipotética se presenta en la **Figura 7**. Los datos de la superficie de dicha vegetación se presentan en la **Tabla 5**. En la **Figura 8** se muestra una gráfica con los porcentajes de cada uno de los tipos de vegetación en el municipio.

Tabla 5 Superficie en hectáreas de los tipos de vegetación hipotética del municipio.

Vegetación hipotética	Superficie en ha	Altitud media	Pendiente media %
Bosque de encino	18,453	2,318	5.78
Matorral crasicaule	11,189	2,054	4.56
Mezquital	2,748	2,022	2.13
Pastizal	1,747	2,344	2.78
Bosque tropical caducifolio	4,724	2,031	4.75
Total	38,861		

Fuente: CQRN con base en el mapa de la **Figura 7**

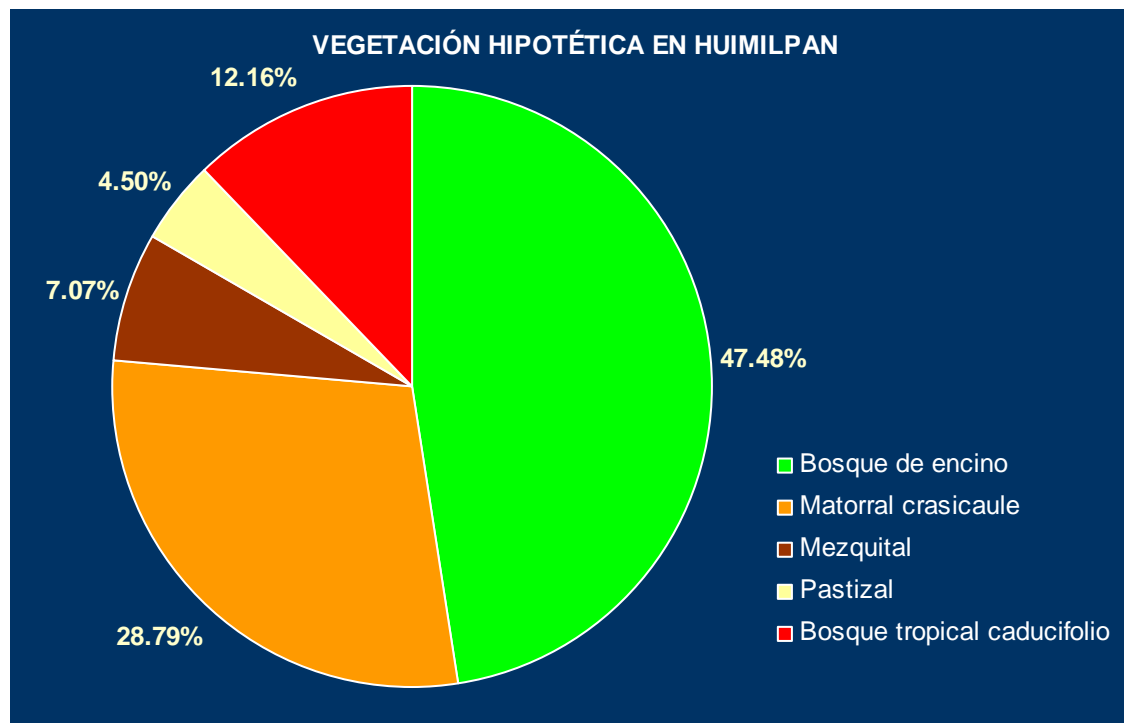


Figura 8 Porcentaje de los distintos tipos de vegetación hipotética en el municipio.

Evolución reciente de la vegetación

Recuento de los principales estudios de vegetación sobre el área

Los primeros autores en realizar estudios sobre la vegetación de Querétaro (Piña-Luján en 1967, Flores Mata *et ál.* en 1971 y Puig en 1976) coinciden en que las llanuras del centro y sur de Querétaro estuvieron cubiertas por mezquital. En el trabajo *Flora del Estado de Querétaro*, Piña-Luján consideró que las sierras en el sur de la entidad presentaban bosques de encino y pino, y Flores Mata representa áreas con matorral crasicaule y pastizal en la zona de Huimilpan.

En 1972, la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) levantó para el área de Huimilpan la cartografía de uso del suelo a escala 1:50,000, mediante fotografías aéreas tomadas en 1970, que contempla también la vegetación natural. En estos mapas, encontramos en muchas zonas del centro y sur, particularmente

lomeríos y pies de monte, vegetación de matorrales subinermes (codominancia de plantas arbustivas espinosas y sin espinas) asociados con nopalera y cardonal, en diversas proporciones (que corresponden parcialmente a los mezquiales y a los matorrales crasicaule de cartas anteriores). También aparecen matorrales espinosos (nopalera, cardonal) y pastizales. Las zonas altas del sur de la entidad presentan, de acuerdo con esta cartografía, pastizales inducidos, bosques de encino y matorrales inermes (con dominancia de arbustos sin espinas).

En los años 80 del siglo XX, el INEGI elaboró cartografía a las escalas de 1:1,000,000 y 1:250,000 de la totalidad del estado, en la que clasifica a la vegetación de la entidad con un sistema de orientación más ecológica, en la que el principal cambio es la definición del llamado “matorral subtropical” en el centro-sur del estado, que engloba a las asociaciones de arbustos altos de filiación tropical (como especies de los géneros *Lysiloma*, *Bursera* e *Ipomoea*) con grandes cactáceas y leguminosas propias de zonas semisecas, y que corresponde a los antes denominados mezquiales (Piña-Luján, 1967; Flores Mata, 1971), matorrales subinermes (CETENAL) y matorrales altos espinosos (Puig, 1976).

Zamudio y colaboradores elaboraron un estudio sobre la vegetación de Querétaro en 1992, en el que se presenta un mapa escala 1:250,000. En éste, los matorrales subtropicales de la CETENAL se clasifican como matorrales crasicaule (donde dominan el garambullo, órganos y otras cactáceas de gran porte) y selvas bajas caducifolias, en su gran mayoría consideradas como alteradas, de acuerdo con los conceptos de Rzedowski y Calderón (1987). También diferencian algunas áreas de bosque tropical caducifolio al norte de Huimilpan, en Querétaro y El Marqués.

En 1991, el Centro Queretano de Recursos Naturales realizó un mapa de la vegetación y el uso del suelo del estado de Querétaro a la escala 1:250,000 y más tarde, en 2001, otro de la zona sur del estado. En estos mapas, para el área de Huimilpan se muestran los bosques de encino y los matorrales subtropicales, mas no los bosques tropicales. Sólo en la última carta de vegetación (CQRN-SEDESU, 2004) se consideran ya los bosques tropicales en pequeñas áreas.

Más adelante (página 23), se presentan las definiciones de los tipos de vegetación de acuerdo a Zamudio *et ál.* (1992) y el CQRN.

Los cambios en la vegetación y el uso del suelo, de 1970 a 2007

Como se mencionó, la primera carta a detalle sobre la vegetación con la que se cuenta para el municipio, es la de uso del suelo de la CETENAL. El CQRN la digitalizó (ya que estas cartas no las produce INEGI en formato digital) y posteriormente la actualizó en conjunto con la Secretaría de Desarrollo Sustentable (CQRN-SEDESU, 2004). Así, se cuenta con un mapa a escala media de hace casi 40 años. Este mapa se comparó, para fines de actualización, con imágenes de satélite de 1986, 2002 (*Landsat*, 25 y 15 metros de resolución) y posteriormente con fotografías aéreas de 2004 (35 cm de resolución) e imágenes de diciembre de 2006 (*Digital Globe*, *Google Earth*, 70 cm de resolución), para algunas porciones del municipio. Lo que se observa en esta secuencia de tomas,

es que el uso del suelo y la vegetación, inclusive las amplias áreas con erosión en la parte alta del territorio huimilpense, no parecen haber cambiado apreciablemente en cerca de cuatro décadas.

A manera de ejemplo, se presenta una serie de imágenes (desde la **Figura 9** hasta la **Figura 12**) de un área al sur de Cerro Bravo, que presenta bosques, zonas agrícolas y pastizal, así como áreas con erosión intensa. Las imágenes corresponden a la carta CETENAL 1972, las mencionadas escenas de satélite de 1986 y 2004, así como la imagen de *Google Earth* para la zona de diciembre de 2006. Otras áreas del municipio muestran esta misma coincidencia a lo largo del mismo periodo.

En esta secuencia, y aunque las imágenes son de naturaleza distinta entre sí, es posible ver que a estas escalas no se aprecian diferencias entre la distribución de los bosques, las áreas desmontadas y las zonas erosionadas en el pie de monte, marcadas en rosado en la carta de la **Figura 9**. Esto no significa que no haya en este momento, o que no haya ocurrido en 40 años, algún deterioro en la vegetación o el suelo, pero parece indicar que la gran mayoría del deterioro y la deforestación se dieron desde décadas anteriores y que, de alguna manera, el terreno se encuentra en una situación de estabilidad, es decir, que los procesos de deterioro son moderados y se ven compensados por otros procesos de recuperación que es necesario evaluar con mayor profundidad.

Los cambios que se observan en la anterior secuencia de imágenes no tienen una gran extensión en proporción con el área total del municipio. Los principales son:

- La introducción de agricultura de riego en zonas en las cercanías de la cabecera;
- El crecimiento significativo de algunas localidades (entre 1986 y la actualidad, ya que en el mapa CETENAL 1972 no se representan éstas) como Lagunillas, El Vegil, Taponas, la Noria y La Ceja;
- La urbanización del fraccionamiento Cumbres del Cimatarío, al norte del municipio;
- La reforestación de áreas al oriente de la cabecera y al norte de Cerro Bravo, principalmente.

Tabla 6 Superficie en hectáreas de los tipos de vegetación genéricos en el municipio.

Tipo de vegetación	Hectáreas
Agrícola	17,731
Bosque de encino	4,525
Bosque tropical	367
Localidades	505
Matorrales	9,205
Pastizal	5,298
Reforestación	29
Sin vegetación	1,275

Fuente: CQRN con base en el mapa de la **Figura 13**

En la **Tabla 6** se presentan los datos correspondientes a la vegetación actual del municipio, en tipos genéricos, los que se muestran en el mapa de la **Figura 13** en la página 22.

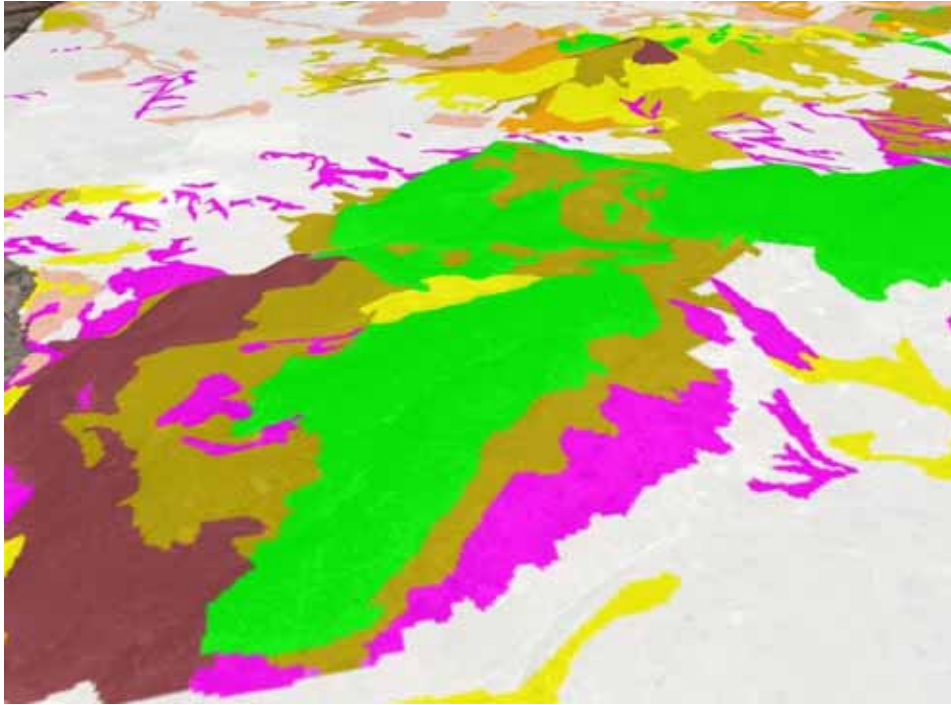


Figura 9 Carta de uso del suelo CETENAL, 1972, sobre el modelo de *Google Earth*. En verde el bosque de encino; de amarillo ocre el pastizal; de rosado las áreas erosionadas.

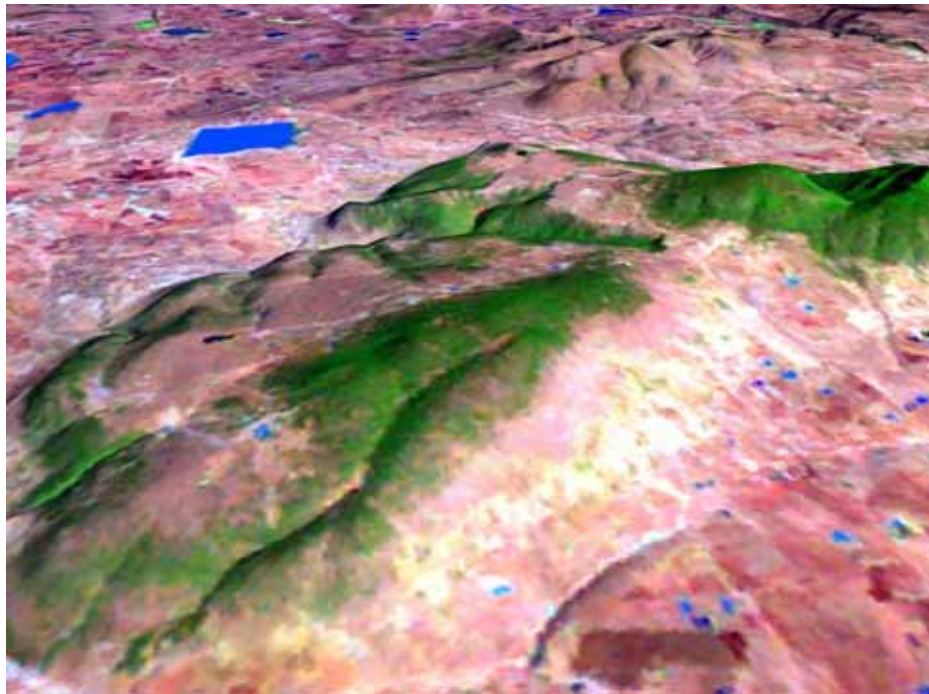


Figura 10 Imagen de satélite *Landsat* 1986, de la misma área.

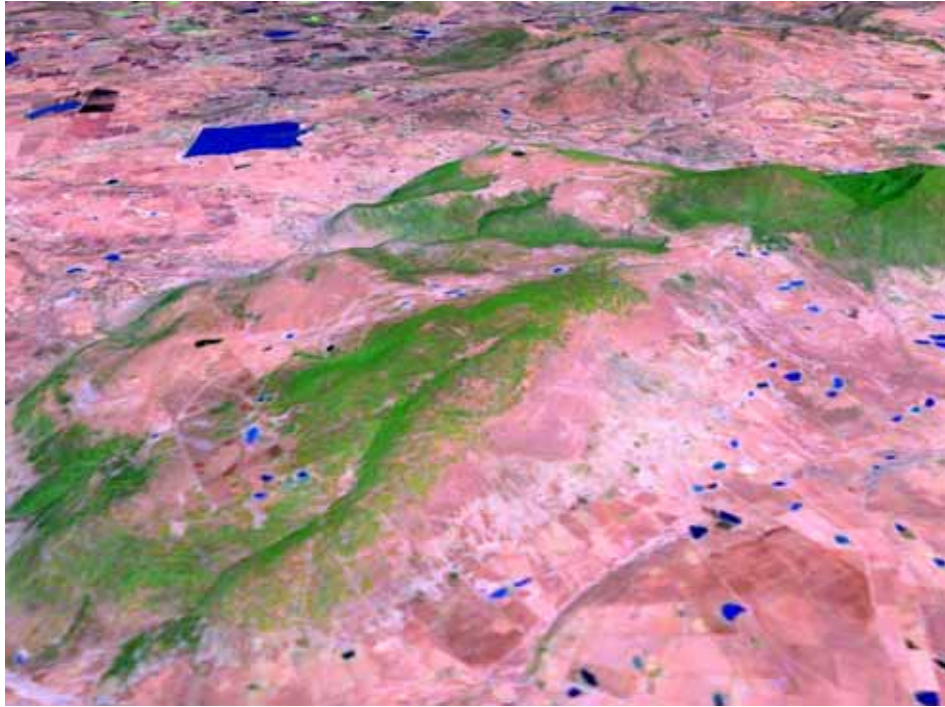


Figura 11 Imagen *SPOT 5* de 2004, de la misma área.



Figura 12 Imagen *Quickbird, Digital Globe* (en *Google Earth*), de diciembre de 2006, de la misma área.

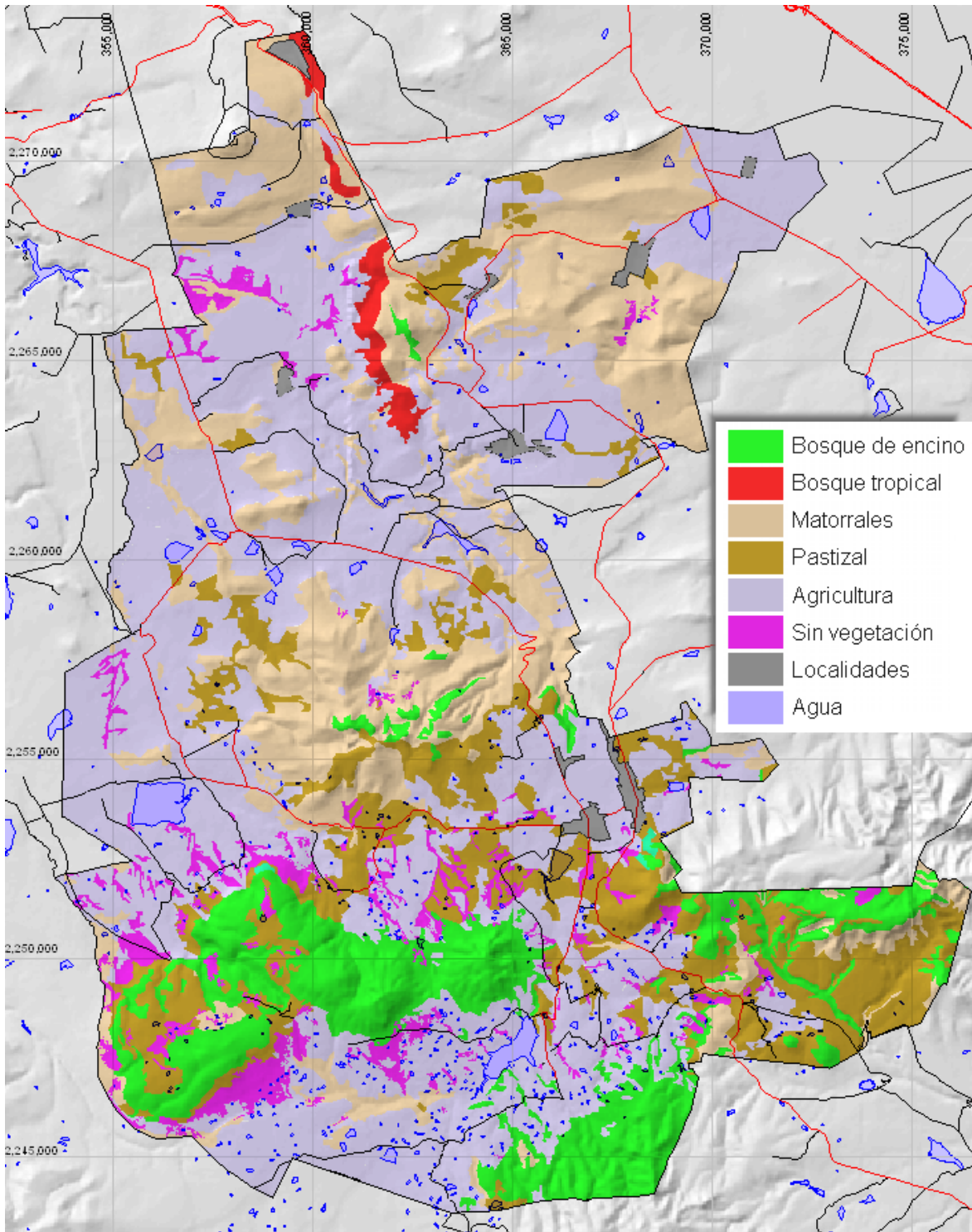


Figura 13 Vegetación actual en el municipio.

A continuación se presentan las definiciones de los tipos de vegetación de acuerdo a Zamudio *et ál.* (1992) y el CQRN.

MATORRAL. Vegetación principalmente arbustiva, con elementos de hasta unos 5 metros de altura, sin alcanzar la fisonomía de árboles. En el área todos los matorrales incluyen especies de cactáceas y leguminosas propias de las zonas áridas de México. En la región se aprovechan para la ganadería extensiva de especies menores o vacunos, y extracción de productos como leña, frutos y otras partes de plantas para el autoconsumo.

Matorral subtropical. Matorral con estrato arbustivo de unos 4 metros de altura. Dominan especies no espinosas, algunas de ellas propias de las selvas secas. El casahuate (*Ipomoea murucoides*), copal (*Bursera sp.*), tepeguaje (*Lysiloma sp.*) y garambullo (*Mirtilloctactus geometrizers*) son las especies dominantes en toda la zona de estudio, en conjunto con nopales y otras plantas del género *Opuntia*: huizache (*Acacia spp.*), capulín (*Karwinskia sp.*), granjeno (*Celtis sp.*) y *Zaluzania sp.* Se le ha considerado como una etapa sucesional de selva baja caducifolia, alterada y de alta resiliencia, provocada desde tiempo atrás por la influencia de la actividad pecuaria y la tala de ciertos elementos. Esta vegetación se encuentra en la parte norte de la zona en estudio.

Matorral crasicaule. Matorral dominado por especies de cactáceas, representadas en la región por asociaciones de garambullo (*Mirtilloctactus geometrizers*), nopales y otras *Opuntias*; pitayos (*Stenocereus queretaroensis* y *S. dumortieri*), acacias, “uñas de gato” (*Mimosa sp.*), sangregado y otras especies propias de los matorrales xerófitos. Esta comunidad se presenta en la mayoría de los municipios de la zona sur del estado.

PASTIZAL. Vegetación dominada por gramíneas herbáceas, aun cuando pueden presentarse otros elementos herbáceos, arbustivos y algunos árboles. En la región se aprovecha para la ganadería extensiva.

Pastizal natural e inducido. Vegetación dominada por gramíneas herbáceas. Los pastizales naturales en la zona están compuestos por especies del género *Aristida*, *Muhlebergia*, *Bouteloua*, *Lycurus* y *Buchloe*, en los municipios de San Juan del Río y El Marqués. En Amealco se desarrolla una especie muy agresiva llamada “kikuyo” (*Pennisetum clandestinum*), que ha invadido potreros.

BOSQUE TEMPLADO. Vegetación arbórea predominantemente, propia de climas templados. En ella dominan especies de encinos o robles (*Quercus spp.*), pinos u otras coníferas, o asociaciones con ambos tipos de árboles.

Bosque de encino. Bosque dominado por especies de encino (*Quercus spp.*). En la región sur del estado de Querétaro (Huimilpan y Amealco), por encima de los 2,300 m de altitud, se presentan los encinos *Quercus crassipes*, *Q. Laurina*, *Q. obtusata* y *Q. rugosa*.

BOSQUE TROPICAL. Vegetación predominantemente arbórea, propia de climas cálido-húmedos hasta semicálidos-subhúmedos colindantes con semisecos-semicálidos. Presentan árboles de numerosas especies sin existir una predominancia de alguna de ellas. En la región sólo se presentan pequeñas áreas con bosque tropical caducifolio.

Bosque tropical caducifolio. Vegetación densa en la que dominan árboles de varias especies y baja estatura (4-12 m) cuyos troncos ramifican frecuentemente desde niveles inferiores a la mitad del tamaño del árbol. Poseen copas anchas y en su mayoría pierden el follaje durante la sequía de invierno-primavera. Propios de clima cálido, desde subhúmedo a semiseco.

En la zona, se presentan *Bursera fagaroides* (xiote), *Celtis caudata* (palo blanco), *Eysenhardtia polystachya* (palo dulce), *Lysiloma microphylla* (palo de arco), entre otras especies. Además es frecuente encontrar grandes cactáceas como el *Stenocereus dumortieri* (órgano), *S. queretaroensis* (pitayo) y *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo). Persiste en pequeñas zonas en cañadas y laderas bajas al norte del municipio.

LA EROSIÓN EN EL MUNICIPIO

La Sierra Queretana o Sierra de Amealco (ver **Paisajes de la Sierra Queretana** en la página 6), ha sido sometida por siglos a la deforestación, el cultivo y la ganadería extensiva, de modo que presenta un deterioro considerable, que conjuga la ausencia de la vegetación natural y un alto grado de erosión en numerosos terrenos. Esto es cierto para la zona de la Mesa de Amealco, que constituye la parte meridional del municipio.

Otra zona de erosión intensa en Huimilpan es la que forma el límite entre las regiones El Milagro y Bajío de La Noria, hacia el norte del municipio.

De acuerdo con Owen (1971), la palabra "erosión" se deriva del latín *erodare*, que significa "corroer", por lo cual, por erosión se entiende el proceso que permite que fragmentos de roca y suelo sean separados de su sitio original, transportados y, posteriormente, depositados en otro nuevo. El agente erosivo puede ser el viento, el agua, las olas, los glaciares, los deslizamientos del suelo o partículas de rocas.

Caracterización de la erosión

De acuerdo a la naturaleza de los terrenos en el municipio, se distinguen varias condiciones de erosión, de naturaleza hídrica principalmente:

- a) Erosión natural intensa en terrenos forestales de la Sierra de El Rincón, los Cerros Bravo y Capula y otras sierras volcánicas, en la parte sur del municipio.



Figura 14 Ladera en el Cerro de la Cruz

Ésta se presenta en laderas de fuerte pendiente, más del 12 % en promedio, sobre terrenos en los que hay bosque de encino. El suelo es muy somero, en general menos de los 25 cm de profundidad; de color pardo y sin desarrollo de horizontes mas que un horizonte A. Son suelos de textura media, derivados de las rocas que conforman las sierras (riolitas y toba). Los afloramientos rocosos se presentan en varios puntos, sobre todo en el Cerro Capula.

Estos suelos se están erosionando natural y continuamente en forma muy dinámica, debido a la naturaleza de la roca y la pendiente. El bosque existente impide una pérdida total del suelo y regula la velocidad de la pérdida de material, de modo que aparentemente se da una situación de estabilidad o equilibrio entre lo que se pierde y el nuevo material que pasa a formar parte del suelo. En donde éste se ha removido, la erosión se acelera, pero los pastizales que se han favorecido para la ganadería retienen el suelo en alguna medida.

Esta situación está representada en la **Figura 15**. En donde se ha deforestado se aprecian áreas con erosión total, algunos pastizales y terrazas que favorecen la retención del suelo.

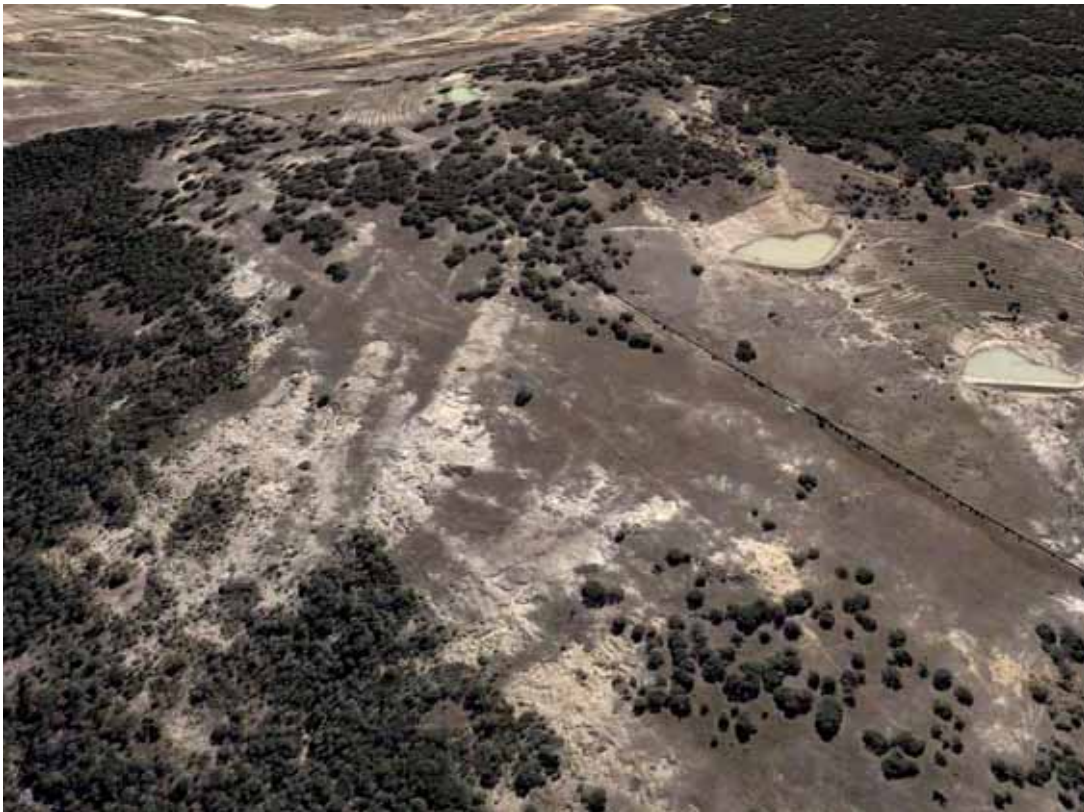


Figura 15 Zonas con bosque de encino en Cerro Bravo.

b) Erosión laminar, en surcos y cárcavas, en los lomeríos y pies de monte de la Mesa de Huimilpan y en las zonas deforestadas sobre las sierras.

Esta, como se dijo, es la zona más erosionada del municipio. Prácticamente toda la vegetación natural de bosque ha sido removida de estos terrenos y sólo se encuentran pastizales inducidos o parcelas agrícolas. El suelo, donde persiste, está constituido por un horizonte pardo de textura media y profundidad entre los 25 y 40 cm hasta la roca. En numerosos lugares se encuentra la roca desnuda (toba riolítica que se intemperiza en forma de bloques redondeados), y es común encontrar también surcos o cárcavas que se asocian a los cauces de pequeños

arroyos intermitentes. En la **Figura 16** y la **Figura 17** se aprecia esta erosión en una panorámica de *Google Earth* y en el campo.



Figura 16 Panorámica de una gran área erosionada al sur de Cerro Bravo.



Figura 17 Acercamiento sobre el terreno de la erosión total en la **Figura 16**.

c) “Badlands” en El Milagro

La meseta en donde se encuentran El Llano y el rancho El Milagro, al norte de la localidad del mismo nombre, está formada por depósitos de material lacustre, arcillas y limos en capas con poca consolidación. Este material está sufriendo un proceso de erosión muy intensa hacia la zona septentrional de la meseta, en los límites de ésta con el Bajío de La Noria, unos 40 a 50 metros más abajo.

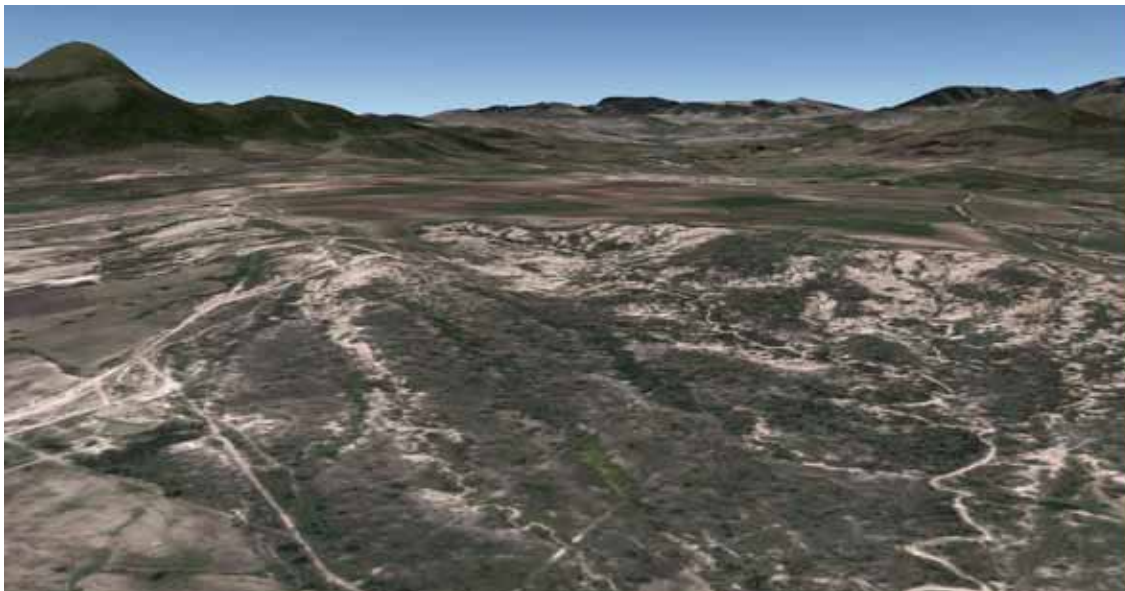


Figura 18 Panorámica de los afloramientos de materiales lacustres, de color claro, en cárcavas profundas al norte de la meseta de El Milagro (*Google Earth*).

Este proceso, que probablemente ocurría en forma natural dado el hundimiento del bajío con respecto a los terrenos lacustres, se ha acelerado al desmontarse y cultivarse los terrenos de la meseta. El resultado es la presencia de cárcavas de 10 metros o más, en cuyos flancos afloran los depósitos lacustres (**Figura 18** y **Figura 19**) de un relieve muy accidentado, que se denomina “badlands” en terminología geomorfológica.

Evolución de la erosión

Tal como se describió en **EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y EL USO DEL SUELO** (en la página 13), la mayor parte del desmonte y de los cambios de uso del suelo en los terrenos de Huimilpan, y la consecuente degradación de los terrenos, datan de varias décadas, e incluso siglos. Esto es cierto también para la erosión, que aunque se observa como un proceso activo (por ejemplo, las presas y bordos sufren azolvamiento), parece encontrarse en una condición que es dinámica pero estable, es decir, que el suelo que se pierde parece estar en equilibrio con el que se está formando o el que proviene de otras zonas y es retenido.



Figura 19 Cárcavas de varios metros de espesor, en los “badlands” de El Milagro.

En las **Figuras de la 9 a la 12** (páginas 20 y 21) se observa una de las principales áreas erosionadas del sur del municipio, que no parece haber cambiado apreciablemente desde 1970 hasta la fecha.

Esta situación —que merece estudiarse a fondo—, y que también se ha encontrado en otras zonas del estado, parece ofrecer una buena expectativa para la aplicación de medidas de control de la erosión —incluida la reforestación— en cuanto a que no se trata de una situación de deterioro acelerado, sino de un proceso que está sucediendo en escala relativamente modesta; y en consecuencia, las prácticas de conservación y recuperación pueden comenzar a revertirlo en forma inmediata a su aplicación.

Cuantificación y distribución de la erosión

La caracterización de la erosión es una tarea muy difícil, dado que requiere de mediciones precisas y frecuentes a lo largo de períodos de tiempo de varios años, que deben realizarse mediante el uso de infraestructura y equipo especial para medir la precipitación pluvial y, en su caso, los vientos; así como los efectos que causan éstos en el suelo, como el arrastre de materiales (Domínguez y Ventura, 2001).

También hay metodologías indirectas, basadas en el relieve, el tipo de suelo y la vegetación, como el cálculo de la erosión mediante la ecuación universal de la pérdida de suelo (Wischmayer y Smith, 1978).

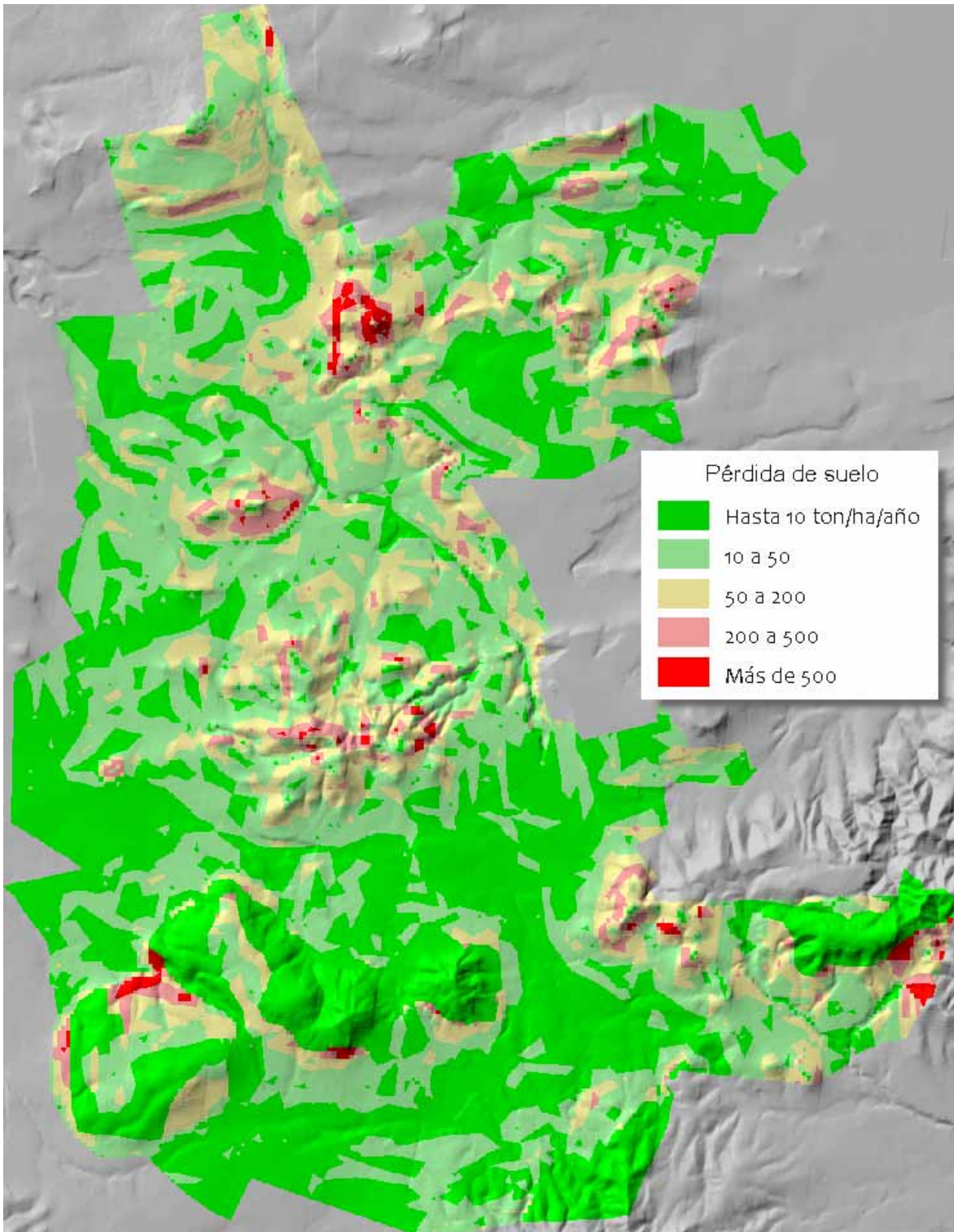


Figura 20 Pérdida potencial de suelo en Huimilpan, mediante la ecuación universal de pérdida de suelo.

Trabajos recientes sobre la erosión en el estado

La Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), elaboró un cálculo de la erosión para el Ordenamiento Ecológico Estatal. Tal cálculo mide la pérdida potencial de suelo en toneladas por hectárea anuales. En la **Figura 20** se ve este mapa para el municipio de Huimilpan (SEDESU, 2003). Asimismo, a partir de una carta geomorfológica, generó un mapa de intensidad de erosión para el estado. En la **Figura 21** se observa el área de tal mapa que corresponde al municipio (SEDESU, 2003).

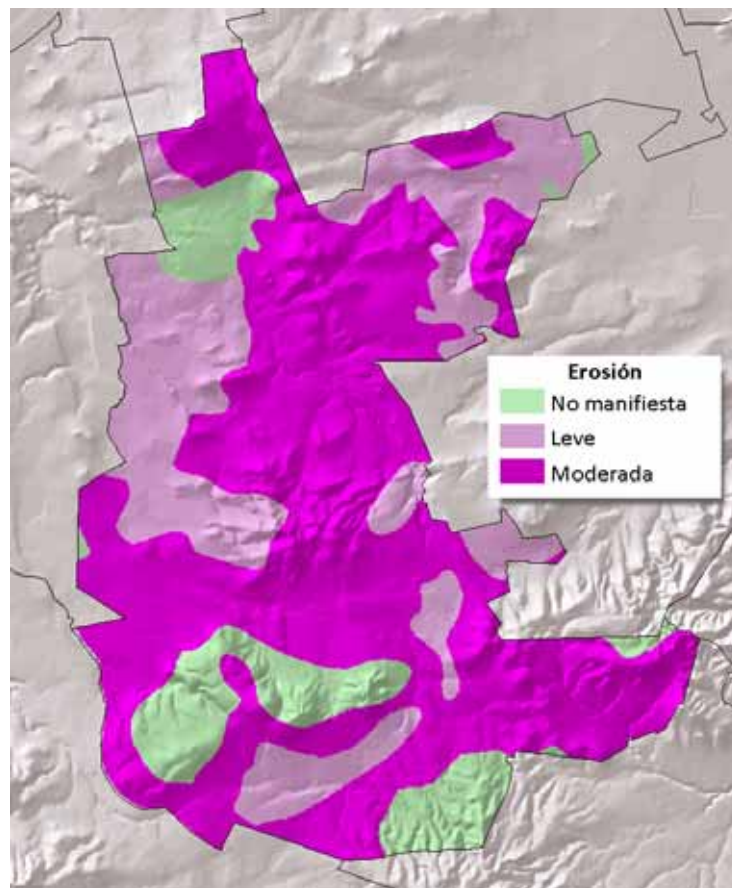


Figura 21 Erosión en el municipio de Huimilpan, de acuerdo con la carta de erosión del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial (PEOT).

En cuanto al mapa de pérdida de suelos de la **Figura 20** (página 30), en la **Tabla 7** se observa el número de centímetros de profundidad de suelo que se pierde, mismos que corresponden al número de toneladas por hectárea representados en tal figura.

Las cifras de pérdida de suelo parecen razonables en el área, salvo en algunas zonas en las que se tienen pérdidas de más de 500 toneladas anuales (o alrededor de 3 cm de profundidad) en las zonas de fuerte pendiente, en donde ya

no existe suelo. El resultado de este análisis puede avalar el hecho de que parece haber una estabilidad en el proceso de erosión; sin embargo, el suelo se está perdiendo, lo que se confirma al observar el azolvamiento de cuerpos de agua y el relleno que se deposita en las obras de control de la erosión existentes.

Tabla 7 Estimación de la pérdida anual del suelo, en centímetros de profundidad, de tres tipos de suelo, por textura y pedregosidad, de acuerdo con la densidad aparente del suelo.

Textura del suelo	Densidad (Kg/cm ³)	Hasta 10 Ton**	10 a 50 Ton**	50 a 200 Ton**	200 a 500 Ton**	Más de 500 Ton**
Media	1.4	Hasta 0.07 cm	0.07 - 0.36 cm	0.36 - 1.43 cm	1.43 - 3.57 cm	Más de 3.57 cm
Fina	1.8	Hasta 0.06 cm	0.06 - 0.28 cm	0.28 - 1.11 cm	1.11 - 2.78 cm	Más de 2.78 cm
Fina fase pedregosa*	1.44	Hasta 0.07 cm	0.07 - 0.35 cm	0.35 - 1.39 cm	1.39 - 3.47 cm	Más de 3.47 cm

*Se estimó un 20 % de piedras. Las columnas marcadas con ** corresponden a las clases de la **Figura 20**

Dado que el mapa de erosión de la **Figura 21** se encuentra a una escala de poco detalle, se hizo necesario desarrollar un trabajo de cartografía para detectar la erosión e inferir la fragilidad de los terrenos en forma cualitativa mediante interpretación visual de imágenes de satélite y análisis de información de varias cartas, además del apoyo de verificaciones de campo.

Elaboración del Mapa de Erosión Total

En una primera instancia, se realizó una interpretación visual de las áreas con erosión total en el municipio, sobre imágenes de satélite *SPOT 5*, multiespectral y pancromática, de marzo 2004 (10 y 5 m de resolución espacial, respectivamente); así como imágenes *Quickbird* de la primavera de 2004 y el invierno de 2006 (que aparecen en el modelo *Google Earth*). Con la ayuda de tales imágenes se obtuvo un primer Mapa de Erosión Total, en donde el suelo pardo se ha perdido por completo y aflora la roca (riolita o toba) de color claro.

A partir de una clasificación automática no supervisada de la imagen *SPOT* antes mencionada, mediante el empleo de las 4 bandas (verde, rojo, infrarrojos cercanos 1 y 2) y un algoritmo de *clustering* (Lillesand y Keifer, 2000), se obtuvieron polígonos en los que el color del suelo es más claro y que podrían representar evidencia de erosión intensa. El resultado de sobreponer tanto la clasificación visual como la automática es un primer Mapa de Erosión Intensa y Total (**Figura 22**). Al hacer una revisión de las unidades en dicho mapa, se encontró una buena correspondencia de las áreas clasificadas como erosión total, pero un número apreciable (no cuantificado, aunque sí mayor al 10 %) de confusiones en la clasificación automática.

De cualquier modo, este mapa nos muestra que la zona más erosionada es la parte alta de la cuenca, lo que coincide con observaciones hechas en campo y sobre las imágenes, e indica que los suelos más degradados del municipio están, en general, en áreas que tuvieron bosques de encino.

Las cifras que resultan de este mapa son: 4,827 hectáreas con erosión intensa, y 793 hectáreas con pérdida total de suelo.

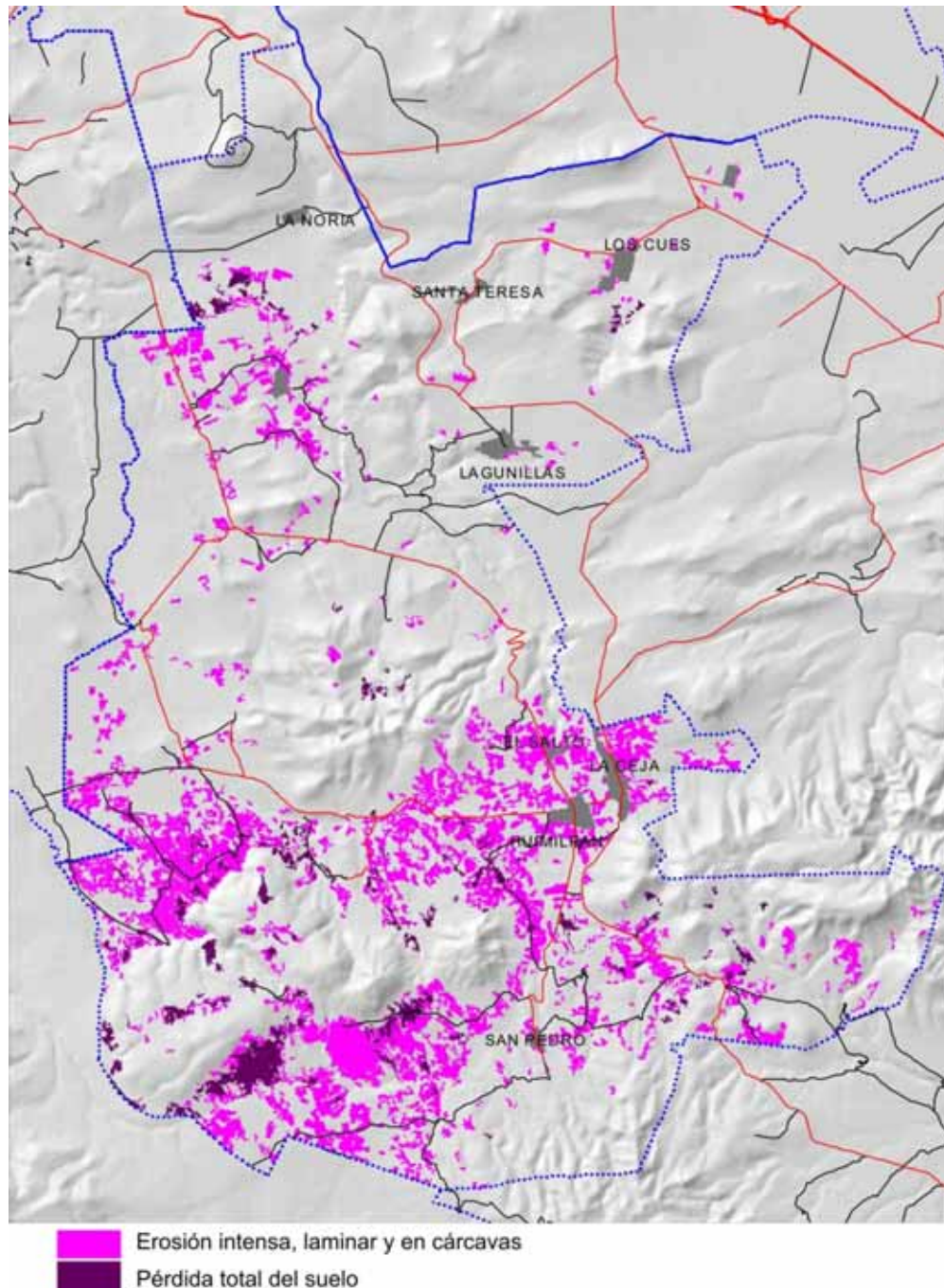


Figura 22 Áreas con erosión fuerte o total en el municipio, interpretadas visual y automáticamente sobre imágenes de satélite.

Mapa de Zonas de Erosión Actual y Potencial

Para contar con una regionalización general de la erosión real y la erodabilidad (o susceptibilidad a la erosión) de los terrenos, se realizó un análisis de los diversos factores que inciden en este fenómeno en la zona. Los factores que se tomaron en cuenta son:

- Regiones naturales del municipio (basadas esencialmente en el relieve, el clima y la geología);
- Pendiente del terreno;
- Tipo, profundidad, pedregosidad y textura de los suelos;
- Cobertura y naturaleza de los diversos tipos de vegetación, o su ausencia;
- Erosión y deterioro observados en campo y plano de erosión total e intensa;
- Drenaje superficial (red de corrientes de agua).

Para hacer un mapa de estas condiciones, se combinaron en una sola capa de vectores en SIG (formato shape, Arc View 3.x), cartas digitales de pendientes (a partir del modelo de elevación INEGI 1:50,000), erosión total, litología (INEGI, 1:250,000), suelos (CETENAL 1:50,000, CQRN), vegetación y uso del suelo (CQRN-SEDESU, 2004) y corrientes de agua (INEGI, cartas topográficas 1:50,000).

Tabla 8 Factores tomados en cuenta para la clasificación de áreas de acuerdo con su erosión actual y potencial.

Clase	Erosión	Pendiente	Geología	Suelo	Vegetación
Erosión total o muy intensa	Total	5-35 %	Riolita	Litosol	Sin vegetación
Erosión intensa o alto riesgo	Intensa	5-35 %	Riolita	Litosol-Feozem	Sin vegetación-pastizal
Erosión moderada a intensa alto riesgo	Intensa en parte del área	5-35 %	Riolita, toba	Feozem-Litosol	Pastizal-agricultura
Erosión moderada, riesgo moderado	Intensa muy localizada	5-20 %	Varias	Feozem-Litosol	Agricultura-pastizal
Erosión leve, riesgo moderado	Observada en campo	0-15 %	Varias	Feozem-Vertisol	Agricultura
Moderado riesgo, cobertura media	Observada en campo	0-15 %	Basalto, aluvión	Vertisol	pastizal-matorral
Moderado riesgo, cobertura alta		20-35 %	Basalto	Feozem-Litosol	Matorral
Moderado riesgo, cobertura muy alta		20-35 %	Varias	Litosol-Feozem-Vertisol	Bosque tropical, matorral
Bajo riesgo, cobertura muy alta		5-20 %	Riolita	Litosol-Feozem	Bosque de encino

En la **Tabla 8** se presentan las clases en las que se dividió el mapa de la **Figura 23**, de acuerdo con los factores anteriormente citados, en forma cualitativa. En el caso de las corrientes de agua, se calificaron las áreas más cercanas a 50 metros de sus cauces como más propensas a la erosión, que las del mismo tipo que se encuentran a una distancia mayor a 50 metros.

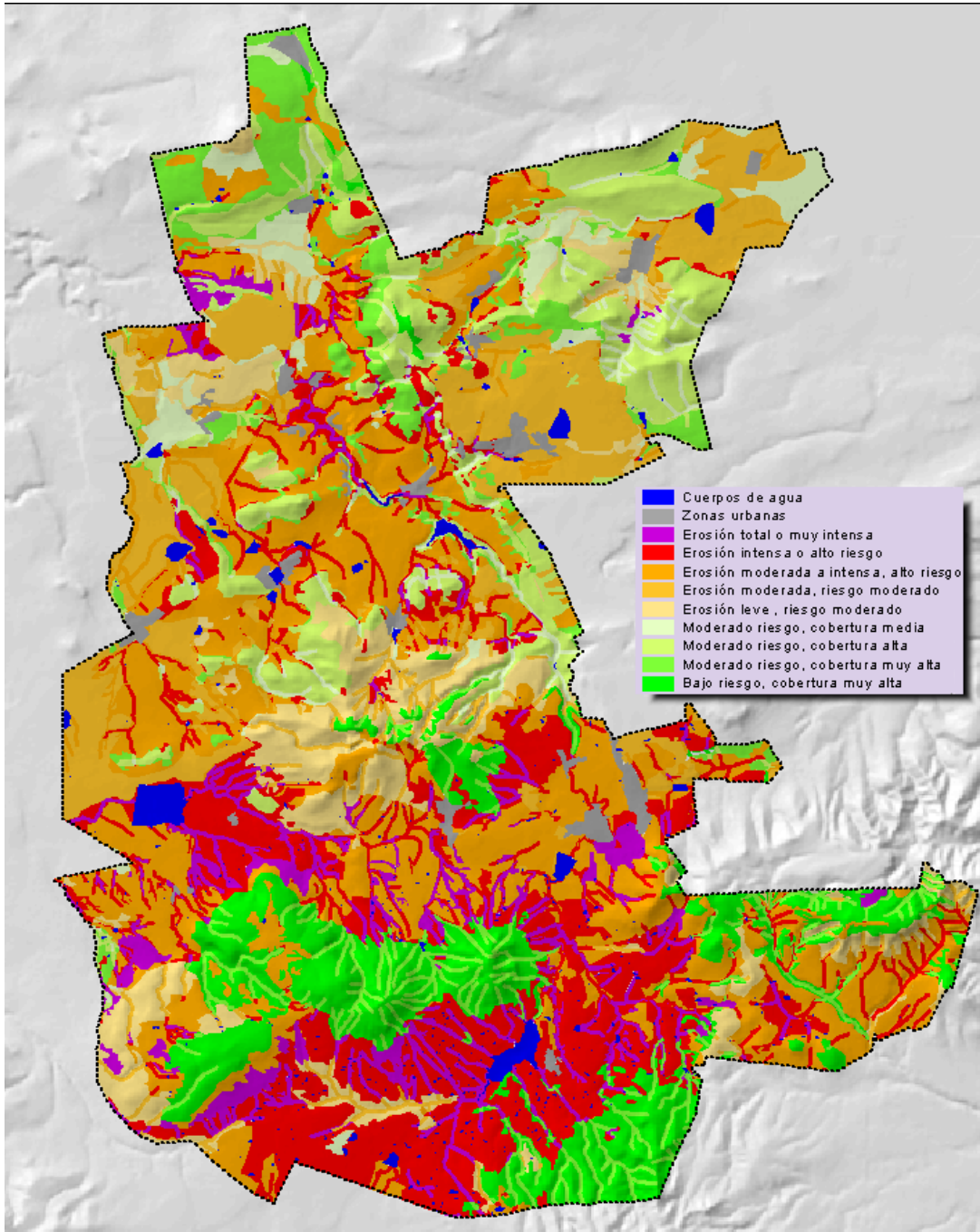


Figura 23 Terrenos del municipio, clasificados en forma cualitativa de acuerdo con su erosión actual y su propensión a la erosión.

ÁREAS PRIORITARIAS PARA CONTROLAR LA EROSIÓN Y PARA REALIZAR REFORESTACIÓN

De acuerdo con Owen (1984), la intensidad de la erosión depende de la interacción de un buen número de factores, entre los que se encuentran la lluvia, la topografía del terreno, la cubierta vegetal y el tipo de suelo.

Los recursos forestales son valiosos por varios motivos: como refugio de la fauna silvestre, como fuente de materias primas y para la recreación. El árbol, principal componente de los bosques, es fuente de materia prima que origina numerosas industrias, pero también tiene otros valores no menos importantes: previene la erosión y controla las inundaciones.

En términos generales, se considera que cualquier superficie forestal que haya sido destruida por un incendio, por extracción de minerales, por ataques de insectos, por enfermedades o por otras causas, debe ser reforestada, aun cuando no se piense en utilizar primariamente la madera producida (Owen, 1984).

Áreas prioritarias para realizar actividades de conservación y retención de suelos

Como se ha discutido con anterioridad, la erosión en el municipio de Huimilpan, al igual que en otros sitios, se ha desarrollado gradualmente en periodos prolongados de tiempo. Esta situación debe ser considerada en las acciones que se desarrollen para contrarrestar el problema. Tales acciones deben ser concebidas, planeadas y ejecutadas teniendo en consideración que los resultados serán visibles sólo a mediano y largo plazo, y de manera gradual.

En este sentido, es importante mencionar el trabajo desarrollado en el municipio en cuanto a obras de conservación de suelo, principalmente en el sur, en la parte alta de las cuencas. Estos trabajos reflejan una historia de lucha en contra del problema; no obstante, la necesidad es mayor, por lo que se requiere ampliar estas acciones.

La presente propuesta sugiere retomar y sumar acciones en áreas prioritarias dentro del municipio, considerando para algunos casos realizar modificaciones en la manera de construir las estructuras. Esta sugerencia está basada en el análisis general de los resultados y efectos obtenidos que pueden apreciarse en las obras existentes. Algunos de los problemas asociados con la manera en que se están ejecutando las obras, son:

- La captación de sedimento ha sido relativamente poca en comparación con las dimensiones de las obras. Tal es el caso de las obras de "piedra acomodada" (barreras de piedra); esto es, hay exceso de material en cada una de las obras;
- La integración de la estructura al sistema será muy lenta, lo que requerirá mayor tiempo. Esto implica que el riesgo de derrumbe se incrementa y, por lo tanto, el peligro de perder la estructura también aumenta;
- La materia prima (roca) para las obras requiere ser trasladada de otras áreas por la escasez en el área.

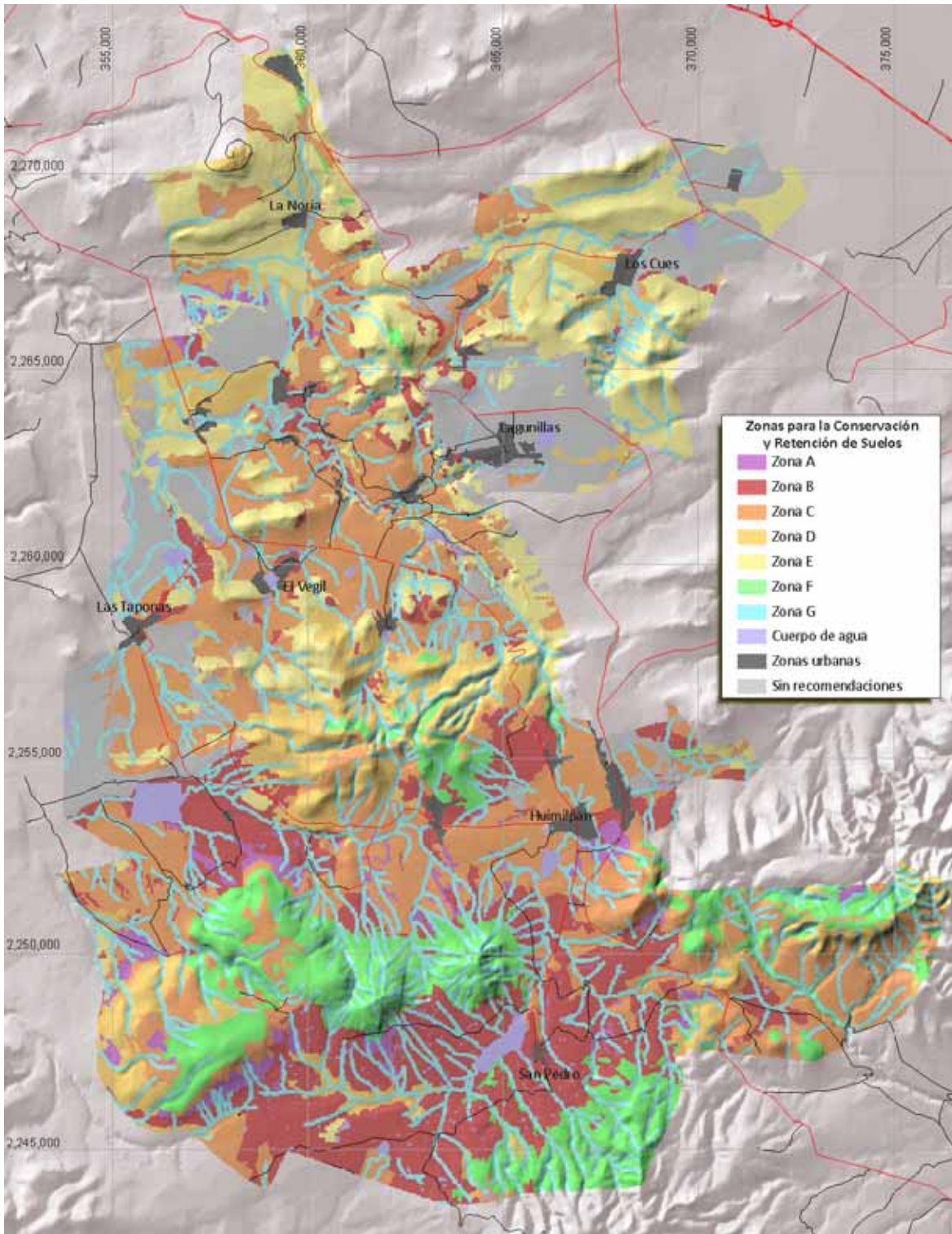


Figura 24 Zonificación del municipio de Huimilpan para realizar acciones de conservación y retención de suelo.

Para evitar los problemas anteriores, así como para aprovechar al máximo el material y el esfuerzo de construcción, se recomiendan dimensiones más pequeñas en la altura de las estructuras, lo que permitirá, además, incrementar la

superficie atendida con obras. Estructuras más pequeñas permiten una captación de sedimento más rápida en ellas y, por consecuencia, una integración más rápida al sistema. Además, permiten reducir la resistencia de la propia estructura, a la energía del agua y al sedimento, lo que ofrece garantía de permanencia. Por otro lado, en obras como terrazas y curvas a nivel se sugiere seguir utilizando los parámetros de construcción actuales.

Las zonas para la conservación y retención de suelos

El territorio municipal fue dividido en siete zonas (denominadas de la A a la G) con base en los parámetros de grado de erosión, pendiente, cobertura vegetal y uso del suelo. Cada zona tiene un grupo de acciones para mitigar y, en algunos casos revertir, los procesos erosivos, basándose en la conservación y retención de suelo y de agua.

Se priorizan las zonas dando énfasis en aquellas que requieren de acciones urgentes y de aquellas en las que, aun cuando existe algún grado de erosión, se mantienen con cierta estabilidad. Estas últimas se verán beneficiadas indirectamente al impactar a las zonas que requieren mayor atención. Así, las acciones se concentran en cuatro zonas que son B, C, D y G.

Las zonas definidas se representan en el mapa de la **Figura 24**.

A continuación se describe de manera general cada una de las zonas, así como las acciones a realizarse en ellas.



Figura 25 Erosión intensa en laderas del sur del municipio.

Zona A

Esta zona se localiza principalmente en el sur del municipio, más específicamente en las partes altas. A continuación se describen las características más significativas de la Zona A.

- Áreas con presencia de erosión total o muy intensa.

- Terrenos deforestados totalmente, con presencia en forma de mosaicos de algunos predios pequeños con pastos y herbáceas en puntos muy localizados.
- Áreas abandonadas con antecedentes de actividad agrícola de temporal, que anteriormente fueron bosque de encino.
- Pendientes que van desde el 3 hasta el 28 %.
- Principalmente se trata de áreas en las laderas de los cerros y montañas, así como parte de las cañadas y cauces de arroyos y ríos en el municipio.
- Presenta visiblemente los efectos de la erosión hídrica en forma de cárcavas y deslaves, afloramiento de tepetate y roca en la mayoría de su superficie.



Figura 26 Cárcavas en la Zona A.

Acciones

Las condiciones en estas zonas de ladera son drásticas, lo que representa de manera técnica un gran esfuerzo y, económicamente, un costo muy alto. Los resultados que se obtendrían serían pobres, sin lograrse la rehabilitación de las zonas. En el caso de realizar acciones en esta zona, se sugieren aquellas que tengan como objetivo contribuir al control de escorrentías y a la retención de azolve. El objetivo de tales acciones es el de disipar la energía del agua corriente, mediante la utilización de barreras de piedra, por ejemplo, y desde luego con las adecuaciones correspondientes.

Por esto, aquí no se recomiendan acciones en esta zona. Sin embargo, más adelante se mencionan otras actividades que pueden ejecutarse en las zonas aledañas y que pueden impactar indirectamente a la Zona A.

Por otro lado, aunque dentro de la Zona A se encuentran parte de los cauces de los ríos y arroyos para los que se consideran acciones de rehabilitación, tales acciones se referirán en el apartado correspondiente a la Zona G, destinada exclusivamente a la rehabilitación de ríos y arroyos, debido a la importancia que representan en el balance hidrológico, y que pocas veces es considerado.



Figura 27 Paisaje característico de la Zona B

Zona B

Al igual que la Zona A, se localiza principalmente en la parte sur del municipio, con poca superficie en la parte media municipal y pequeños mosaicos en el norte, aunque también forman parte de la Zona B algunos tramos de ríos y arroyos. Las acciones en estos tramos se considerarán en la Zona G. A continuación se describen las principales características de la zona.

- Erosión intensa o alto riesgo de la misma.
- El uso actual del suelo es de agricultura de temporal y pastizales con predios abandonados.
- Suelos delgados de 5 a 15 cm de profundidad, en su mayoría.

- Zonas en laderas con pendientes entre 3 y 25 %, con dominancia de las de mayor pendiente.
- Antecedentes de áreas de bosques de encino y matorrales en partes altas de cerros y montañas.
- La pérdida de las especies arbóreas ha llevado también a la desaparición de otras arbustivas y herbáceas.
- La pérdida de vegetación ha generado susceptibilidad del suelo a la erosión, fenómeno que se manifiesta a simple vista en esta parte del municipio.
- Afloramiento de tepetate y roca en laderas como resultado de la pérdida de suelo.
- Vegetación herbácea, de pastos principalmente.
- Presenta, por tanto, erosión acelerada, principalmente hídrica.
- En áreas en las que hay obras de conservación de suelo, éstas presentan deterioro por falta de mantenimiento y continuidad, aunque, existen otras con resultados positivos.
- Se aprecian impactos negativos por mala construcción y diseño de obras de conservación de suelo, con excedente de material, lo que representa trabajo, tiempo y recursos económicos subaprovechados.

Tipos de acciones

- Terrazas de base angosta o formación sucesiva;
- Barreras de piedra;
- Labranza de conservación;
- Reforestación.

Consideraciones

Dado que la zona presenta condiciones contrastantes, se mencionan algunas características a considerar que ayuden en la ubicación de cada tipo de obra, ya que las obras idóneas a llevar a cabo dependen de las condiciones específicas del lugar donde se pretenda construirlas. Así, se sugiere construir:

- Terrazas de base angosta o formación sucesiva en laderas con pendientes mayores de 5 %, siempre y cuando existan suelos someros a profundos (CONAFOR, 2007).
- Barreras de piedra en laderas, cárcavas y áreas agrícolas con pendientes variables. Puede construirse desde una sola en áreas muy localizadas, o varias en batería para áreas mayores.
- Labranza de conservación en terrenos agrícolas de temporal con pendientes no mayores al 15 % (CONAFOR, 2007).

Aunque es recomendable realizar reforestación, antes de hacerlo se sugiere iniciar con las obras de conservación que provean condiciones de captación de sedimento y humedad. Con ello, se garantizarán mejores condiciones a los árboles plantados, y mayor probabilidad de éxito. Por ello se recomienda la reforestación en predios con acciones como terrazas de base angosta, de base ancha, o curvas a nivel, entre otras.

Zona C

Esta zona se encuentra con más amplia distribución en el municipio, tanto en el sur como en el norte y centro. Incluye principalmente las laderas suaves y lomeríos, aunque también abarca pequeñas áreas en valles. A continuación se mencionan las principales características de la zona.



Figura 28 Paisaje característico de la Zona C, al sur del municipio.

- Uso del suelo de agricultura de temporal, pastizales naturales e inducidos.
- Suelos de 5 a 25 cm de profundidad.
- Pendientes en laderas de hasta 28 % y otras muy suaves de 2 % en valles en el norte del municipio.
- Áreas en partes altas con antecedentes de bosques de encino y matorrales.
- Erosión que provoca el afloramiento de tepetate localmente.
- Vegetación herbácea, pastos principalmente.
- Presenta erosión acelerada, hídrica en su mayoría.
- Áreas en las que hay obras de conservación de suelo, en la parte alta del municipio.
- Al igual que en la Zona B, se aprecian impactos negativos por las estructuras.



Figura 29 Afloramientos rocosos en la Zona C.

Tipos de acciones

- Terrazas de base angosta o formación sucesiva;
- Terrazas de base ancha;
- Curvas a nivel;
- Barreras de piedra;
- Labranza de conservación;
- Reforestación.

Consideraciones

La zona presenta condiciones contrastantes, como la anterior, por lo que se retoman los criterios que ayuden en la ubicación del tipo de obra a realizarse, como sigue:

- Terrazas de base ancha se recomiendan en terrenos con pendientes menores al 8 % con suelos desde someros a profundos (Tavarez, 2007; Ventura, 2007).
- Curvas a nivel en terrenos con pendiente menores al 15 % con reforzamiento de material vegetativo en este grado de pendiente (CONAFOR, 2007).



Figura 30 Campo de cultivo en la Zona D.

Zona D

La zona considera un tipo de erosión menor en dos tipos de terreno contrastantes: unos con pendientes ligeras y otros con pendientes abruptas. No obstante, pese a la diferencia de pendientes, el uso de suelo da condición de menor erosión. Las zonas se ubican principalmente en la parte central del municipio, algunas partes significativas al oeste y otras en áreas pequeñas que se encuentran distribuidas por todo el municipio. A continuación se describen las principales características de esta zona:

- Se considera que el tipo de erosión es leve con riesgo moderado.
- EL proceso erosivo es menor, a diferencia de las otras zonas, debido a la cobertura vegetal, principalmente de matorrales, en las áreas de mayores pendientes, así como a la agricultura de riego que controla el proceso erosivo en pendientes suaves.
- La vegetación en los lomeríos de esta zona es principalmente de matorrales crasicaule y subtropical, mientras que en las zonas más planas domina la agricultura de riego.
- Pendientes contrastantes que van desde el 2 hasta el 36 %, lo que abarca desde lomeríos y montañas, hasta valles.
- Se considera que esta es una zona de transición entre las áreas con problemas de erosión y las zonas relativamente estables en el municipio.

Tipos de acciones

Las obras de conservación de suelo en esta zona no tienen fin práctico, pues la vegetación natural, en tanto no se remueva, protegerá adecuadamente al suelo. Sin embargo, las obras se pueden realizar en ciertas áreas muy localizadas en donde se empiezan a generar pequeños problemas de deslaves o escurrimientos. En estas áreas se recomienda la utilización de barreras de piedra.

Consideraciones

La utilización de las barreras de piedra en las zonas mencionadas pueden ser de una sola estructura, o bien, varias en batería. La superficie a cubrir y el grado de avance de la erosión son los indicadores para realizar una u otra acción.



Figura 31 Panorámica de la Zona D.

Zona E

Esta zona abarca principalmente desde la parte central hacia la parte norte del municipio. La superficie que abarca esta zona es menor que las anteriores. Está localizada principalmente en laderas y, en menor proporción, en pendientes menores. Se mencionan a continuación las principales características de esta zona.

- Se considera que la erosión es de riesgo moderado, con coberturas media, alta, y muy alta de vegetación.
- Como la zona anterior, sus procesos erosivos son menores, como consecuencia de la cobertura vegetal, mientras la vegetación no se elimine.
- Presencia de vegetación en buen estado, en los lomeríos y montañas, de matorrales subtropical y crasicale, bosque tropical caducifolio y pequeñas áreas de bosque de encino.
- Tiene como principales usos de suelo la agricultura de temporal, pastizal natural e inducido y bosque de encino.
- Suelos someros de profundidad entre 25 y 40 cm.
- Pendientes contrastantes desde el 2 y hasta el 38 %, como la zona anterior, ya que abarca porciones de lomeríos, montañas y valles.
- Se considera que esta es una zona de transición entre problemas de erosión y zonas relativamente estables en el municipio.

Tipos de acciones

La zona, de manera general, es estable en cuanto a procesos erosivos, sin problemas significativos de pérdida de suelo. Por lo anterior, se considera que no se requieren acciones urgentes. Sin embargo, se recomiendan acciones preventivas en el cuidado y preservación de recursos para mantener las condiciones actuales, que mitiguen impactos negativos futuros.



Figura 32 Panorámica de la Zona E.

Debido a que algunas áreas de agricultura de temporal se encuentran dentro de esta zona, se recomienda para ellas acciones de labranza de conservación en aquellas áreas que tengan menos del 15 % de pendiente.

Zona F

Zona localizada al sur del municipio, en la parte alta, con presencia de una superficie menor en la parte central. Su característica principal es la presencia de encino, que son prácticamente bosques. Otras características que lo distinguen son:

- Tipo de erosión de bajo riesgo por la buena cobertura vegetal.
- Presencia de encino.
- Pendientes de entre 9 y 37 %, correspondientes a las partes altas de las montañas.
- Presenta impacto por deforestación como consecuencia de la explotación del bosque de encinos, situación que va disminuyendo la superficie.
- Suelos ligeros de entre 10 y 20 cm de profundidad.
- Presenta arroyos con menor grado de erosión, sin embargo también requieren de apoyo para su estabilización.



Figura 33 Panorámica de la Zona F en los cerros Bravo y Capula.

Tipos de acciones

Las condiciones de estabilidad que presenta la zona son las mejores en el municipio, por lo que realizar acciones de conservación puede resultar en alteraciones e impactos negativos. Esta condición la ubica como no prioritaria para las acciones de conservación, por lo que no se recomiendan acciones de obras de conservación por el momento. Sin embargo, se sugiere cuidar y conservar los recursos existentes mediante el fortalecimiento de la conciencia de los habitantes de las comunidades aledañas.

Zona G

Esta zona está presente prácticamente en todo el municipio por contemplar todos los arroyos y ríos que en él se encuentran. Las corrientes de agua representan un elemento básico en la dinámica y el equilibrio hidrológico de los ecosistemas y las cuencas, situación poco valorada actualmente aun cuando en muchos casos tienen serios problemas de erosión. A continuación se mencionan algunas las características que distinguen a esta zona.

- Áreas que se encuentran dentro de cauces de arroyos y ríos.
- Ríos y arroyos erosionados en sus lechos y taludes socavados.
- Avenidas torrenciales.
- Pendientes que van desde el 2 hasta más del 35 %, pues se localizan por todo el territorio municipal.
- Problemas acentuados en el sur del municipio, en las partes altas.

- Existen tramos de ríos relativamente estables, particularmente en la parte central y al norte del municipio.
- Problemas muy concretos localizados en puntos específicos dentro de los ríos principales.
- Presencia de presas con problemas de azolve.
- Presencia de estructuras de presas filtrantes en arroyos con resultados negativos.
- Presencia de estructuras de gaviones totalmente azolvados con alto riesgo de erosión de taludes y pérdida de la estructura.
- Problemas de basura y contaminación de aguas.
- Problemas de azolves en los ríos.
- Existen puentes que reducen el área hidráulica del río.

Tipos de acciones

La propuesta de rehabilitación de ríos y arroyos requiere de dos estrategias: una para los arroyos y ríos que se encuentran desde el sur (la parte alta de las cuencas), hasta su parte media, al centro del municipio; y la otra para puntos específicos, como el tramo del río Huimilpan en su cruce por la zona urbana de la cabecera municipal.

En el primer caso, se propone realizar varios tipos de acciones para disminuir la energía del agua en el cauce de los ríos y arroyos, así como aumentar la retención de suelo y facilitar el proceso de sedimentación. Asimismo se propone la rehabilitación de gaviones existentes dentro del cauce principal del río Huimilpan. Es recomendable iniciar a partir del nacimiento de los cauces, para tener mejores resultados.



Figura 34 Lecho de un arroyo (Zona G) en el sur del municipio.

En el segundo, a través de acciones de rehabilitación de la pequeña presa que se encuentra inmediatamente al sur de la cabecera municipal. Estas acciones involucran la creación de pequeños humedales, la creación de cavidades, así como el promover que exista un flujo de agua constante; la extracción de material vegetativo dentro de ella y la limpieza del río. Se propone también el desazolve del río y la rehabilitación del puente abajo de dicha presa, hasta el límite del área urbana en la parte sur.

Otro punto específico se localiza en el tramo que cruza por la comunidad de Apapátaro, en donde se sugieren acciones de limpieza, desazolve y rehabilitación de taludes en el puente que cruza por la carretera que va hacia El Pueblito.

Se refieren a continuación las acciones por área, para esta zona.

Rehabilitación de ríos y arroyos (parte media y alta del municipio)

- Rehabilitación sistema freno-poza;
- Rehabilitación sistema escalón-poza;
- Mantenimiento de gaviones;
- Rehabilitación de taludes;
- Extracción de sedimento.

Rehabilitación de tramo de río (cruce por zona urbana de Huimilpan)

- Rehabilitación de presa azolvada;
- Creación de cavidades;
- Sistema de flujo constante;
- Extracción de material vegetativo;
- Rehabilitación de puente;
- Desazolve del río.

Rehabilitación del río (a su paso por Apapátaro)

- Limpieza del río;
- Desazolve del río;
- Rehabilitación de taludes.

Hacia un Plan Maestro de reforestación

Los alcances del presente trabajo no pueden llegar hasta la definición de terrenos específicos prioritarios para la reforestación en el municipio de Huimilpan. Tal definición depende no sólo de las características naturales de los terrenos y de su vocación, sino también de otros factores operativos, como la mayor o menor disposición de los ejidatarios o los propietarios de predios para prestar sus terrenos a una actividad que no es redituable en el corto plazo, y que requiere de trabajo y cuidado de la tierra y de las plantas.

Sin embargo, se hace aquí un análisis que puede servir para que las autoridades a cargo de estas acciones puedan contar con elementos para llegar a esta definición, basados en la información sobre los terrenos con la que se cuenta al momento, y en una definición de prioridades basada en argumentos técnicos que ayuden a una mejor expectativa de éxito.

Por qué reforestar

La pérdida de amplias zonas boscosas en las zonas altas al sur del municipio de Huimilpan, como en otras áreas del sur del estado, debería ser motivo de preocupación para las autoridades a cargo de la gestión del agua y el medio ambiente a nivel estatal, porque seguramente ha traído consecuencias negativas que rebasan con mucho al municipio.

Esta deforestación histórica y la erosión que ha resultado de ella, seguramente contribuyeron, y lo siguen haciendo, al azolvamiento de algunos de los más importantes cuerpos de agua en el centro del estado. Es muy probable que haya influido negativamente en la recarga de los acuíferos de Querétaro y San Juan del Río, que son prácticamente la única fuente de este recurso para la gran mayoría de la población, la industria y la actividad económica en la entidad; e insumo principal para las actividades agropecuarias en la región.

Para tener una idea de la magnitud de la deforestación de los bosques templados (de encino, pino, oyamel y mixtos) en el centro y el sur del estado, se empleó el mismo método descrito en el **capítulo 6** en los territorios de los municipios que se encuentran sobre los acuíferos Valle de Querétaro, Valle de San Juan del Río, Valle de Amazcala, Valle de Buenavista y Valle de Huimilpan (SARH, 1988). En la **Tabla 9** y la **Figura 35**, se aprecian las superficies forestales hipotéticas originales, las actuales, así como la proporción de bosques que aún persisten.

En total se habrían perdido 88,814 hectáreas de bosques templados, una superficie mayor a la de cualquiera de los municipios de la zona –Colón, el mayor de ellos, mide 80,715 ha, de acuerdo con el *Plano Oficial del Estado* (Gobierno del Estado, 2001) –; es decir, el 77 % de los bosques que originalmente existieron, y que cubrían probablemente más del 22 % de la suma de las superficies actuales de los nueve municipios.

Tabla 9 Superficies actual, potencial (hipotética), perdida y restante de bosques templados en nueve municipios del centro y sur del estado de Querétaro.

Municipio	Superficies de bosques templados (ha)			
	Actual	Potencial	Perdido	% Restante
Amealco de Bonfil	12,273.54	41,289.86	29,016.32	29.73 %
Colón	4,032.39	13,677.62	9,645.22	29.48 %
Corregidora	0.00	19.91	19.91	0.00 %
El Marqués	2,913.74	14,178.11	11,264.37	20.55 %
Huimilpan	4,281.81	13,108.85	8,827.05	32.66 %
Pedro Escobedo	1,178.98	3,682.31	2,503.34	32.02 %
Querétaro	441.38	11,564.89	11,123.51	3.82 %
San Juan del Río	855.21	17,138.75	16,283.54	4.99 %
Tequisquiapan	552.20	683.39	131.19	80.80 %
Totales	26,529.25	115,343.68	88,814.43	23.00 %

Fuente: CQRN con base en el mapa de la **Figura 35**

Es generalmente aceptado que la presencia de la vegetación incrementa sustancialmente la capacidad de los suelos para infiltrar y retener el agua de la lluvia. Estudios en diversas regiones del mundo muestran que la infiltración depende de una serie compleja de factores, como la pendiente del terreno, la composición, profundidad, textura y porosidad del suelo, la intensidad de la lluvia, la temperatura y varios efectos de la existencia o ausencia de vegetación y otros seres vivos (USDA, 2001).

En varias regiones y condiciones estudiadas, el tipo de vegetación de bosque puede no darle al suelo mayor capacidad de infiltración (González Barrios *et ál.*, 2008), ya que la vegetación arbórea retiene o transforma en biomasa, significativas cantidades del líquido, y porque muchos árboles transpiran grandes volúmenes de agua a la atmósfera. No obstante, en muchos casos (Maidment, 1999; Shang *et ál.*, 2007), se ha constatado que la presencia del bosque disminuye el escurrimiento, así como que la ausencia o la degradación de la vegetación, y la consecuente compactación y erosión del suelo, disminuyen la capacidad de retención de agua.

La infiltración no garantiza que el agua retenida por el suelo pueda servir de recarga de los acuíferos. Ésta depende de la interacción de factores como son la cantidad e intensidad de las lluvias, la evapotranspiración, la permeabilidad de la roca y la pendiente.

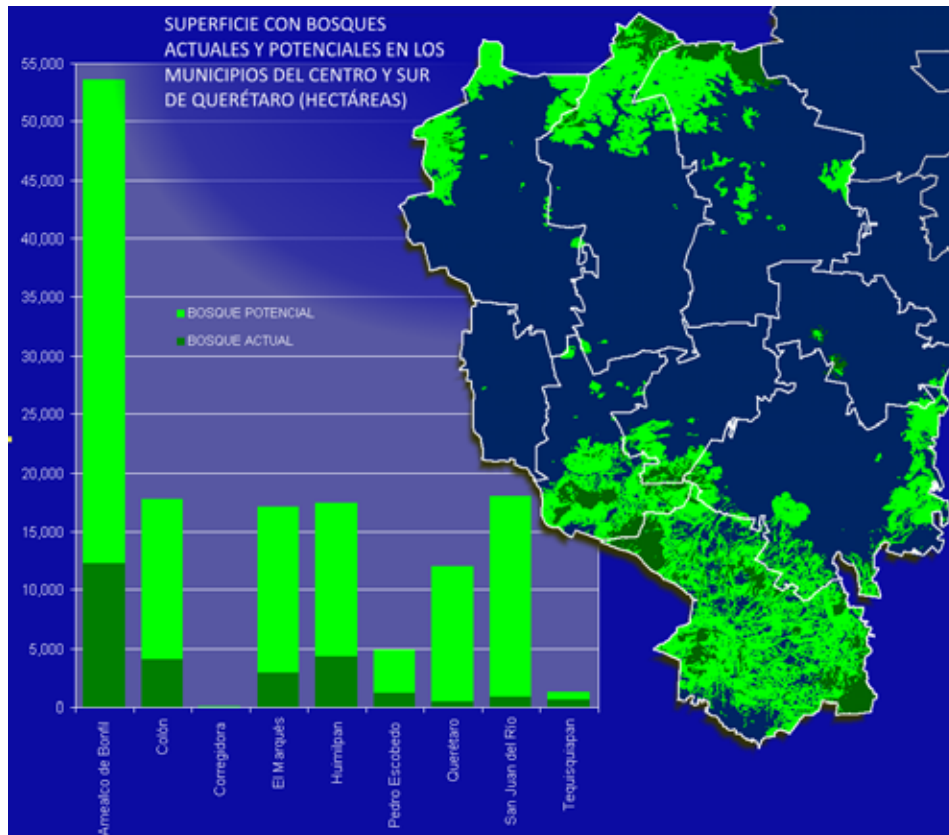


Figura 35 Superficies actual y potencial (hipotética) de bosques templados en nueve municipios del centro y sur del estado de Querétaro (CQRN).

Al no haber datos medidos sobre la recarga en los acuíferos del centro y sur del estado, se deben hacer estimaciones basadas en supuestos y modelos teóricos generales. Se han realizado ya diversos estudios estratigráficos y de otros factores geológicos en la zona; no obstante, dichos estudios (Carreón-Freyre *et ál.*, 2005) han concluido que con los datos recabados no es posible determinar la magnitud de la recarga.

En todo caso, la reforestación de antiguas áreas boscosas traería beneficios en términos de reducir el escurrimiento, la erosión y la posibilidad de inundaciones en los terrenos bajos que sufren de estos siniestros; además de proporcionar servicios ambientales como la captura de carbono y probablemente un incremento en la recarga de los acuíferos.

Áreas prioritarias para reforestar

Diversos criterios pueden emplearse para definir las áreas con mayor importancia o aptitud para la reforestación, dado que son múltiples los aspectos naturales, técnicos, socioeconómicos y financieros que influyen en la factibilidad, el costo y las posibilidades de éxito en este tipo de prácticas.

Como se ha explicado en incisos anteriores, la parte sur del municipio es la de mayor importancia hidrológica, biológica y forestal; así como la que más degradación presenta en sus ecosistemas y suelos. Adicionalmente, las autoridades municipales han expresado su interés de continuar con las acciones de reforestación y control de la erosión, sobre todo en esta región.

En consecuencia, se realizó un ejercicio de delimitación y caracterización de las condiciones físicas y naturales de esta zona, desde el punto de vista de aquellos rasgos y parámetros que influyen decisivamente en la reforestación.

Para acotar el área a caracterizar, con un criterio ecológico, se tomó en principio el área que de acuerdo con el Mapa de Vegetación Hipotética (**Figura 7**, página 16) tuvo originalmente vegetación de bosque de encinos y, más particularmente, a la mitad meridional del territorio municipal, en donde este bosque cubría la mayor parte de su extensión. Las regiones naturales (**Figura 4**, página 9) que abarca son la Mesa de Huimilpan, y las Sierras Riolíticas que la rodean: Capula y Cerro Bravo, la Sierra del Rincón, Cerro Blanco y La Cruz. Esta superficie suma 19,457.2 ha.

En consecuencia, las especies a considerar para la reforestación tendrían que ser preferentemente los encinos (árboles del género *Quercus*) y en particular los que viven ya en esta región o los propios del centro de México que ocupan zonas similares en sus condiciones; así como los pinos (*Pinus*) nativos de México que, aunque no formaron parte de estos bosques, presentan en general facilidades para su propagación u obtención, así como una mayor probabilidad de éxito y crecimiento más rápido.

Para caracterizar las áreas se consideraron las condiciones de suelo, pendiente, vegetación y uso actual del suelo. Se eliminaron las zonas que hoy tienen cobertura de bosque de encinos, y las áreas con pérdida total de suelo en las que no se puede sembrar sin antes promover la formación de nuevo suelo. También se dejaron fuera las zonas urbanas de las localidades, cuerpos de agua y agricultura de riego. Se empleó igualmente el criterio de la distancia media a los bosques existentes, ya que se considera que las reforestaciones deberían ir cubriendo áreas continuas, y tratando de cerrar claros y ampliar las zonas forestales actuales.

Como sucede en clasificaciones que se basan en múltiples variables, ésta es sólo una de diversas posibles jerarquizaciones. Salvo la presencia de localidades, cuerpos de agua y otros usos que excluyen la posibilidad de establecer plantaciones, ninguno de los criterios, o la importancia que se les asignó, es determinante y pueden emplearse otros parámetros, de acuerdo a necesidades específicas.

Se consideraron sólo condiciones físicas y naturales de los terrenos. Otras consideraciones, como la tenencia de la tierra, o la anuencia y el compromiso de propietarios, ejidatarios y comunidades hacia este tipo de acciones, deben considerarse para diseñar en la práctica los planes específicos para realizarlas con éxito.

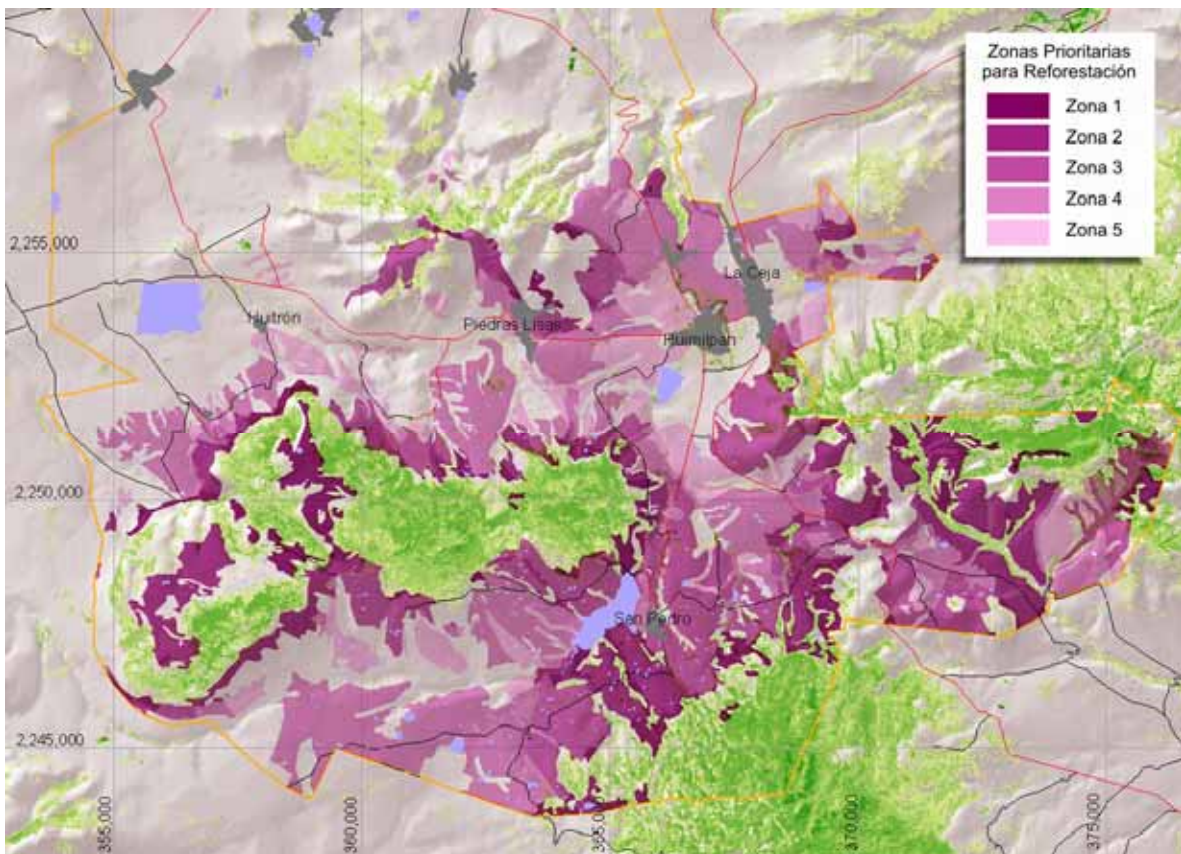


Figura 36 Zonas prioritarias para la reforestación en el sur del municipio, sobre el área que originalmente ocuparon los bosques de encino.

El mapa de la **Figura 36**, que resulta de este ejercicio, está basado en el de las zonas prioritarias para el control de la erosión (**Figura 24**, página 37). Los bosques actuales aparecen en tonos de verde y el límite municipal en naranja. Las características del suelo y la pendiente en las zonas definidas en el mapa, se describen en la **Tabla 10**. Los datos sobre el suelo son de INEGI (1986). Se incluyen, además de las zonas, las áreas actualmente cubiertas por bosque.

Las zonas 1 a 5, en su mayoría presentan uso del suelo de agricultura de temporal, pastizales o bien están desprovistas de vegetación. La zonificación marca divisiones de terrenos relativamente homogéneos en las características de los suelos y la pendiente, factores que influyen en el grado de erosión natural, la susceptibilidad a la erosión y la capacidad de retención de agua del suelo.

Tabla 10 Características de las zonas prioritarias para la reforestación en el sur del municipio.

Zona	Suelo	Pendiente	Distancia media a bosques	Retención de agua*	Aptitud**
Zona 1	Muy somero. Litosol dominante	8-35 %	< 200 m	Baja	Baja
Zona 2	Somero. Feozem y Litosol	5-25 %	200-400 m	Baja	Media a baja
Zona 3	Somero a medianamente profundo. Feozem	5-12 %	400-600 m	Media	Media
Zona 4	Somero a medianamente profundo. Feozem	4-8 %	600-800 m	Media	Media
Zona 5	Medianamente a profundo. Feozem	2-6 %	>800 m	Alta	Alta
Áreas con bosque	Muy somero a medianamente profundo, Feozem-Litosol	5-35 %	0	Varias	Varias

*La capacidad de retención de agua es relativa para los suelos de la zona, ya que no se cuenta con mediciones. ** La aptitud se refiere al grado de dificultad para la siembra y el cuidado; así como a las posibilidades de éxito.

A continuación se describen brevemente las características y limitaciones de estas zonas, así como algunas recomendaciones generales para la reforestación.

ZONA	CARACTERÍSTICAS Y LIMITACIONES
Zona 1	<p>Se trata de terrenos con pendiente fuerte, hasta de 35 % o, en algunos casos, algo menor, cuyos suelos son muy someros, en general menores a 25 cm de profundidad, y alternan con afloramientos rocosos frecuentes. El suelo es de textura media, poca estructura y nulo desarrollo de horizontes. Se clasifica como Litosol. Estas zonas se encuentran en las laderas de las sierras en la región, generalmente contiguas a áreas boscosas.</p> <p>Las condiciones de pendiente y la poca profundidad de los suelos hacen que la capacidad de retención de agua sea la más baja en la región y la erosión natural muy alta, por lo que la reforestación debe realizarse forzosamente en conjunto con prácticas de control de la pérdida del suelo, como terraceo o cajetes y las plantas deben recibir riegos al menos en el primer periodo de sequía invierno-primavera, pero preferentemente durante 2 a 3 años.</p> <p>En el municipio se han dado ya reforestaciones exitosas sobre estos terrenos con eucalipto, pero también con pinos, que son mucho más recomendables y a la larga proporcionan más servicios ambientales y posibilidades de explotación económica.</p>
Zona 2	<p>Terrenos de laderas bajas o pie de monte con suelos someros, en general de 25 a 40 cm de profundidad, textura media y poco desarrollo de horizontes. Existen afloramientos rocosos por pérdida total o casi total del suelo en áreas dispersas. El suelo se clasifica como una asociación de Litosol y</p>

	<p>Feozem Háplico. La erosión potencial de estos suelos es alta cuando no existe vegetación o en caso de desarrollarse actividad agrícola o sobrepastoreo. Los suelos cubiertos por pastizales en buen estado presentan una susceptibilidad moderada a la erosión.</p> <p>La capacidad de retención de agua de estos suelos es pobre, aunque mejora en buena medida cuando la cobertura de pastos es alta. Para la reforestación deben seleccionarse, en principio, los suelos menos someros, y realizarse prácticas de control de la erosión en los casos de mayor pendiente, aunque si el pastizal se encuentra en buen estado, su presencia ayuda mucho a prevenir este fenómeno y a la retención de agua en el suelo. Los riegos a los árboles pequeños en tiempo de sequía son necesarios el primer año para garantizar una buena sobrevivencia.</p>
<p>Zona 3</p>	<p>Terrenos de pie de monte o lomeríos con pendientes medias y suelos moderadamente profundos (40-75 cm), de textura media, clasificados como Feozem Lúvico, que alternan con áreas donde estos suelos se han perdido por completo. Son algo más arcillosos que los Feozem Háplicos y presentan un horizonte subsuperficial enriquecido con arcillas de color rojizo, que es típico de los suelos de bosque templado. La susceptibilidad a la erosión de estos suelos es alta cuando se pierde la vegetación y se aran los terrenos, si no se establecen prácticas de conservación. Los pastizales protegen al suelo en buena medida cuando no son sobrepastoreados. La retención de agua es significativamente mayor que en las zonas descritas arriba, y el efecto de la sequía mucho más suave.</p> <p>Para la reforestación es recomendable buscar los suelos menos degradados, tratar de conservar la cobertura de pastos y regar los árboles pequeños en tiempo de secas.</p>
<p>Zona 4</p>	<p>Terrenos de meseta y lomeríos, con pequeñas cañadas y pendientes suaves a medias. El suelo es similar al de la Zona 3, con un menor grado de erosión y en general algo más profundo, aunque en zonas específicas el suelo ha perdido el horizonte superficial, y aun partes del horizonte rojizo. En otras se encuentran afloramientos en los que se observa la roca con forma plana o en bloques redondeados. La capacidad de retención de agua es relativamente alta dada la profundidad del suelo, donde éste no se encuentra muy degradado.</p> <p>Las prácticas de reforestación en esta zona presentan mayor facilidad por la pendiente menos abrupta, y mayores posibilidades de éxito por la humedad del suelo. No obstante estos terrenos son más apreciados para el cultivo o el pastoreo, y esto dificulta el encontrar propietarios dispuestos, y requiere más que en las zonas anteriores el aislar del ganado a las plantaciones.</p>
<p>Zona 5</p>	<p>Terrenos con poca pendiente y suelo profundo en buena parte del área, aunque en las cañadas o algunas parcelas se ha perdido el horizonte más superficial. En las zonas más bajas se encuentra un suelo oscuro que ha recibido aportes de material de las lomas alledañas y estos suelos (Fluvisol Éutrico) no se han separado en la cartografía del INEGI. Se localizan algunas áreas en donde aflora la roca.</p> <p>La reforestación presenta prácticamente las mismas condiciones y limitaciones que en la Zona 4. La capacidad de retención de agua es mayor, en tanto que el suelo es más profundo, pero en las zonas en donde el agua se acumula, no se recomienda sembrar árboles de bosque dado que, en general, requieren de un buen drenaje.</p>
<p>Áreas con bosque en la actualidad</p>	<p>Se encuentran restringidas a las zonas de laderas y cumbres de las sierras; así como a algunas cañadas. La pendiente es moderada o fuerte. Los suelos son, en general, someros, pero existen áreas en donde estos son un poco más profundos.</p> <p>Las prácticas de reforestación pueden ser diversas, dependiendo de la densidad del arbolado existente, y es probable que en muchos casos baste con cercar las zonas en donde se observa regeneración natural para evitar que el ganado o la gente acaben con las plántulas.</p>

Las indicaciones anteriores, como ya se mencionó, son de tipo general, y cada terreno a reforestar debe ser evaluado en el campo por técnicos con experiencia en estas prácticas dentro de la región.

Por otra parte, Huimilpan ha sido y es un municipio en el que se ha dado la reforestación activamente, por muchos años. La Sierra Queretana, que comparte Huimilpan con Amealco, es la región del estado en donde se ha realizado la mayoría de plantaciones forestales durante varias décadas, y lo sigue siendo hoy en día.

La reforestación se ha realizado tradicionalmente en Huimilpan, sobre todo en la parte sur del municipio, básicamente con casuarinas y eucaliptos, géneros de árboles no mexicanos. También se han empleado pinos ajenos a la región.

No obstante, la tendencia actual, promovida por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), desde hace algunos años ya, es la de tratar de reforestar en cada región preferentemente con plantas nativas y pertenecientes a los ecosistemas preexistentes en las zonas que se reforestan.

La reforestación con plantas nativas, que en muchos casos pueden ser propagadas en cada región, es sin duda una estrategia que favorece la autonomía de los estados y municipios en cuanto a la producción de plántulas, abarata los costos de proyectos de este tipo y tiene buenas posibilidades de éxito, al hacerse en terrenos y climas a los que tales especies están adaptadas.

La CONAFOR ha publicado y difunde a través de su página de Internet (CONAFOR, 2008) una serie de manuales y fichas técnicas que contienen un importante acervo de información puntual y práctica sobre las características de las especies nativas, sus requerimientos ambientales y biológicos, así como las técnicas para realizar desde la colecta de semillas hasta el cuidado de las plantaciones.

A continuación, se enlistan algunas de las especies sugeridas para la reforestación en el sur del municipio:

Los encinos, árboles del género *Quercus*, son los más indicados para reforestar esta zona, que como ya se ha discutido, estuvo poblada casi en su totalidad por bosques en los que tales árboles son dominantes.

Aunque se considera que los encinos son más difíciles de propagar que otros árboles de bosques templados, como los pinos, esta percepción ha cambiado, ya que hoy se cuenta con mucha mayor experiencia en todas las actividades relativas a la reforestación con dichos árboles.

Encinos nativos

Dos de los encinos más comunes en los bosques huimilpenses (Zamudio *et ál.*, 1992), para los que se cuenta con información amplia acerca de su propagación (CONAFOR, 2008), son el encino blanco o encino laurelillo, *Quercus laurina* y *Quercus rugosa*.

Quercus laurina es, de los dos, el que ofrece mayores facilidades para su cultivo en viveros, un excelente porcentaje de germinación y sobrevivencia, si se tienen los cuidados y previsiones que se señalan en los manuales respectivos, además de que los árboles tienen una madera muy comercial para diversos usos.

Quercus rugosa, algo más difícil de propagar y no tan valioso comercialmente, es sin embargo un árbol que no debe dejarse de lado, ya que es más ornamental que *Quercus laurina*.

Pinos nativos

Aunque los pinos (coníferas del género *Pinus*), no son nativos de Huimilpan, se les encuentra a pocos kilómetros del municipio, en la parte amealcense de la Sierra de El Laurel, aunque en pequeñas áreas. Zamudio (1992) menciona que se trata exclusivamente de *Pinus montezumae* (ocote o pino de Moctezuma), y que estos manchones tal vez representan vestigios de antiguos bosques dominados por esta especie.

Es por ello, así como por la importancia económica y la gran experiencia que existe para su propagación, que se propone aquí como una opción razonable, además de los encinos.

Otros pinos mexicanos que podrían ser considerados por encontrárseles en regiones vecinas son: *Pinus patula* (pino llorón o triste) y, para los terrenos más secos o suelos deteriorados, el piñonero, *Pinus cembroides*.

Otras especies

Otros encinos y pinos, de acuerdo con su disponibilidad, podrían usarse. Por ejemplo, el enebro *Juniperus flaccida*, y diversas plantas arbustivas, especialmente como complemento de las obras de control de la erosión –terrazas básicamente–, como los magueyes *Agave angustifolia* y *Agave atrovirens*, que crecen bien en zonas de bosque templado, retienen el suelo y son aprovechables, además de varias especies de nopales del género *Opuntia*, que se han empleado en la zona desde hace años, con estos fines.

Aspectos a considerar para una reforestación exitosa

Para su establecimiento, todas las especies vegetales tienen una serie de requerimientos ambientales mínimos. Éstos incluyen la temperatura, la precipitación, la altitud e inclusive la presencia o ausencia de otras especies. De este hecho, se deriva la idea de utilizar especies nativas o locales para reforestar pues, en teoría, tales especies están adaptadas a las condiciones propias del

lugar, y por tanto es más probable que las plantas se adapten al hábitat en el cual serán introducidas.

En México, es muy común que cuando se decide realizar una reforestación, se piensa sobre todo en hacerla sobre terrenos muy degradados, ya sea por uso agrícola inadecuado, por haber soportado el sobrepastoreo, o bien, porque han sufrido una explotación forestal incorrecta. Así, la mayoría de los terrenos elegidos para la reforestación tienen escaso suelo, textura inadecuada, y presentan procesos erosivos extremos.

De acuerdo con el *Manual de Reforestación con Especies Nativas* (Arriaga et ál. 1994), si es posible elegir las características deseables de un suelo para reforestar con especies leñosas, éstas son:

- Por lo menos 30 cm de profundidad del suelo;
- Textura de suelo tal, que permita una infiltración adecuada del agua; es decir, suelos no compactados;
- Que exista un estrato herbáceo que alcance a cubrir el 80 % del terreno;
- Formas de erosión que no sean muy extremas, o que puedan ser controladas fácilmente con prácticas leves de conservación de suelo;
- Las áreas deben ser excluidas del acceso al ganado en su fase inicial.

Sin embargo, la realidad en México es que las áreas con las características anteriores generalmente están dedicadas a las actividades agropecuarias y no se dispone para reforestar sino de aquellos terrenos en donde ya no se persigue ningún fin productivo inmediato, porque su degradación es evidente. Otro aspecto común en nuestro país, es que las reforestaciones que se han realizado, y que aún se realizan, han utilizado especies exóticas como *Eucalyptus spp.*, *Casuarina spp.* y *Pinus radiata*, ente otras, que en la mayoría de los casos no contribuyen al mejoramiento del medio ambiente ni responden a las expectativas de la población rural.

Si existe la necesidad de que sean éstas las áreas que se reforesten, el éxito de la empresa dependerá en gran medida de la preparación del terreno, por lo cual es necesario detectar con precisión cuáles son las características negativas que más afectarían el establecimiento de las plantas y darse a la tarea de revertirlas artificialmente. A continuación se presentan las principales limitantes de dichos terrenos y la forma de revertirlas.

Suelos compactados

Esta característica es muy común en suelos que se han utilizado con fines agropecuarios, y tienen la particularidad de presentar escaso espacio poroso dentro del suelo, lo que dificulta el desarrollo de las raíces y la penetración del agua dentro del suelo. Por lo general, en estos suelos, al reducirse la infiltración del agua y aumentar el escurrimiento superficial, se presentan fuertes problemas de erosión, sobre todo cuando están ubicados en terrenos cerriles de fuerte pendiente.

La forma de revertir la compactación del suelo es mediante la roturación del terreno. De lo que se trata es de remover el suelo tanto como sea posible, y darle más porosidad, para aumentar su capacidad de infiltración y retención de agua, de modo que permita el crecimiento radicular de las plantas.

Si por naturaleza el suelo es muy pesado y presenta gran cantidad de arcilla, revertir la compactación sólo por medios físicos es poco viable, pues la descompactación durará poco tiempo si no se emplea otro tipo de estrategia. En este caso, a la roturación del suelo se debe sumar la incorporación de materia orgánica (hojarasca o esquilmos agrícolas), con la finalidad de darle mayor volumen. La opción más viable en la zona sur del municipio, y dada la susceptibilidad a la erosión de los suelos allí presentes, es la de preparar el terreno únicamente en el entorno del sitio en donde se introducirá cada planta.

Rocosisdad

Cuando el terreno presenta alto porcentaje de rocosidad (definido como el afloramiento de la roca en la superficie del terreno), habrá que detectar los sitios en donde se da un acumulamiento de suelo que permita la introducción de la planta, pues no existe forma práctica de revertir esta deficiencia. En lo que se tendrá que poner mayor cuidado es en elegir especies que desarrollen más en lo horizontal su sistema radicular, ya que las especies con prominente desarrollo vertical de la raíz pueden sufrir deformaciones en ésta, que repercutan en el desarrollo de la planta. Es más conveniente, en estos casos, introducir plantas con afinidad a este tipo de condiciones, aunque no sean leñosas, pero que formen suelo, como pueden ser nopales o magueyes.

Maleza

Es muy común encontrar, en sitios en donde se desarrollaron prácticas agropecuarias, que el terreno esté cubierto por plantas leñosas o arbustivas de difícil erradicación y que van a presentar una dura competencia a la vegetación que se introduzca. Para controlar la vegetación hay varias maneras de hacerlo, entre ellas la roza y quema, el uso de herbicidas y el deshierbe manual.

La elección dependerá de factores económicos, así como ecológicos, que se deben ponderar antes de decidir un método. Sin embargo se ha sugerido que aunque el deshierbe manual, consistente en eliminar con machete y otras herramientas agrícolas las plantas que cubren el terreno, consume gran cantidad de tiempo y mano de obra, posee ventajas tales como que el deshierbe puede ser selectivo, al dejar en pie las plantas que puedan tener algún beneficio en la recuperación de la vegetación o que presenten algún uso para las comunidades. La materia orgánica proveniente del deshierbe puede ser acumulada y quemada en los sitios donde se introducirá la planta, dejada en el sitio a manera de cubierta protectora, o revuelta con el suelo que estará en contacto con la planta que se introducirá, para dejarle mejores características al suelo.

Se sugiere realizar el deshierbe manual en franjas por dos razones: para reducir la superficie a preparar, y para no dejar desprotegida las zonas en que no se introducirá planta.

Deficiencias nutricionales

Es común que los suelos de las áreas que han estado expuestas a aprovechamiento agropecuario y forestal presenten deficiencias físicas y en el contenido de algunos elementos nutricionales. Por lo general, las deficiencias que más afectan el desarrollo de las plantas son la falta de nitrógeno, fósforo y potasio, aunque también es frecuente encontrar bajos niveles de bases (calcio, magnesio, etc.), así como estructura indeseable del suelo.

Si por falta de tiempo y/o recursos económicos no es posible realizar análisis del suelo, entonces pueden seguirse las siguientes reglas empíricas:

Si el terreno tuvo uso agrícola y se abandonó por una baja en los rendimientos, lo más seguro es que sus deficiencias estén basadas en nitrógeno y fósforo.

En sitios donde hubo aprovechamiento forestal y existe una cubierta vegetal mucho menor a la original, aunado a precipitaciones abundantes, es probable que haya deficiencia en contenido de bases, que el suelo sea ácido y que el fósforo no esté disponible para las plantas. Los problemas de acidez también pueden deberse al origen del mismo y a las condiciones climáticas y de vegetación que imperen en el sitio, como es el caso en la Mesa de Huimilpan y en las laderas de las sierras aledañas a ella. Lo aconsejable, por económico y práctico, es introducir aquellas especies que sean aptas para ese tipo de condiciones particulares.

La producción de material vegetativo en vivero constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies adecuadas al medio y con utilidad económica. La propagación de plantas en estos sitios permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y enfermedades que pueden dañar a las plántulas en la etapa de mayor vulnerabilidad, logrando, así, generar mayores probabilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les trasplanta a su lugar definitivo.

Es importante señalar que Huimilpan cuenta ya con un vivero, administrado actualmente por la Dirección de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Turismo. El espacio que este vivero proporciona puede convertirse, si se le da un impulso adecuado, en el pilar sobre el cual se basen los trabajos de reforestación municipal, ya que puede funcionar no sólo como fuente productora de plantas, sino también como el sitio de investigación en donde se experimente con las especies de interés municipal, propiciando así la formación de bancos de germoplasma y plántulas que permitan su caracterización, selección y mantenimiento, además de servir como sitios de capacitación de donde surjan los promotores de reforestaciones.

Las actividades de reforestación no concluyen con la plantación; por el contrario, una reforestación exitosa incluye acciones posteriores al plantado de los árboles. Entre ellas:

- En época de sequía regar el árbol una vez por semana. Si llueve esto no es necesario, pues el exceso de agua tampoco es recomendable;
- En ocasiones se necesita renovar la vara que sirve de apoyo al nuevo arbolito;
- Quitar las hierbas que pueden limitar el crecimiento de la planta;
- De preferencia cercar la plantación para evitar el posible daño por apisonamiento, o por la entrada de animales.

El poseedor, dueño o encargado del terreno a reforestar, debe estar consciente de la necesidad de proteger la plantación en la fase inicial, evitando el acceso al ganado y previniendo incendios. Independientemente de los cercos protectores, deberá estar atento a las condiciones atmosféricas y, en tiempo de secas, extremar las precauciones, eliminando hierbas secas y haciendo brechas cortafuego. La reforestación requerirá de limpiezas periódicas y en algunos casos de acolchado con hierba muerta o con piedras alrededor de la planta para conservar la humedad y evitar forrajes indeseables.

Es muy importante que los programas y acciones de reforestación no sean ajenos a las comunidades. Su éxito depende en buena medida del compromiso y el entusiasmo con el que la gente haga suyas estas prácticas. Por ello, es deseable que las iniciativas de los propios dueños, ejidatarios o miembros de las comunidades sean respaldadas por los técnicos y por las instituciones a cuyo cargo están estos programas.

Las especies que ya han sido probadas ya con éxito son las que tienen mayores posibilidades en una región específica. No obstante que otras especies tengan los mismos requerimientos de clima y suelo, nunca se sabe con certeza cuáles serán los resultados de una reforestación hasta que ésta se experimenta en una zona. En este punto, cabe mencionar que hay abundante material bibliográfico, fichas técnicas y manuales sobre las especies de árboles, sus requerimientos y las prácticas que hay que seguir para coleccionar las semillas, propagarlas y establecer plantaciones de ellas.

Un objetivo principal de la reforestación debe ser el del aprovechamiento futuro del bosque. Los bosques que se explotan y se manejan adecuadamente tienen menor riesgo de plagas o incendios, y la perspectiva del aprovechamiento genera interés en las comunidades por el cuidado del bosque.

Actualmente, los pagos por servicios ambientales y diversas fuentes de financiamiento relacionadas con ellos, así como el ecoturismo, pueden representar incentivos adicionales para la reforestación.

PROPUESTA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Querétaro, establece que es obligación de las autoridades y derecho de las personas, realizar acciones tendientes a preservar, restaurar y proteger las áreas naturales y ecosistemas dentro del territorio de la entidad. También, que deben protegerse particularmente aquellas áreas en donde los ambientes originales no hayan sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o aquellas que a pesar de haber sido afectadas, requieran por su relevancia particular para el estado, ser sometidas a programas de preservación o de restauración. Asimismo, considera de utilidad pública el establecimiento, protección y conservación de las Áreas Naturales Protegidas, así como la conservación del hábitat natural de la vida silvestre.

En este sentido, la participación del gobierno y la ciudadanía es de vital importancia para asegurar el desarrollo integral de la comunidad con su entorno ecológico.

Definición de Área Natural Protegida

Uno de los instrumentos de política ambiental con mayor peso jurídico para la conservación de la biodiversidad, es la Declaratoria de Áreas Naturales como Zonas Protegidas, entendiéndolas a éstas como “porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o aquellas que, a pesar de haber sido afectadas, requieren por su relevancia particular ser sometidas a programas de preservación o de restauración, ya que producen servicios ambientales cada vez más reconocidos y valorados” (Gobierno del Estado de Querétaro, 2008).

De esta manera, un Área Natural Protegida representa una zona del territorio dentro de la cual se llevan a cabo acciones de conservación, protección y, si es el caso, de recuperación de los valores biológicos, ecológicos y físicos presentes en la misma, para asegurar, así, la continuidad de sus procesos naturales en beneficio de las generaciones actuales y futuras. Cada una de estas áreas cuenta con un valor específico ya sea natural y/o cultural.

Así, el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas, tiene por objetivo:

- Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos;
- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva;
- Asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad de un territorio, en particular de las especies en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas y las que se encuentran sujetas a protección especial;
- Asegurar el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sus elementos;

- Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio;
- Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad en el territorio nacional;
- Procurar vías de comunicación, poblados, instalaciones industriales, aprovechamientos agrícolas y demás estructuras que tiendan a la protección de los elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área;
- Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacional, y para los pueblos indígenas.

Jurídicamente, las Áreas Naturales Protegidas están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según las categorías establecidas en las leyes respectivas. La conservación es el intento de proteger a las especies antes de que desaparezcan definitivamente, pues los hábitats naturales en que radican algunas especies, son afectados y en algunos casos destruidos mediante múltiples factores. Así, idealmente las estrategias de conservación deben proteger el hábitat mucho antes de que la especie se encuentre en peligro, aunque normalmente ocurre que se pretende proteger a la especie cuando los niveles de amortiguamiento de la huella ecológica o capacidad de carga natural de los hábitats ha sido alterado de tal modo, que no se logra su recuperación y, aun cuando subsista la especie, sin condiciones normales, ésta termina por desaparecer.

Básicamente, hay tres estrategias para evitar la afectación irreversible, e incluso la destrucción de los hábitats naturales:

- Fijando como objetivo una especie en particular y dirigir todos los esfuerzos para promover un medio ambiente adecuado en el cual esta especie pueda prosperar;
- Asegurando una región completa y procurando la menor cantidad posible de cambios en el medio ambiente, protegiendo a todas las especies que allí habitan;
- Utilizando una especie significativa que se encuentre en riesgo de extinción y sea representativa del lugar;
- Creando y adecuando una legislación que proteja la zona en que dicha especie habita y logrando, además, la protección de otras especies en la zona.

Áreas Naturales Protegidas en el municipio

Dentro del municipio de Huimilpan, actualmente se encuentran porciones de dos Áreas Naturales Protegidas (**Figura 37**): el Parque Nacional “El Cimatario” y la Zona Sujeta a Protección Ecológica “El Tángano”, ubicadas ambas hacia su parte más septentrional. El Parque Nacional “El Cimatario” es de carácter federal y tiene una extensión de 2,312.9 hectáreas, de las cuales, el 72.5 % (1,677.4 ha) se encuentra en Huimilpan. La Zona Sujeta a Protección Ecológica “El Tángano” es de carácter estatal, y del total de su superficie sólo alrededor del 8 % (67.5 ha) es parte del municipio.

En ambas áreas, que están prácticamente contiguas, se trata de proteger la presencia de varias especies enlistadas en la norma NOM ECOL 059 2001 (Tabla 11), presentes tanto en la vegetación de bosque tropical caducifolio, como en los matorrales subtropicales derivados de éste. Igualmente se intenta mantener la recarga de agua subterránea al acuífero “Valle de Querétaro”, que está sobreexplotado y en riesgo de agotamiento en un plazo que va del corto al mediano.

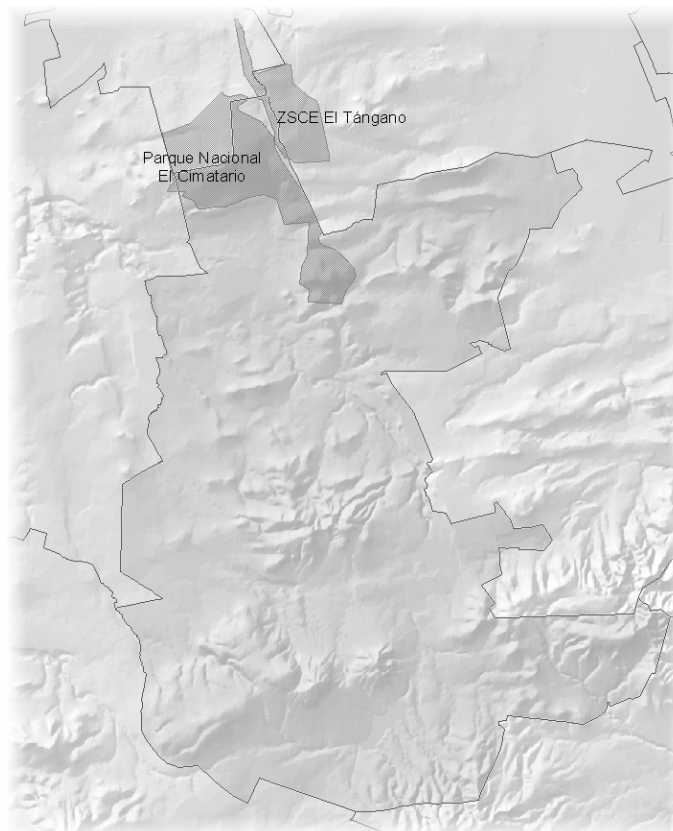


Figura 37. Áreas Naturales Protegidas en el municipio de Huimilpan (SEDESU 2007b).

Tabla 11 Especies incluidas en la NOM- 059- ECOL- 2001 en el Parque Nacional “El Cimatario”.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría	Distribución
Agavaceae	<i>Dasyllirion acrotiche</i>	Cucharilla, vara de cohete	Amenazada	Endémica
Cactaceae	<i>Mammillaria mathildae</i>	Biznaga de chilitos	En peligro de extinción	Endémica
Cactaceae	<i>Ferocactus histrix</i>	Biznaga de Huamichí	Protección especial	No endémica
Fabaceae	<i>Albizia plurijuga</i>	-	Amenazada	No endémica
Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i>	Patol	Amenazada	No endémica
Meliaceae	<i>Cedrela dugesii</i>	Nogal cimarrón	Protección especial	No endémica

Fuente: Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional “El Cimatario” (CONANP), en revisión.

Propuesta de áreas municipales a proteger

Como se ha observado en capítulos anteriores, existen zonas de interés ecológico en la parte sur del municipio, ya que allí las sierras presentan, en buena medida, bosques de encino conservados. Tales sierras forman la parte alta de las dos

principales cuencas de Huimilpan y se les considera como zonas de recarga de los acuíferos locales.

Sería de gran importancia, por lo ya mencionado, buscar la protección de áreas naturales en dicha zona. Lo anterior traería beneficios no sólo ambientales, sino financiamientos para la reforestación y el pago de servicios ambientales, entre otras ventajas.

En la **Tabla 12** se presentan las áreas protegidas actuales y las propuestas, su vegetación y su extensión en hectáreas.

Tabla 12 Áreas naturales actuales y propuestas, vegetación a proteger y superficies.

Nombre	Categoría	Vegetación	Área (ha)
ZSCE El Tángano	ANP estatal	Bosque tropical-matorral	67.53
Parque Nacional "El Cimatarío"	ANP federal	Bosque tropical-matorral	1,677.38
La Machorra (Los Cues)	Propuesta	Bosque tropical-matorral	518.30
La Cruz	Propuesta	Bosque tropical-matorral	491.99
Cerros Bravo y Capula	Propuesta	Bosque de encino	2,508.96
Sierra de El Rincón	Propuesta	Bosque de encino	722.23
Las Cuevas 1 (cañada)	Propuesta	Bosque de encino	146.38
Las Cuevas 2	Propuesta	Bosque de encino	479.31
Total ANPs actuales			1,744.91
Total áreas propuestas			4,867.17
Total (actuales + propuestas)			6,612.08

Fuente: CQRN-SEDESU, 2004

En la **Figura 38** se aprecian los polígonos de áreas propuestas para su protección. Los polígonos contienen la mayoría de los bosques de encino, así como otras áreas al noreste del municipio, con matorrales subtropicales y crasicale en buen estado de conservación, que se verán amenazados en el futuro cercano debido a que la conurbación de la capital del estado ha comenzado a extenderse hacia aquella zona. En verde claro y con relleno, aparecen las porciones de las Áreas Naturales Protegidas actuales dentro del municipio; y en polígonos vacíos de límite verde oscuro, las áreas propuestas.

Evidentemente se trata sólo de una primera delimitación para definir cuáles áreas tienen mayor valor ecológico y extensiones adecuadas para su conservación.

Para llevar a cabo la Declaratoria sobre cada una de las propuestas, se requeriría de estudios justificativos y delimitaciones precisas; de definir prioridades; de acordar, en su caso, con el Gobierno del Estado cuándo se considera que deberán ser Áreas Naturales Protegidas de categoría estatal, y; de llegar a acuerdos con los propietarios, entre otros aspectos legales y técnicos.

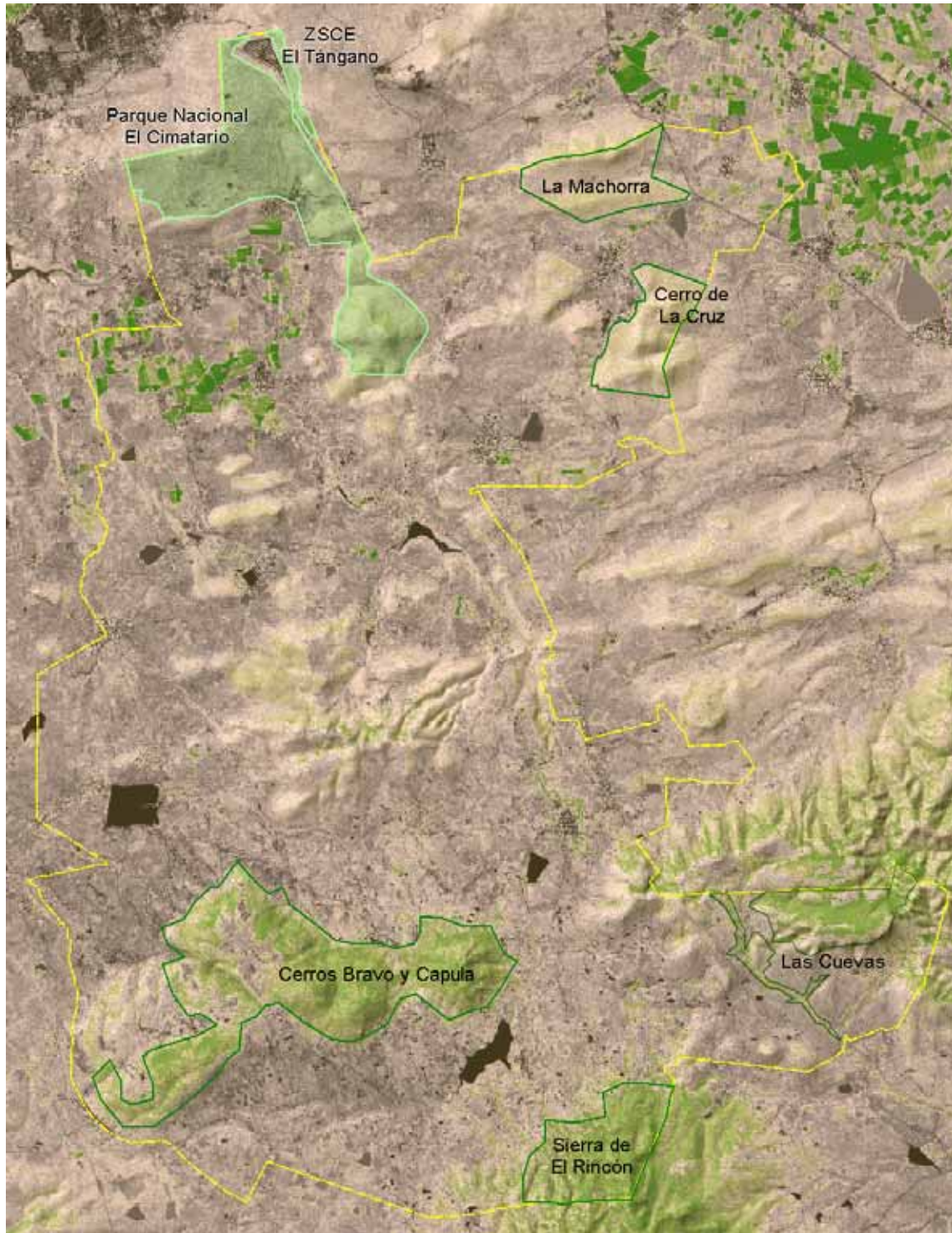


Figura 38. Áreas Naturales Protegidas actuales y propuestas para el municipio de Huimilpan.

CONCLUSIONES

El municipio de Huimilpan, como toda la región central y meridional del estado de Querétaro, ha perdido a lo largo de siglos de actividad humana, buena parte de su vegetación natural, que estuvo constituida en prácticamente un 60 % por vegetación de bosques templados y tropicales, de los cuales casi la mitad de la superficie actual del municipio debió de haber estado cubierta por bosques de encino.

La remoción de los bosques y otra vegetación natural, aunada a las actividades agropecuarias que se practican extensivamente desde tiempos coloniales, ha traído como consecuencia el deterioro y la erosión del suelo en amplias áreas del territorio huimilpense.

Sin embargo, esta erosión (al igual que en otras áreas de Querétaro y el centro de México) parece haberse dado hace ya varias décadas, y no se observa un incremento apreciable en ella desde, al menos, el principio de los años 70 del siglo XX, hasta la actualidad. Esto significa que, aunque existe hoy en día un proceso de pérdida de suelo -que se evidencia, por ejemplo, en el azolvamiento de cuerpos de agua-, dicho proceso está en equilibrio con los de formación y retención de suelo.

La erosión total o muy intensa de terrenos en el municipio, se concentra principalmente en las zonas altas de las cuencas de sus dos principales ríos —el Huimilpan y el Bravo—, al sur de su territorio. Dicha erosión se encuentra distribuida, sobre todo, en pies de monte y en algunas laderas y cañadas, originalmente cubiertas por bosques de encino.

La pérdida de amplias zonas boscosas en las zonas altas, al sur del municipio de Huimilpan, como en otras áreas del sur del estado, debería ser motivo de preocupación para las autoridades a cargo de la gestión del agua y el medio ambiente a nivel estatal, porque ha traído consigo el azolvamiento de algunos de los más importantes cuerpos de agua en la entidad, así como una probable disminución en la recarga de los acuíferos de Querétaro y San Juan del Río, que son prácticamente la única fuente de este recurso para la gran mayoría de la población, la industria y la actividad económica, e insumo principal para las actividades agropecuarias en la región.

La puesta en práctica de un programa de reforestación, que en realidad pueda coadyuvar en el mejoramiento y conservación de los recursos naturales, debe considerar la propagación de especies nativas adaptadas al ambiente existente en el municipio. Por ello, debe considerarse la domesticación, en vivero y laboratorio, de una gran cantidad de especies susceptibles de ser propagadas masivamente, y utilizarlas en los programas de reforestación.

Evidentemente, lo anterior implica contar con recursos financieros para la capacitación del personal y la creación y/o fortalecimiento de infraestructura de

viveros, que aseguren la producción de las plantas (número, talla, calidad y especie) que la reforestación demanda. Si un programa de tal magnitud logra establecerse, los resultados de las plantaciones serán más exitosos de los que hasta la fecha se han obtenido en los programas de reforestación con especies exóticas.

Por todo esto, generar estrategias y acciones para la reforestación y el control de la erosión en Huimilpan y en los otros municipios de la Sierra Queretana, reviste gran importancia.

Del análisis realizado mediante herramientas de SIG y reconocimientos de campo, a solicitud del H. Ayuntamiento de Huimilpan, se enlistan las siguientes conclusiones y recomendaciones principales:

- Las acciones dirigidas a la reforestación y al control de la erosión en terrenos del municipio, tienen buenas posibilidades de éxito, dada la situación tanto de los ecosistemas naturales que se han conservado, como de los suelos en diversos grados de degradación por erosión, que parecen encontrarse en un estado estable, es decir, donde la pérdida y la recuperación son más o menos equivalentes.
- La mayor parte de los suelos erosionados se encuentran en las zonas altas del sur del municipio, en terrenos que tuvieron originalmente cobertura vegetal de bosque de encinos y se dedicaron luego a la agricultura o al pastoreo.
- Diversas estructuras para la conservación de suelos, de las muchas que se han realizado en el municipio (como gaviones, presas filtrantes o terrazas) han resultado inadecuadas y, con frecuencia, presentan deterioro por falta de mantenimiento.
- Las zonas consideradas como más prioritarias para el control de la erosión y en donde las prácticas de este tipo tendrían mayores resultados en el corto plazo, están principalmente en la parte sur del municipio, y son aquellas en las que hay erosión de moderada a fuerte, y aún existe suelo en riesgo de continuar perdiéndose.
- La vegetación original de la mitad meridional del municipio, fue en su gran mayoría de bosque de encino.
- Las condiciones climáticas en la zona sur del municipio, son adecuadas para la reforestación con árboles propios de bosques templados, como encinos y pinos.
- La reforestación ayudaría significativamente a la retención de agua en las tierras altas, a la retención y formación de suelo y, probablemente, a la infiltración y la recarga del acuífero de Huimilpan.
- Varias de las reforestaciones realizadas en el municipio, en años anteriores, han tenido éxito, pero otras se han perdido por el empleo de plantas muy pequeñas o inadecuadas, y por la falta de cuidados y de riego, entre otros factores.
- Se considera que las áreas prioritarias para la reforestación son también las del sur del municipio, y que las especies más adecuadas para esta práctica son los encinos y los pinos.

APÉNDICES

A 1. Primer reporte generado por el Centro Queretano de Recursos Naturales

A continuación se transcriben los resultados y las recomendaciones que el CQRN realizó en un primer reporte entregado al municipio de Huimilpan, en julio de 2008. Dicho reporte contiene aspectos muy puntuales del río Huimilpan y su cuenca.

La cuenca del río Huimilpan

El territorio del municipio de Huimilpan, está casi totalmente incluido dentro de dos cuencas. A una de ellas la hemos denominado “cuenca del río Bravo”, y nace en las zonas altas, al sur del municipio. Forman parte de ella las presas La Ceja y Presa de Bravo.

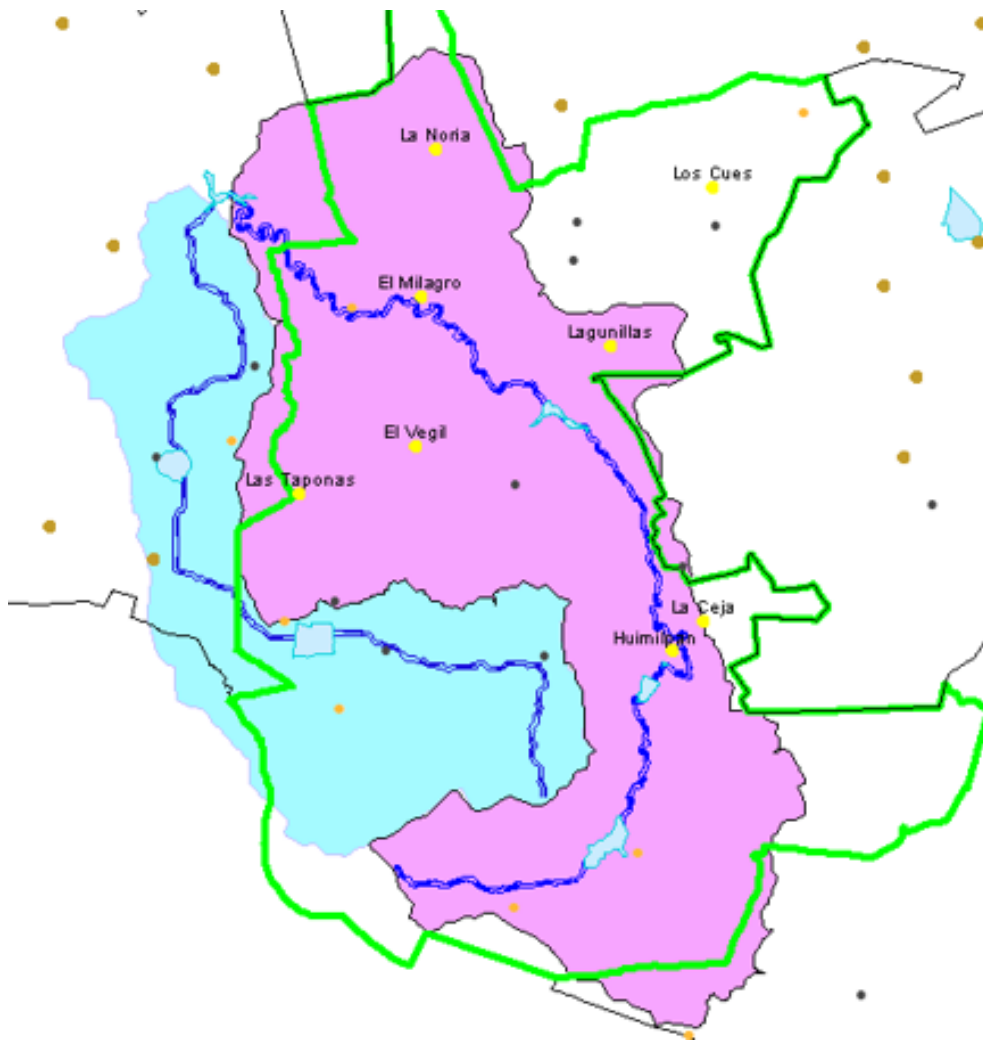


Figura A.1. Esquema de las cuencas hidrográficas de Huimilpan.

La otra cuenca es la del río Huimilpan. Dentro de ésta se encuentran ubicadas las presas San Pedro, San José y El Zorrillo, así como la cabecera municipal de Huimilpan.

Ambas cuencas descargan sus aguas en el municipio de Corregidora, concretamente en la presa El Batán, dando origen al río El Pueblito, que posteriormente se unirá al río Querétaro, el cual, a su vez, se unirá al río La Laja, perteneciente al estado de Guanajuato, y que es un afluente del río Lerma. Así pues, ambas cuencas pertenecen a la gran Cuenca Lerma–Chapala.

La cuenca del río Huimilpan tiene una superficie de más de 25,500 hectáreas (255 Km²). En ella vivían 24,871 habitantes en 66 localidades en el año 2005, según el Segundo Censo del INEGI. De ellas, 55 pertenecen al municipio de Huimilpan. De las 11 comunidades restantes, ocho pertenecen al municipio de Corregidora y tres al municipio de Pedro Escobedo.

Los recorridos

El personal del CQRN llevó a cabo tres recorridos por la cuenca del río Huimilpan, centrándose la atención en la erosión manifiesta sobre todo en la zona sur de la cuenca, y en las características presentes en la corriente principal de la cuenca: el río Huimilpan.

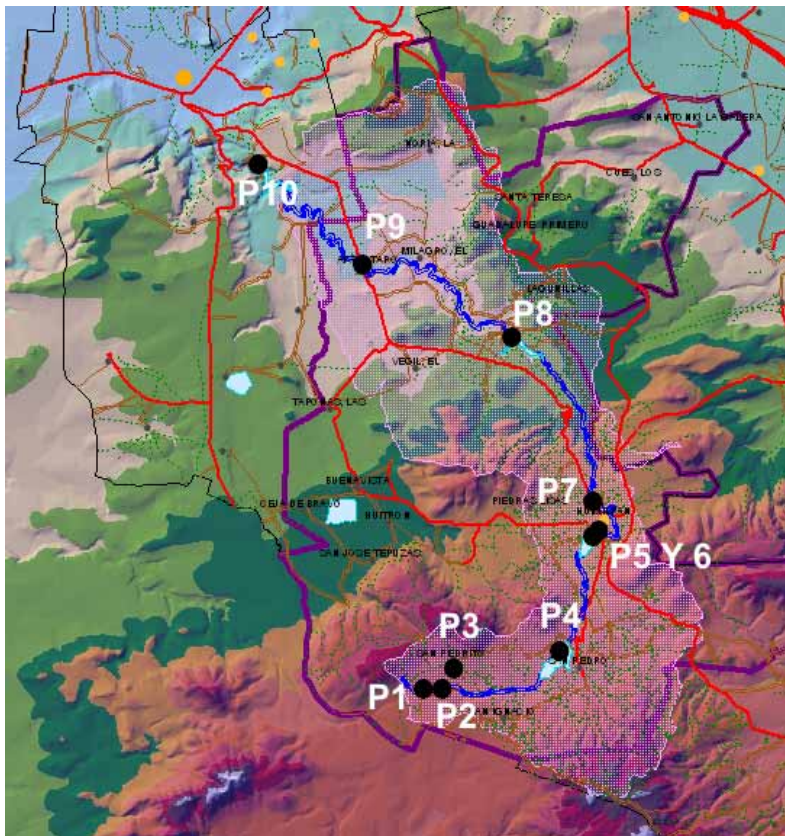


Figura A.2. Puntos específicos de verificación en campo durante los recorridos.

De acuerdo con las observaciones realizadas y de manera preliminar, pueden diferenciarse tres principales zonas dentro de la cuenca del río Huimilpan: la primera, a la que hemos denominado Zona Alta, es la más sureña del municipio, a partir de la cabecera municipal, e incluye las elevaciones Cerro Bravo y El Rincón y las comunidades San Pedro y San Pedrito. La segunda zona, siguiendo la corriente del río, se localiza entre la cabecera municipal, Huimilpan, y termina en la comunidad La Presita. A ésta la hemos denominado Zona Media. Finalmente, la parte que hemos denominado Zona Baja, abarca desde La Presita hasta la desembocadura de la cuenca en la presa El Batán, ésta última ya en el municipio de Corregidora.

Zona Alta

Esta zona es la que presenta problemas mayores de erosión, principalmente en las laderas de los cerros que delimitan la cuenca, aunque también se aprecia como el área de mayores trabajos realizados en conservación de suelo y agua, en la cuenca.

A continuación se puntualizan algunos de las principales condiciones observadas, a manera de diagnóstico general, como resultado de los recorridos de campo efectuados hasta el momento.

- Se aprecian encinos y pinos como parte de la vegetación dominante en años anteriores en la mayor parte de los cerros. Actualmente se localizan sólo en las partes altas.
- La pérdida de estas especies ha llevado también a la pérdida de otras arbustivas y herbáceas.
- La pérdida de la cubierta vegetal ha ocasionado que el suelo sea susceptible a la erosión, fenómeno que se manifiesta claramente a simple vista en esta parte de la cuenca.
- La cuenca presenta por tanto problemas de erosión acelerada (la erosión acelerada es la pérdida de suelo asociada normalmente con cambios en la cobertura vegetal y las condiciones del suelo, causada sobre todo por el agua y el viento), principalmente por la erosión hídrica.
- Se localizan zonas con erosión total; esto es, el suelo se ha perdido por completo, quedando solamente el tepetate.
- Se aprecian mosaicos de roca en las laderas como efecto de la erosión laminar (erosión hídrica), dejando ver suelos delgados de menos de 10 cm, aproximadamente, en algunas laderas.
- En otras partes se presentan mosaicos importantes de suelo fraccionado por la erosión hídrica, la que generó arroyos pequeños que se fueron ampliando, generando finalmente pequeños terrenos aislados.
- Se aprecian arroyos formados sobre caminos abandonados.

- Se aprecia un fuerte trabajo en obras de conservación de suelo y agua, principalmente en laderas. Algunas de ellas son: terrazas, curvas a nivel, presas filtrantes, gaviones y bordos.
- Muchos de los trabajos de conservación de suelo y agua presentan un marcado deterioro, como resultado de la falta de mantenimiento y falta de continuidad.
- Se aprecian algunos impactos negativos por la mala construcción y diseño de las obras de conservación de suelo que además presentan excedente de material, lo que representa trabajo, tiempo y recurso económico desaprovechado.
- Los problemas de erosión a simple vista continúan a pesar de los esfuerzos realizados.

Zona Media

De manera general esta parte de la cuenca presenta condiciones relativamente más estables que la zona anterior. Sin embargo, la problemática presente es, en parte, consecuencia de los procesos erosivos que se dan en la parte alta y que tienen impacto en la presa El Zorrillo, llegando inclusive hasta la presa El Batán.

El grado de estabilidad es una consecuencia de la presencia de una mayor cobertura de vegetación en sus cerros a diferencia de la Zona Alta.

A continuación se mencionan algunas de las principales condiciones observadas durante los recorridos.

- El río Huimilpan presenta dos embalses (presas) aguas arriba de la cabecera municipal: la Presa San José y otra muy pequeña totalmente azolvada, ya casi dentro de la zona urbana de la cabecera municipal.
- La presa San José presenta problemas de azolve; sin embargo, aún conserva parte de su capacidad de almacenamiento.
- La presa San José presenta una fuga de agua que da lugar a un pequeño cauce que permite un flujo constante aguas abajo, cruzando primeramente por la presa azolvada para reincorporarse después al flujo del río.
- El segundo embalse presenta un azolve total, lo que representa que su vida útil ha culminado.
- El azolvamiento del segundo embalse ha generado un crecimiento desmedido de vegetación y cavidades por doquier.
- Existe contaminación por basura y aguas negras en el embalse totalmente azolvado.
- Las cavidades referidas generan estancamiento de agua que, junto con la contaminación existente, generan condiciones óptimas para la reproducción de mosquitos.

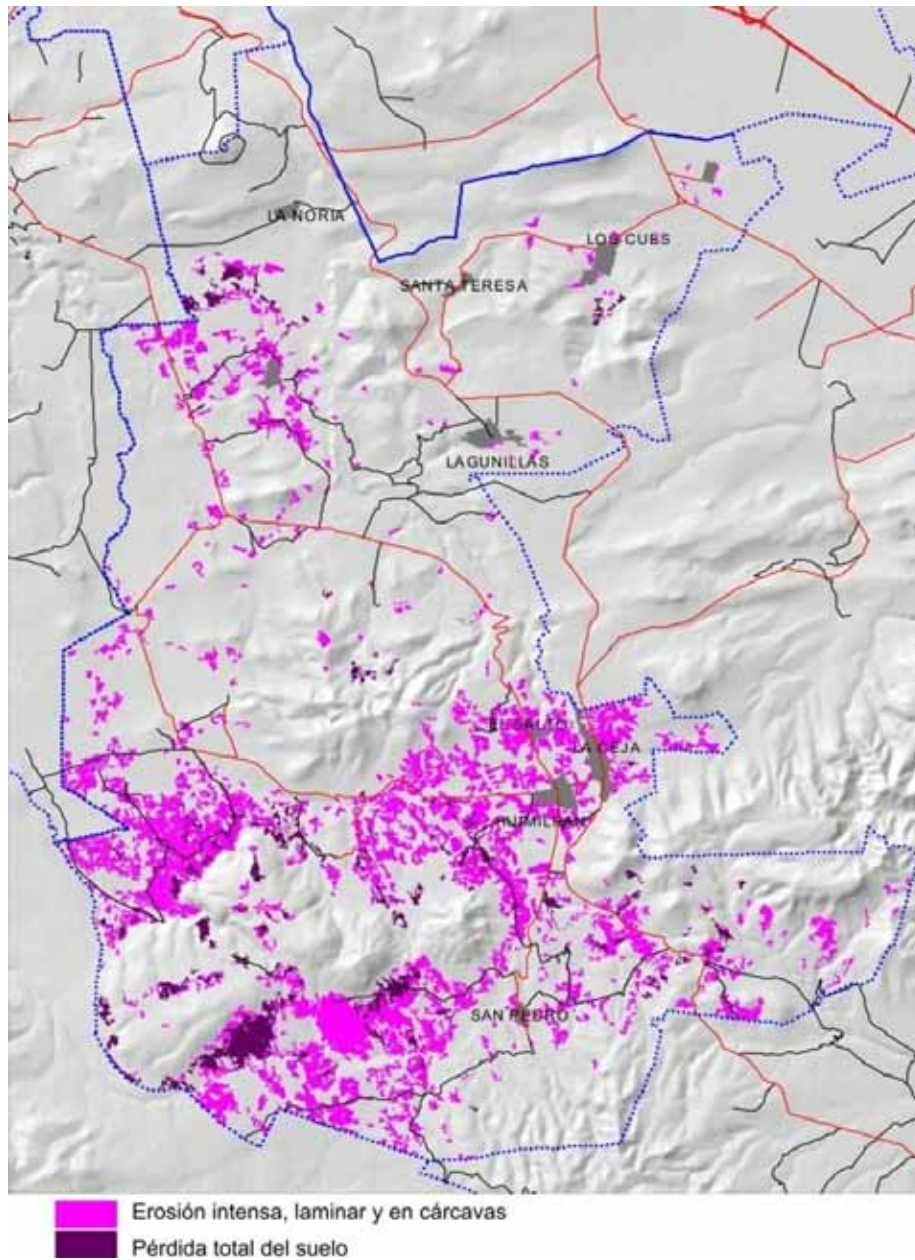
- Los embalses dentro del río, cercanos a la cabecera municipal, han disminuido la energía del agua, lo que ha contribuido a la agradación (azolvamiento) del cauce debido a la poca fuerza del agua para procesar el sedimento.
- La presencia de azolve en exceso ha generado la reproducción de arbustos y árboles dentro del cauce, lo que ha alterado la dinámica de flujo del río.
- El río presenta pequeñas represas formadas, posiblemente, por habitantes que quizá las destinen para algún uso.
- El río presenta descargas de drenajes en el tramo que cruza la zona urbana de Huimilpan.
- Presenta, además de basura y desechos, animales muertos en estado de descomposición, así como esqueletos de otros.
- Sobre la carretera que comunica a Huimilpan con San Pedro, se localiza un puente que genera inundaciones en esta zona debido a su mal diseño (pues no cuenta con la suficiente capacidad para conducir el flujo de agua que el río procesa) y los problemas de agradación del río.
- La tubería destinada para el flujo de agua en el puente es pequeña y escasa, lo que junto con el azolve que se encuentra en el lugar, ha generado tapones que contribuyen a las inundaciones.
- La reducida área del puente no puede, durante fenómenos extremos, procesar el flujo del río, lo que genera inundaciones en los márgenes del puente, e inclusive en algunas calles del poblado, al provocarse el desbordamiento de agua sobre el puente.
- El municipio cuenta con una planta de tratamiento en la parte baja de la zona urbana, en donde se procesan las aguas negras del poblado antes de regresarla al río.

Zona Baja

Esta zona, al igual que la anterior, presenta condiciones relativamente estables. A continuación se mencionan algunas de las principales condiciones observadas durante los recorridos, haciendo énfasis en la problemática de inundación en la comunidad Apapátaro, área de interés para la búsqueda de alternativas de solución.

- El río Huimilpan presenta una agradación considerable en el tramo que cruza por la comunidad Apapátaro, y comunidades más abajo.
- El exceso de sedimento ha elevado el nivel del lecho del río y, por tanto, el desarrollo de material vegetativo en el mismo.
- El río, en el área de cruce en la comunidad, presenta una cantidad considerable de basura.

- El crecimiento vegetativo en el cauce del río aunado a la cantidad de basura, ha generado barreras que estancan el agua.
- El estancamiento de agua genera condiciones apropiadas para la proliferación de mosquitos.
- Las barreras formadas contribuyen a elevar, cada vez más, el nivel del agua sobre los taludes del río, generando riesgos de inundación en la comunidad.
- Existen descargas de drenajes directas al río, lo que contribuye a potenciar la contaminación del agua y del río en general.
- El cauce del río presenta alteraciones en sus dimensiones, ensanchándose en algunos tramos y reduciéndose en otros, lo que genera variaciones constantes en la energía del agua.
- La variación de la energía del agua presenta riesgos de inundación y/o pérdida de áreas vulnerables, así como acumulación de material, en otras.
- En el área se ubica un puente (sobre la carretera Huimilpan–El Pueblito) que presenta problemas de desbordamiento e inundación en áreas de acceso a la comunidad.
- El área de drenaje del puente, bajo las condiciones actuales, es insuficiente para el flujo que procesa el río en eventos extraordinarios.
- Los eventos extraordinarios ven potenciado el riesgo de inundación, por el desfogue de presas río arriba.

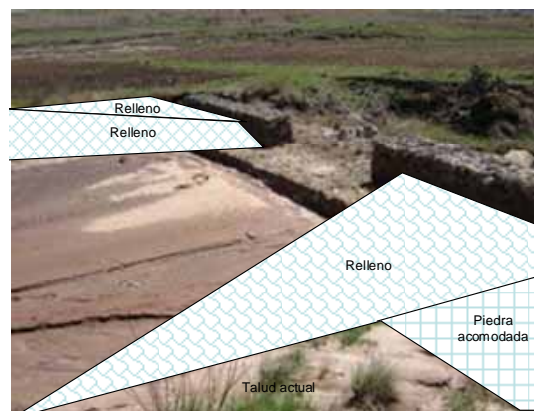


RECOMENDACIONES

Lugar	Situación actual	Recomendaciones
Zona alta de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> • Unas 6,000 ha presentan erosión desde fuerte hasta total. • Intenso trabajo en obras de conservación de suelos: terrazas, curvas a nivel, presas filtrantes, gaviones, bordos. • Erosión acelerada. • Caminos que se pierden. • Parcelas que se reducen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguir implementando programas de obras para conservación de suelos. • No aplicar estándares en las obras, sino hacer el tipo de obra que cada sitio requiera. • Reforestación con plantas nativas. • Concientizar a la población.



Lugar		Recomendaciones
Áreas de erosión total	Zona anterior.	<ul style="list-style-type: none"> • Terrazas de base ancha.
	Zona de erosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Curvas a nivel con piedra acomodada.
	Zona posterior.	<ul style="list-style-type: none"> • Terrazas de base ancha.
Áreas con erosión moderada		<ul style="list-style-type: none"> • Terrazas de base ancha. • Presas filtrantes o tornas o presas de una piedra. • Labranza de conservación.
Ríos y arroyos		<ul style="list-style-type: none"> • Gaviones. • Rehabilitación del sistema escalón–poza que es natural dentro del cauce de los ríos y arroyos.



Lugar	Situación actual	Recomendaciones
Presas de gaviones existentes	<ul style="list-style-type: none"> Falta de mantenimiento. Totalmente azolvadas. La estructura se ha debilitado. 	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer las estructuras. Reforzar taludes del río. Extraer sedimento (no totalmente). Si lo anterior no es posible, forzar el paso del agua sobre los vertedores.



Esquema para conectar los estancamientos, creando un flujo constante.

Lugar	Situación actual	Recomendaciones
<p>De la presa San José a Huimilpan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presa totalmente azolvada. • Basura. • Descargas de aguas residuales. • Ambiente propicio para mosquitos. • Azolve dentro del cauce. • Crecimiento de vegetación dentro del cauce. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechar el azolve presente para generar humedales. • Favorecer el establecimiento de un flujo continuo de agua. • Eliminar estancamientos. • Remover vegetación de las áreas que sean indeseables. • Limpieza del río.



Lugar	Situación actual	Recomendaciones
<p>Puente La Venta sobre carretera a San Pedro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se desborda cuando hay lluvias fuertes. • La estructura del puente minimiza su área hidráulica. • El azolve presente ha elevado el nivel del lecho del río. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliar el área hidráulica del puente.



Lugar	Situación actual	Recomendaciones
<p>Río Huimilpan, al pasar por la cabecera municipal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de azolve dentro del cauce. • Existen pequeñas represas por material vegetal. • Acumulación de piedras por habitantes. • Basura y desechos, así como animales muertos. • Encharcamientos que propician la generación de mosquitos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar el azolve en los puntos necesarios. • Crear un sistema de flujo constante, eliminando estancamientos. • Extracción de material vegetativo dentro del cauce. • Recolección permanente de basura. • Evitar barreras por acumulación de basura, materia vegetal y o piedras. • Identificar y eliminar las descargas de drenaje. • Uso del agua tratada en el río.

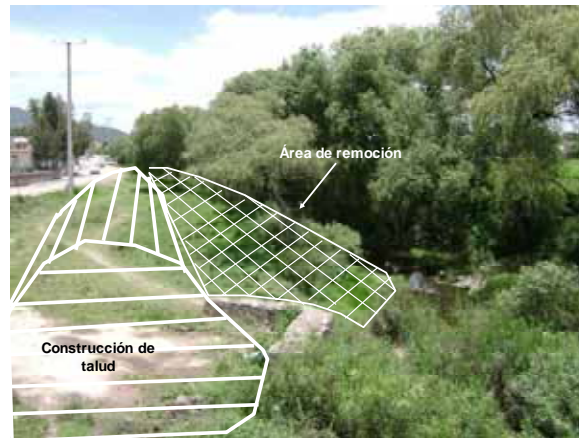


Puntos propuestos para liberar agua tratada.



Puente en Apapátaro.

Lugar	Situación actual	Recomendaciones
Apapátaro	<ul style="list-style-type: none"> • Cauce con considerable acumulación de azolve. • Crecimiento de vegetación dentro del cauce. • Gran cantidad de basura. • Estancamientos (mosquitos). • Descarga del drenaje al río. • El cauce del río presenta alteraciones (se ensancha y se reduce), esto produce variaciones en la energía del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desazolve del cauce. • Remover la vegetación dentro del cauce del río. • Limpieza permanente del río. • Rehabilitar los taludes cercanos al puente.



Es pertinente aclarar que las recomendaciones anteriores, están enfocadas en resolver problemas puntuales. Esto quiere decir que aun cuando se llevaran a cabo muchas o todas las sugerencias, esto no acabaría con los problemas de la cuenca, pues no se han resuelto los factores que los generaron, en primer lugar.

La problemática de la cuenca del río Huimilpan es, ciertamente, importante, especialmente en lo referente a la erosión. Sin embargo, si se toman las medidas adecuadas de remediación y prevención, y además se realiza un cambio en la manera en que los habitantes hacen uso de los recursos de la cuenca, entonces son grandes las posibilidades de tener una cuenca estable, o cuando menos, que no pierda sus recursos naturales de manera acelerada.

La visión del manejo integral puede ayudar a tener una cuenca con un desarrollo sustentable, en donde los recursos naturales y las actividades humanas convivan en armonía, en donde los habitantes puedan tener fuentes de empleo y no recurran a la migración, y en donde el río no afecte a los habitantes, sino que por el contrario, sea un factor que los una y les dé identidad.

A 2. Fichas técnicas de las acciones propuestas para controlar la erosión en el municipio de Huimilpan

A continuación se describen las características de las obras que fueron propuestas en la sección **ÁREAS PRIORITARIAS PARA CONTROLAR LA EROSIÓN Y PARA REALIZAR REFORESTACIÓN** (página 36), en donde se localizan las áreas en las que se proponen estas obras.

Terrazas de base angosta o de formación sucesiva, y terrazas de base ancha

Las terrazas de base angosta son también conocidas como andenes, terraplenes, bancos o bancales (Ventura, 2007). Ambos tipos de terrazas son estructuras perpendiculares a la pendiente que se realizan a nivel. Su distanciamiento depende de la pendiente del terreno: a mayor pendiente se requiere un mayor número de terrazas, y viceversa. Las terrazas de base angosta tienen objetivos similares a las de base ancha, sólo que la diferencia estriba en el lugar donde se construye una y otra, en relación con la pendiente.

El objetivo de estas estructuras es el de disminuir la longitud de la pendiente del terreno, logrando con ello reducir la energía del agua y, por ende, reducir la erosión laminar y en surcos, para controlar las escorrentías y facilitar la retención de sedimento (suelo), así como la captación de humedad mediante la infiltración (CONAFOR, 2006; Ventura, 2007).

Su construcción requiere de acciones como: medir la pendiente del terreno, determinar el intervalo vertical y horizontal, la construcción física de la terraza, y la plantación de especies forestales en el borde. La pendiente del terreno se puede estimar con el apoyo de un nivel. Esto permite trazar una curva a nivel de donde se coloca una línea guía en la parte alta del área.

El espaciamiento entre terrazas (intervalo vertical) considera la pendiente del terreno, la cantidad de lluvia de la región y las dimensiones del área. Los intervalos horizontal y vertical se calculan mediante las siguientes fórmulas (CONAFOR, 2006):

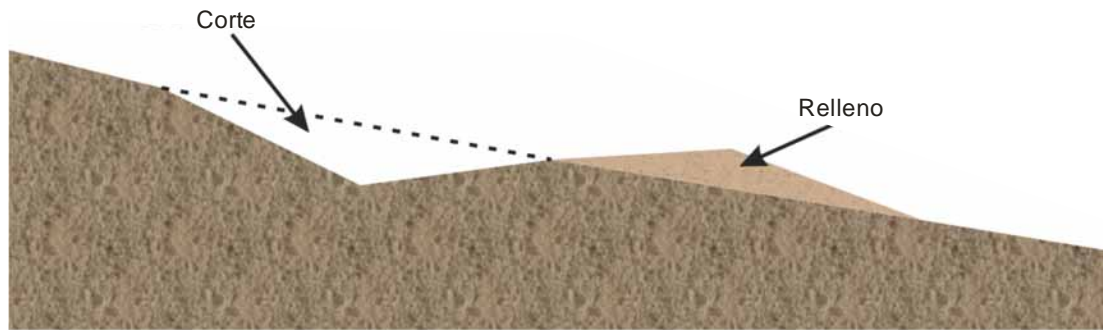
Intervalo vertical	Intervalo horizontal
$I_v = \frac{2 + P}{3 \text{ ó } 4} \times 0.305$	$I_h = \frac{I_v}{P} \times 100$
<p>Donde:</p> <p>I_v = Intervalo vertical (m)</p> <p>P = Pendiente del terreno (%)</p> <p>3= Si la precipitación es menor de 1,200 mm anuales</p> <p>4= Si la precipitación es mayor de 1,200 mm anuales</p> <p>0.305= Factor de corrección de unidades</p>	<p>Donde:</p> <p>I_h = Intervalo horizontal (m)</p> <p>P = Pendiente del terreno (%)</p> <p>I_v = Intervalo vertical</p> <p>100 = Factor de conversión</p>

La construcción de las terrazas se realiza mediante el trazo a nivel de curvas en donde se construirán las terrazas, para después fracturar el terreno con el paso de maquinaria sobre las líneas, con la finalidad de aflojar el suelo. Posteriormente se realiza la “afinación” de la terraza, que nos es más que el proceso de movimiento del material aflojado hacia pendiente arriba de la terraza, para dejar una zanja que permitirá la captación de suelo y agua. Por último, se recomienda reforzar las terrazas con material vegetativo como agave, nopal, o alguna especie de la zona, en la parte alta de ellas.



TERRAZA DE BASE ANGOSTA

Las terrazas de base angosta se recomiendan para terrenos con pendientes de entre 5 y 40 %, mientras que las terrazas de base ancha se aconsejan en terrenos con pendientes menores al 8 % (CONAFOR, 2007).



TERRAZA DE BASE ANCHA

Barreras de piedra

Son estructuras de roca acomodada perpendicularmente a la pendiente. Estas estructuras deben construirse en cadena para controlar la pérdida de suelo, ya que una, por sí sola, representará un pobre resultado, salvo en pequeñas áreas de influencia donde la erosión hídrica es poca. El número y distanciamiento entre estas estructuras depende de las condiciones del terreno, por lo que a mayor pendiente mayor número de estructuras, y viceversa.

La sedimentación de las estructuras, con el paso del tiempo, generará pequeñas terrazas que cambiarán la pendiente del terreno, además de almacenar humedad y generar condiciones para la regeneración vegetativa.

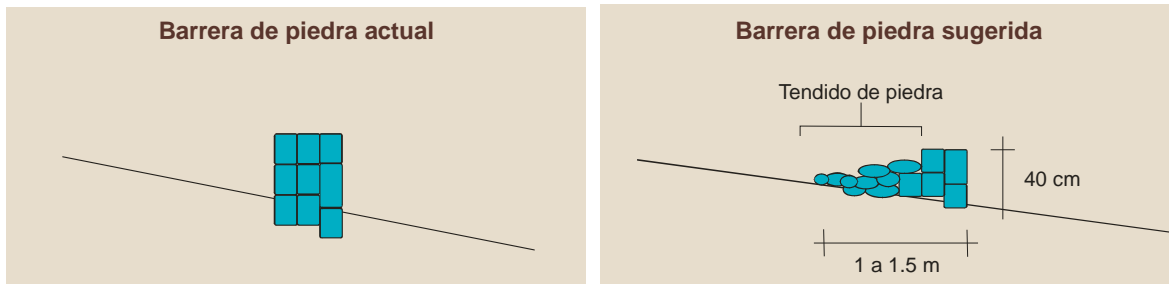
Los objetivos principales de estas estructuras son: reducir la erosión laminar, retener sedimento, captar humedad, controlar las escorrentías y generar condiciones para el establecimiento de la vegetación (CONAFOR, 2006).

Actualmente, en el municipio de Huimilpan hay varias estructuras en laderas y en algunos pequeños arroyos, como lo muestran las figuras siguientes. Sin embargo, se sugiere modificar las dimensiones de construcción y, un poco, su diseño.



Se aconseja construir las no más altas a 40 o 50 cm en una primera etapa, y de ser necesario, elevarlas posteriormente, una vez que la primera etapa se haya integrado al paisaje. Se sugiere reforzar con un tendido de piedra en forma

descendente, desde la estructura hacia el nivel del suelo. Las siguientes figuras ilustran, a manera de ejemplo, las estructuras actuales en campo y el tipo que se recomienda llevar a cabo.



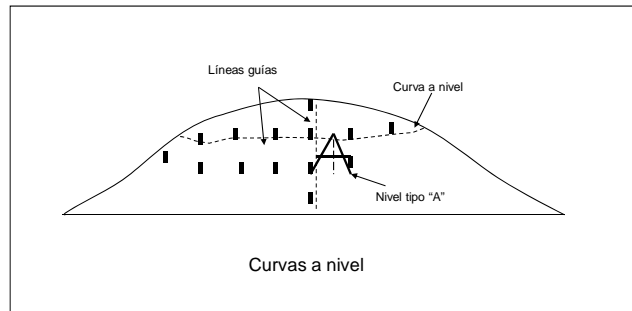
Disminuir las dimensiones de la estructura permite facilitar el paso del agua por encima y a través de ella, para evitar que el flujo de agua rodee la estructura, lo que a la larga la debilitará. Otro efecto importante de reducir el material en estas estructuras es que se hace un uso más eficiente del material, con lo que se logra extender el área atendida con la misma cantidad de material contratado.

Curvas a nivel

Por definición, las curvas a nivel son líneas imaginarias que unen puntos que tienen la misma elevación sobre el terreno. Para su trazo en el campo, se pueden utilizar niveles de distinto tipo. Las curvas a nivel son las primeras acciones de la labranza de conservación. Se utilizan como guía para realizar el surcado en contorno, siguiendo la curva.

Los objetivos de las curvas a nivel son: disminuir la velocidad de los escurrimientos en laderas, retener suelos por erosión laminar, contribuir en la infiltración de agua y generar condiciones para el establecimiento de la vegetación (CONAFOR, 2006; Tavares, 2007).

Su construcción inicia con el trazo de líneas guías (la horizontal y la vertical). Para el trazo de la línea vertical se ubica el punto más alto del terreno a trabajar y se tira una línea pendiente abajo, en forma paralela a la pendiente. Sobre esta línea se colocan estacas con la distancia entre cada curva, las que serán guías para la construcción de cada curva. Luego se trazan las curvas de nivel sobre cada estaca de la línea guía de manera horizontal y perpendicular a la pendiente, colocando un extremo del nivel (punto A) en la estaca, y con el otro extremo (punto B) se busca el punto que se encuentre a la misma altitud. Una vez localizado el nivel, se traslada el punto A hacia donde se encontraba el punto B, y se repite la misma operación de búsqueda. Se marcan con estacas y así sucesivamente (CONAFOR, 2006). La distancia entre curva y curva se estima considerando la pendiente, los intervalos verticales y horizontales similares, como en las terrazas descritas anteriormente.



Luego, con apoyo de maquinaria o tiro de yunta (dependiendo de las condiciones del terreno), se fractura el terreno sobre la línea formada con estacas para dar lugar a la curva. En algunos casos se afina un poco de manera manual con herramienta, y en otros casos, se usa la bordeadora (implemento diseñado para levantar adecuadamente la curva).

Labranza de conservación

El sistema de labranza de conservación busca el cambio de la labranza tradicional hacia un sistema que permita reducir el impacto al suelo, contribuir en la reducción de su pérdida y mejorar el sustrato, lo que deviene, a mediano y largo plazos, en la mejora de la productividad de los cultivos. Para lograr lo anterior, la labranza de conservación considera una mezcla de acciones que permiten contrarrestar y revertir los procesos erosivos en los predios agrícolas, principalmente de temporal.

Los objetivos de las técnicas utilizadas en la labranza de conservación son: reducir la pérdida de suelo y agua, mejorar el suelo, aumentar la infiltración, conservar la humedad, mejorar el control de malezas, aumentar la materia orgánica presente en los predios y, finalmente, elevar la producción agrícola (SAGARPA, 2005).

El sistema se da de manera gradual, logrando resultados significativos a mediano y largo plazos después de los primeros cinco años. De ahí que su implementación requiere de un trabajo previo de concientización con los participantes. El principio de la labranza de conservación es la cobertura, o mantillo del suelo, con rastrojos de cosechas de cultivos, que tienen un efecto importante contra la erosión (SAGARPA, 2005). Considera también la disminución de uso de agroquímicos y labores en el ciclo de cultivo, lo que permite reducir gradualmente el trabajo en la actividad, además de otros beneficios como el control de plagas y enfermedades.

El surcado en contorno sobre las curvas a nivel, es una parte fundamental de la labranza de conservación. Permite una función similar de las curvas de nivel descritas anteriormente, ya que retiene suelo y humedad dentro de los surcos.

Rehabilitación de ríos y arroyos (parte media y alta del municipio)

Se propone realizar acciones, principalmente en la parte media y alta de la cuenca, dentro del cauce de los ríos y arroyos. Es recomendable iniciar desde el nacimiento de los mismos para disminuir más adecuadamente la energía del agua, así como aumentar la retención y el proceso de sedimento. Dentro de esta zona

también se propone la rehabilitación de gaviones existentes dentro del cauce principal del río Huimilpan, por lo que se mencionan también las acciones a realizar en ellos:

- Rehabilitación del sistema freno-poza.
- Rehabilitación del sistema escalón-poza.
- Mantenimiento de gaviones.
- Rehabilitación de taludes.
- Extracción de sedimento.

Consideraciones

La rehabilitación de los sistemas freno-poza y escalón-poza detonan otros factores que contribuyen en la estabilidad del río (Medina, 2004). La función de estos dos sistemas es similar, así como sus objetivos. La diferencia, además del diseño, estriba en que se construye cada uno de acuerdo a la pendiente. Así, el sistema freno-poza se realiza en pendientes menores al 2 %, en donde el agua posee menor energía. El sistema escalón-poza, en cambio, se hace en pendientes mayores al 2 %, en donde el agua posee mayor energía (Rosgen, 1996).

Sistemas freno-poza y escalón-poza

La recuperación de estos sistemas busca obtener resultados como: la disminución de energía del agua; la retención de sedimento; el almacenamiento del agua y la humedad; conectar humedad con tierra fértil; generar condiciones para el desarrollo vegetativo ribereño y ripario; contribuir a estabilizar taludes; incrementar los procesos de filtración de agua, y; la generación de hábitats para la macro y micro fauna acuática, entre otros (Rosgen, 2006). Los sistemas escalón-poza y freno-poza se encuentran de manera natural en todos los ríos y arroyos del mundo (Rosgen, 2006), sin embargo, en el municipio de Huimilpan muchos de ellos se encuentran alterados.

Es importante mencionar que estas estructuras, para su buen funcionamiento, dependen de su realización en cadena, por lo que se requiere construir el mayor número posible dentro de cada río o arroyo conforme a las condiciones propias de cada uno de ellos. Una sola estructura implica un resultado mínimo con una alta posibilidad de pérdida; sin embargo, en conjunto la probabilidad de un impacto positivo es mucho mayor.

Los sistemas freno-poza y escalón-poza están compuestos por dos partes, en cada caso: una estructura de roca acomodada perpendicularmente a la pendiente sobre los ríos y arroyos, y otra que es una pequeña poza en la parte baja, que se genera de manera natural por el impacto del agua al caer, una vez que cruza por la estructura. Con ello, se logra replicar la forma y las funciones que, de manera natural, presentan los ríos y arroyos. Estos sistemas, en muchos casos, se han confundido con la construcción de presas filtrantes dentro del río. Estas últimas estructuras normalmente se construyen bajo dimensiones estandarizadas para todo tipo de arroyo, y con un espaciamiento basado en el sistema pie-cabeza, lo

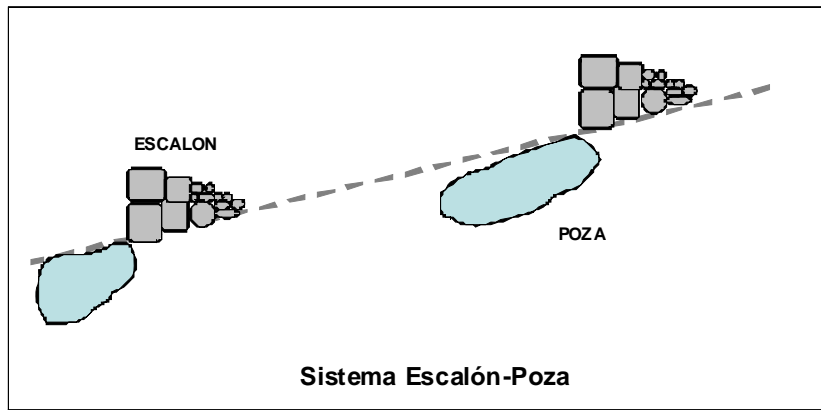
que representa que la altura de la obra proyectada a nivel hacia la parte alta del arroyo indica la base de la siguiente estructura. Las presas filtrantes persiguen objetivos diferentes. Uno es el de retener azolve; sin embargo, su diseño y construcción representan una alteración total a la dinámica natural del río, pues generan una barrera, a manera de represa, a la energía del agua, lo que en la mayoría de los casos genera impactos negativos. Por consecuencia, terminan por romperse y perderse.

La figura de la derecha muestra ejemplos negativos de presas filtrantes en un pequeño arroyo. La altura de las estructuras rebasa el nivel de máxima ribera (altura a la que deben construirse este tipo de obras en el cauce de ríos o arroyos para no alterar la dinámica natural) lo que produce turbulencia y concentración de energía del agua en zonas vulnerables a la erosión, como los taludes, socavándolos. En otros casos las estructuras se rompen en la parte central, como consecuencia de la resistencia a la energía del agua. En ambas situaciones la energía del agua termina por arrastrar las rocas, impactando al lecho del río y sus taludes.



El sistema escalón-poza

Para su construcción se requiere del acomodo de rocas dentro del cauce, a una altura no mayor que el nivel de máxima ribera (punto de transición entre el área de inundación y el cauce del río). Normalmente, esta altura para los arroyos en la zona no debe rebasar los 30, o máximo 40 cm. Sin embargo, hay que confirmarlo en cada sitio de construcción. A diferencia de las presas filtrantes, este tipo de estructura cuenta con un acomodo de rocas pequeñas en la parte de arriba. Este acomodo ayuda a disminuir la energía del agua y evita que se convierta en una barrera al agua, como ocurre con los acomodos de forma cuadrada, que es un diseño típico de las presas filtrantes.

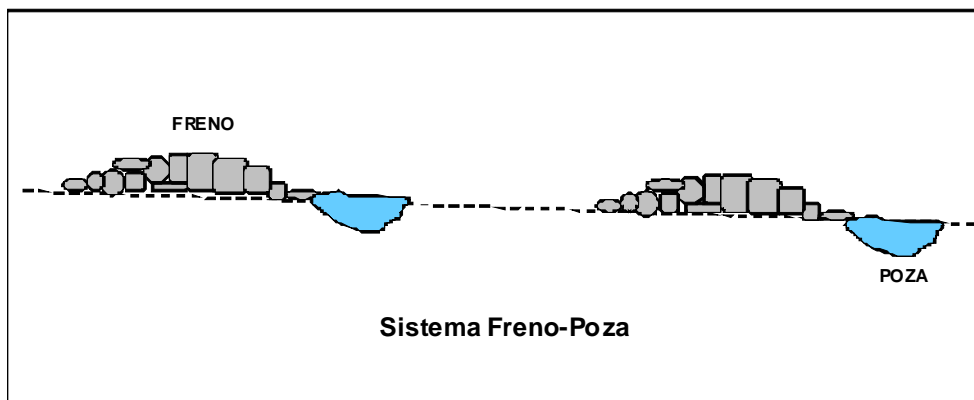


El acomodo se realiza de manera acuñaada, lo que permite que la energía del agua ejerza presión sobre cada roca. De esta manera la estructura tendrá mayor consolidación y resistencia. La distancia entre cada una de las estructuras estará en función de la pendiente y de las condiciones de cada río o arroyo. Debe mencionarse que este parámetro es marcado, de manera natural, por la propia corriente, de ahí que hay que ubicarlos, en cada caso, de acuerdo con los indicios que la misma corriente proporciona.

El sistema freno-poza

Esta es una estructura similar a la anterior, con modificaciones en su diseño como lo muestra la figura siguiente. Ésta presenta pendientes en ambas partes de la estructura (arriba y abajo). Al igual que el sistema anterior, la construcción para los ríos y arroyos de la zona no es más alta que 40 cm. Sin embargo, a diferencia del sistema anterior, estas estructuras requieren de pendientes más prolongadas desde el lecho del río hasta la altura de la estructura, principalmente en la parte de arriba a la pendiente de la obra.

En ambos sistemas, aun cuando la altura de las estructuras pareciera pequeña o rebasada por algunas avenidas, ésta no representa ningún inconveniente, ya que su función está basada en la altura de máxima ribera y, cuando este nivel es rebasado hacia las áreas de inundación, las estructuras continúan llevando a cabo su función.



Mantenimiento a gaviones

Los gaviones son estructuras de roca acomodada en cajones de malla, que se construyen de manera perpendicular a la pendiente del río para ayudar en el control de escorrentías y en la retención de sedimento. Actualmente se localizan dos presas de gaviones, de tamaños regulares, construidas unos 12 años atrás. Ambas presentan problemas de erosión en los taludes del río por falta de mantenimiento, lo que ha generado el riesgo de la pérdida inminente de una de ellas (la más sureña) en poco tiempo y, por consiguiente, la pérdida de la otra. Hay otras pequeñas presas de gaviones que generan impactos negativos al cauce debido a la saturación de sedimento, cuestión que ha cambiado la corriente del agua de manera gradual.

El objetivo de las presas de gaviones es el de reducir la erosión hídrica mediante la disminución de escurrimientos, evitar el crecimiento en anchura y profundidad del cauce, y retener y favorecer la infiltración del agua.

Se propone llevar a cabo acciones de rehabilitación de las estructuras existentes, puesto que el encontrarse azolvadas totalmente, indica que se ha llegado al límite de su vida útil, convirtiéndolas en un riesgo que puede generar impactos severos al río.

El exceso de sedimento en la parte alta de los gaviones ha generado cauces internos sobre el banco de material. Uno de éstos (el principal) ha concentrado el material junto a la estructura del gavión por la parte interna. De este modo, el agua, al no encontrar el vertedor al centro del gavión, ha erosionado el suelo junto a la estructura, formando un pequeño canal que conduce el flujo hacia las orillas, hasta topar con los taludes del río en donde se cimentaba la estructura, lo que ha socavado y desprendido la estructura del talud. Esta situación se incrementa año con año, lo que la hace más vulnerable e incrementa el riesgo de que la estructura se colapse. La figura anterior muestra la erosión del talud y el colgamiento de la estructura en esta parte.



Para la rehabilitación de los gaviones se recomiendan las siguientes acciones:

- Reforzar con roca los taludes del río en donde la energía del agua ha socavado, separando al gavión de ellos (como lo ilustran las siguientes fotografías). Esta acción se recomienda en ambos lados del gavión, con el empleo de piedra acomodada hasta el nivel de la parte alta del talud, al menos del ancho de la estructura del gavión, como se muestra en la fotografía de la derecha. El acomodo debe ser acuñando las rocas, para que la energía del agua contribuya con mayor presión sobre ellas, fortaleciendo la estructura.
- Posteriormente deben reforzarse, con roca, los taludes, iniciando desde el muro del gavión hacia aguas arriba, aproximadamente de 15 a 20 metros. Debe reforzarse principalmente en la parte junto al muro del gavión y el talud, acumulando el material desde el talud hacia el vertedor, dando una estructura en ángulo desde su inicio en la parte alta hasta el muro de gavión como lo ilustra la segunda fotografía.



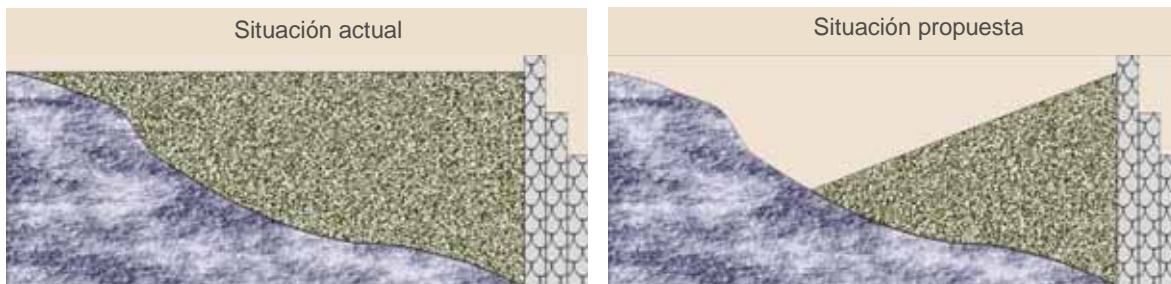
Este relleno no debe hacerse de manera que quede una pared vertical en la estructura que conduce el agua hacia el vertedor, sino de manera tal que las paredes tengan una inclinación.

Este material reforzará las partes vulnerables; es decir, aquellas en donde el gavión se pueda desprender. De este modo ayudará a concentrar la energía del agua hacia el centro del gavión, en donde se localiza el vertedor.

Además, es recomendable la extracción de sedimento. Como se mencionó, la saturación de sedimento en el gavión representa la culminación de la función de retención del mismo. Para rehabilitar esta función, se requiere de extracción del material, considerando que la cuenca sigue en producción constante de sedimento, lo que hará que se vuelva a acumular. Esta situación requerirá una nueva extracción, y así sucesivamente. Así pues, se debe considerar la “cosecha de sedimento” en gaviones como una actividad que debe hacerse periódicamente.



Se recomienda que, de realizar la cosecha de sedimento, ésta no se haga extrayendo el total acumulado en los gaviones, porque se corre el riesgo de debilitar aún más las ya de por sí maltrechas estructuras. Se sugiere cosechar, cuando más, dos terceras partes del sedimento, iniciando en la parte alta del río y continuando en dirección hacia el gavión, dejando el sedimento junto a la estructura, como se muestra en las imágenes siguientes. La cosecha debe hacerse desde el centro del río, hacia las orillas, sin llegar a los taludes, dejando una pendiente tanto en los taludes como en la estructura. El objetivo es evitar la erosión de los taludes y de las estructuras de los gaviones.



La cosecha de sedimentos puede representar una alternativa de ingreso para los habitantes mediante su comercialización, ya que puede ser útil como material de construcción o para relleno en áreas de recreación, entre otros usos.

REFERENCIAS

- Aguirre-Díaz, J. G. y F. W. McDowell (1999). Volcanic evolution of the Amealco caldera, central Mexico. *Geol. Soc. of Am. Special Paper* 334
- Aguirre-Díaz, J. G., F. R. Zúñiga-Dávila, F. J. Pacheco-Alvarado, M., Guzmán-Speziale y J. Nieto-Obregón. (2003) El graben de Querétaro, México. *Observaciones de fallamiento activo. GEOS*, Vol. 20 No. 1, p. 2-7
- Arriaga, V., V. Cervantes y A. Vargas-Mena. Manual de reforestación con especies nativas. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 1994
- CONAFOR (2008) Fichas técnicas para reforestación, varios autores, en www.conafor.gob.mx
- CONAFOR (2007). Curso de acreditación de técnicos. Guadalajara, Jalisco.
- CONAFOR (2006). Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. México
- CORN (2003) El Sistema de Agua en la Región Querétaro de la Cuenca Lerma-Chapala. Reporte técnico N° 7. Querétaro, México
- CORN (2002) Uso actual y Potencial del Suelo en los Municipios Conurbados de Querétaro. Reporte técnico 5. Querétaro, México
- CORN-SEDESU (2004) Carta de vegetación y uso del suelo del Estado de Querétaro, esc. 1:50 000
- Domínguez-Cortazar M. A.y E. Ventura, Jr. (2001). Estimating the Risk of Soil Erosion in a semiarid watershed of Central Mexico using a Geographical Information System. in *Soil Erosion Research for the 21st Century*, Proc. Int. Symp. (3-5 enero, 2001, Honolulu, HI, USA). Eds. J.C. Ascough II and D.C. Flanagan. St. Joseph, MI: ASAE. Pp. 703-706
- Garrido del Toral, A., Murúa A., 1994. Breve Estudio Sobre la División Política del Estado de Querétaro. Archivo Histórico del Estado. Querétaro, Qro. 1994
- Flores Mata, G. y col. (1971). Mapa y descripción de los tipos de vegetación de la República Mexicana: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; México
- García de Miranda, E. (1978). Apuntes de Climatología. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Gobierno del Estado de Querétaro (2008). Ley que reforma, adiciona y deroga diversos artículos de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga". Tomo CXLI, No. 22. Santiago de Querétaro, Querétaro. México.
- Gobierno del Estado de Querétaro. (2002). Mapa Oficial del Estado de Querétaro Arteaga. Escala. 1:250 000. Querétaro, Qro.
- INEGI, (2007). Anuario Estadístico del Estado de Querétaro Arteaga. Edición 2007. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, (2006). II Censo de Población 2005. Resultados definitivos por localidad. En www.inegi.gob.mx
- INEGI (2002). Huimilpan, Querétaro de Arteaga. Cuaderno Estadístico Municipal. Edición 2002. Aguascalientes, Ags.
- INEGI (Varias fechas). Datos vectoriales de las cartas topográficas 1:50 000 F14-C-65, F14-C-66, F14-C-75 y F14-C-76. México
- INEGI (1988) Carta geológica. Escala 1:250 000 hoja F14-10, Querétaro. Aguascalientes Ags.
- INEGI, (1986). Síntesis geográfica, nomenclátor y anexo cartográfico del estado de Querétaro. México, D.F.
- INEGI (CETENAL), (1973). Cartas edafológicas, esc. 1:50 000 F14-C-65, F14-C-66, F14-C-75 y F14-C-76, digitalizadas por el CORN. México, Querétaro
- INEGI (CETENAL), (1972). Cartas de uso del suelo, esc. 1:50 000 F14-C-65, F14-C-66, F14-C-75 y F14-C-76, digitalizadas por el CORN. México, Querétaro
- Lillesand T. M. y Kiefer R.W. (2000). Remote Sensing and Image Interpretation. Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc. U.S.A, pp.555-559

Propuestas para la conservación de suelos y la reforestación en el municipio de Huimilpan

- Medina Alvin L. and Long W. Jonathan. (2004). Placing riffle formations to restore stream functions in a Wet Meadow. *Ecological Restoration* 22:2 junio.
- Owen, Oliver. (1984). *Conservación de Recursos Naturales*. Editorial Pax-México. México. D.F.
- Piña-Luján, I. (1967). *Flora del Estado de Querétaro*. Ediciones Culturales del Gobierno del Estado de Querétaro, Qro.
- Puig, H. (1976). *Végétation de la Huasteca Mexique. Mission Archeologique et Ethnologique Française au Mexique*, México
- Rzedowski, J. (1987). *La vegetación de México*. LIMUSA, México.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (1987). El bosque tropical caducifolio en la región mexicana del Bajío. *Trace* N°12
- Rosgen Dave, Silvey Milton Lee. 1996. *Applied River Morphology*. *Wildland Hydrology*. 1481 Stevens Lake road. Pagosa Sprins, Colorado.
- SAGARPA (2005). Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/fichas/listafichas/A-05-1.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU). (2007a) *Anuario Económico del Estado de Querétaro*. Gobierno del Estado de Querétaro. Querétaro, México
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU). (2007b) *Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Querétaro SANPEQ*. Gobierno del Estado de Querétaro. Documento de Trabajo. Querétaro, México
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU). (2003). *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial*. Documento de Trabajo. Gobierno del Estado de Querétaro. Querétaro, México
- Tavarez E. C. (2007) *Restauración y conservación de suelo y aguas*. V diplomado desarrollo integral de microcuencas . Jiutepec, Morelos.
- Ventura R. E. (2007). *Procesos de degradación de suelos y técnicas para la restauración y conservación de suelos*. V diplomado desarrollo integral de microcuencas . Jiutepec, Morelos.
- Warren, S. P. (1998). Integrating environmental variables in GIS to map site potential in support of ecosystem management objectives in West-Central Idaho. *ESRI User Conference, 1998*, en gis.esri.com/library/userconf/proc98/PROCEED/TO350/PAP307/P307.HTM
- Wischmeier, W.H., Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses*. *Agricultural Handbook 537*. USDA, Washington, DC, USA.
- Zamudio R. S.; J. Rzedowski, E. Carranza G. y G. Calderón del R. (1992). *La Vegetación en el Estado de Querétaro, Panorama Preliminar*. Instituto de Ecología, A. C; Centro Regional del Bajío-CONCYTEQ. Querétaro, México.



CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEL ESTADO DE QUERETARO



PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE
QUERÉTARO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro


Querétaro
es
Mejor