DIAGNÓSTICO

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL REGIÓN IXMIQUILPAN

Diciembre de 2013

Casa abierta al tiempo

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1

II. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS QUE SE DEBERÁN PRESERVAR, CONSERVAR, PROTEGER O RESTAURAR 2

II.1 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CON DEGRADACIÓN AMBIENTAL 3

II.1.1. Erosión 3

II.1.2. Degradación del suelo causada por el hombre 9

II.1.3. Cambio de uso de suelo y deforestación 15

II.1.4. Contaminación de acuíferos 18

II.1.5. Contaminación de aguas superficiales 22

II.1.6. Contaminación del suelo por residuos sólidos y líquidos 26

II.2 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y EFECTOS DEL DETERIORO 30

II.3 UBICACIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES, ESTATALES Y MUNICIPALES, ASÍ COMO AQUELLAS DEFINIDAS INSTITUCIONALMENTE 33

II.3.1. Áreas naturales protegidas de competencia federal 33

II.3.2. Áreas naturales protegidas de competencia estatal y municipal 34

II.3.2.1. Cerro del Ángel 35

II.3.3. Regiones hidrológicas prioritarias 35

II.4 IDENTIFICACIÓN DE OTRAS ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD 39

II.5 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES 41

II.5.1. Captura de carbono 41

II.6 DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS NATURALES 47

II.6.1. Disponibilidad de agua 47

II.6.2. Disponibilidad de recursos forestales 49

II.6.3. Disponibilidad de suelos fértiles 50

II.6.4. Disponibilidad de materiales para la extracción 52

III. ANÁLISIS DE APTITUD DEL TERRITORIO 54

III.1 SECTOR AGRICULTURA DE TEMPORAL 55

III.2 SECTOR AGRICULTURA DE RIEGO 65

III.3 SECTOR GANADERO 70

III.4 SECTOR ACUÍCOLA 79

III.5 SECTOR FORESTAL MADERABLE 88

III.6 SECTOR FORESTAL NO MADERABLE 99

III.7 SECTOR INDUSTRIA DE LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES Y MINERÍA 105

III.8 SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA 113

III.9 SECTOR TURISMO 121
III.10 SECTOR DESARROLLO URBANO 127
III.11 SECTOR CONSERVACIÓN 138
IV. IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS AMBIENTALES 142
IV.1 INTERACCIÓN ENTRE SECTORES 142
IV.2 DETERMINACIÓN DE CONFLICTOS 143
V. ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD E INCOMPATIBILIDAD DE LOS PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y ACCIONES DE GOBIERNO FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL 160
V.1 MARCO AMBIENTAL 160
V.2 MARCO ECONÓMICO 161
V.3 MARCO JURÍDICO 162
V.4 MARCO PLANEACIÓN 162
V.5 OTROS 163
V.6 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD ENTRE OBJETIVOS 164
V.6.1. Desarrollo social 166
V.6.2. Agropecuario 167
V.6.3. Forestal 169
V.6.4. Carretero 169
V.6.5. Turismo 171
V.6.6. Ambiental 172
V.6.7. Desarrollo urbano 172
V.6.8. Manejo Integral de aguas 173
V.6.9. Conclusiones 173
VI. IDENTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS LIMITANTES PARA EL DESARROLLO DE CADA ACTIVIDAD SECTORIAL 182
VII. BIBLIOGRAFÍA 184
VIII. ANEXO METODOLÓGICO 192
IX. ANEXO DATOS (CALIDAD DEL AGUA) 202

I. INTRODUCCIÓN

La etapa de diagnóstico dentro del proceso de Ordenamiento Territorial comprende el análisis de la información vertida en la etapa de caracterización, de modo tal, que esta última representa la base de los procesos y análisis descritos en los apartados siguientes. Así mismo, es necesario mencionar que el objetivo genérico del diagnóstico es conocer el estado de conservación de los recursos naturales en el territorio y determinar las causas que originan la afectación y deterioro de los mismos.

De acuerdo con el Artículo 43 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Ordenamiento Ecológico, la etapa de diagnóstico tendrá por objetivo identificar y analizar los conflictos ambientales en el área de estudio, mediante la realización de las siguientes acciones:

I. Elaboración de un análisis de aptitud para los sectores involucrados en las actividades de aprovechamiento de los recursos naturales, la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad y el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales en el área de estudio, del cual se producirá el mapa de aptitud del territorio correspondiente;

II. Identificar los conflictos ambientales a partir del análisis de la concurrencia espacial de actividades sectoriales incompatibles; y

III. Delimitar las áreas que se deberán preservar, conservar, proteger o restaurar, así como aquellas que requieran el establecimiento de medidas de mitigación para atenuar o compensar impactos ambientales adversos.

En virtud de lo anterior, el diagnóstico se encuentra orientado a la identificación del estado de los recursos naturales así como la identificación de los atributos que condicionan o favorecen el desarrollo de cada uno de los sectores que interactúan en la región.

II. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS QUE SE DEBERÁN PRESERVAR, CONSERVAR, PROTEGER O RESTAURAR

La región Ixmiquilpan se caracteriza por la presencia de diversas actividades sectoriales que inciden de forma directa e indirecta en el estado y calidad de los recursos naturales. En la región se manifiestan actividades sectoriales relacionadas con la explotación y aprovechamiento de recursos hasta aquellas relacionadas con la generación de energía y la refinación de petróleo. Esta amplia gama de actividades propicia que el manejo de los recursos naturales de la región se lleve a cabo de diferentes formas y que por lo tanto, las relaciones socioambientales sean complejas. Sin embargo, existe una estrecha relación entre las condiciones ambientales de la región y la naturaleza de las actividades productivas existentes, de modo tal que el análisis causa-efecto necesario para entender la problemática ambiental de la región está basado en las características de las actividades que cada uno de los sectores productivos realizan.

Por otra parte, la región cuenta con la presencia de áreas naturales protegidas estatales y federales, lo cual manifiesta el interés por contribuir con la protección de espacios naturales de valor ecológico, sin embargo estos espacios protegidos abarcan menos del 5% de la superficie de la región, debido principalmente a la escasa presencia de vegetación primaria de la región, situación derivada de los profundos cambios en la estructura y composición de la vegetación, ya que en la mayor parte del territorio la vegetación primaria se ha transformado en tierras de cultivo o en usos industriales y desarrollo urbano.

En este apartado se presentan algunos indicadores de deterioro como el nivel de erosión, tasas de deforestación, la dinámica del cambio de uso de suelo, calidad del agua, contaminación del suelo, entre otros; los cuales permitirán determinar el grado de deterioro o conservación que presenta la región así como el efecto de las acciones y actividades relacionadas con los sectores productivos.

II.1 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CON DEGRADACIÓN AMBIENTAL

II.1.1. Erosión

Uno de los principales agentes de degradación ambiental en la región Ixmiquilpan es la erosión del suelo, de acuerdo con SEMARNAT-UACh (2002) alrededor del 35.12% de la superficie total de la región presenta suelos con un grado de erosión extrema, misma que se encuentra íntimamente ligada a los procesos de deforestación e incremento de la frontera agrícola y ganadera. La erosión identificada en la región se manifiesta en diferentes tipos e intensidades, ya que se presenta desde erosión tipo laminar hasta la presencia de cárcavas en barrancas desprovistas de vegetación, en intensidades que oscilan entre moderada y extrema. El municipio con mayor presencia de erosión en un grado extremo es El Cardonal, pues dicho grado de erosión ocupa el 62% de la superficie municipal (36,831.2 ha).

A continuación en la Cuadro **1** se presenta el tipo de erosión que afecta a cada municipio y la superficie que ocupa dentro de ellos, así como las diversas causas del deterioro del suelo de acuerdo SEMARNAT-UACh (2002).

Cuadro 1. Superficie por grado de erosión en los municipios de la región Ixmiquilpan.

MUNICIPIO	GRADO DE EROSIÓN	FORMA	CAUSA ANTRÓPICA	SUPERFICIE
Actopan	Extrema	Planar	Construcción	756.43
			No determinado	681.08
			Presión antrópica	1,783.77
	Fuerte	Planar	No determinado	1,951.75
			Presión antrópica	2.95
	Leve	No apreciable	No determinado	5,218.99
			Presión antrópica	771.79
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	7,245.29
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	1,660.43
	No aplica	No aplica	No determinado	7,092.36
Cardonal	Extrema	Planar	No determinado	15,344.92
			Presión antrópica	13,322.79
			Remoción permanente	8,163.48
	Fuerte	Planar	No determinado	1,994.95
			Remoción permanente	691.76
	Leve	No apreciable	No determinado	7,871.19
			Presión antrópica	305.89
	Moderada	No apreciable	No determinado	486.03
			Presión antrópica	242.68
			Remoción permanente	19.50

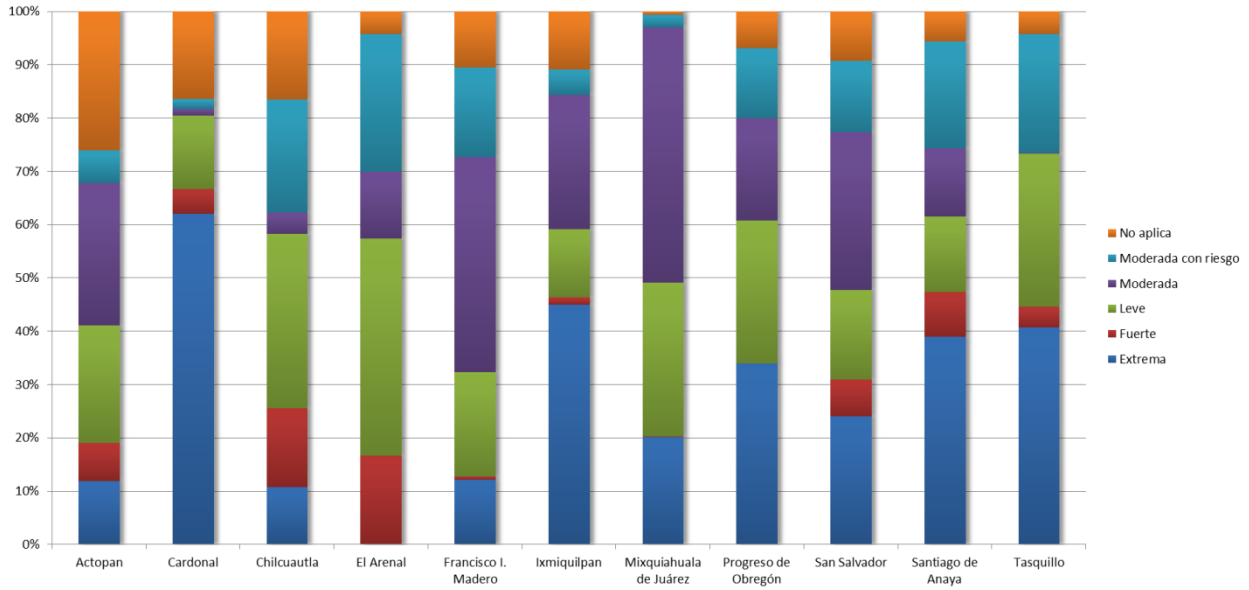
MUNICIPIO	GRADO DE EROSIÓN	FORMA	CAUSA ANTRÓPICA	SUPERFICIE
	Moderada con riesgo	No apreciable	No determinado	515.25
			Presión antrópica	0.09
			Remoción permanente	600.95
	No aplica	No aplica	No determinado	9,755.97
Chilcuautla	Extrema	Planar	Construcción	84.70
			No determinado	1,611.27
			Presión antrópica	711.85
	Fuerte	Planar	No determinado	559.72
			Presión antrópica	2,731.74
	Leve	No apreciable	No determinado	6,753.90
			Remoción permanente	521.19
	Moderada	No apreciable	No determinado	498.21
			Presión antrópica	407.06
	Moderada con riesgo	No apreciable	No determinado	383.93
			Presión antrópica	4,190.31
			Remoción permanente	137.24
	No aplica	No aplica	No determinado	3,673.82
El Arenal	Extrema	Planar	Construcción	0.59
	Fuerte	Planar	No determinado	1,493.69
			Presión antrópica	510.11
			Remoción permanente	285.90
	Leve	No apreciable	No determinado	5,602.84
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	1,729.74
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	2,952.48
			Remoción permanente	596.18
	No aplica	No aplica	No determinado	577.24
Francisco I. Madero	Extrema	Planar	Construcción	306.48
			No determinado	972.89
	Fuerte	Planar	No determinado	57.58
	Leve	No apreciable	No determinado	953.18
			Presión antrópica	929.79
			Remoción permanente	166.19
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	4,243.36
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	1,752.36
	No aplica	No aplica	No determinado	1,108.43
Ixmiquilpan	Extrema	Planar	Construcción	394.48
			No determinado	2,248.21
			Presión antrópica	19,198.24

MUNICIPIO	GRADO DE EROSIÓN	FORMA	CAUSA ANTRÓPICA	SUPERFICIE
	Fuerte	Planar	No determinado	482.54
			Presión antrópica	147.37
			Remoción permanente	83.28
	Leve	No apreciable	No determinado	6,178.26
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	11,927.38
			Remoción permanente	356.87
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	1,813.55
			Remoción permanente	508.08
	No aplica	No aplica	No determinado	5,282.93
Mixquiahuala de Juárez	Extrema	Planar	Construcción	636.68
			No determinado	1,682.15
	Fuerte	Planar	Presión antrópica	9.60
	Leve	No apreciable	No determinado	670.97
			Presión antrópica	125.14
			Remoción permanente	2,509.43
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	5,224.63
			Remoción permanente	271.62
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	141.17
			Remoción permanente	122.49
	No aplica	No aplica	No determinado	34.87
			Remoción permanente	41.26
Progreso de Obregón	Extrema	Planar	Construcción	373.69
			No determinado	2,709.93
	Fuerte	Planar	Presión antrópica	4.35
	Leve	No apreciable	No determinado	2,272.74
			Remoción permanente	166.61
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	1,720.39
			Remoción permanente	26.10
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	1,194.05
	No aplica	No aplica	No determinado	622.79
San Salvador	Extrema	Planar	Construcción	96.11
			No determinado	4,833.75
	Fuerte	Planar	No determinado	1,305.50
			Remoción permanente	134.74
	Leve	No apreciable	No determinado	1,771.58
			Presión antrópica	1,211.30
			Remoción permanente	463.15
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	6,064.10

MUNICIPIO	GRADO DE EROSIÓN	FORMA	CAUSA ANTRÓPICA	SUPERFICIE
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	2,761.96
	No aplica	No aplica	No determinado	1,906.67
Santiago de Anaya	Extrema	Planar	Construcción	107.28
			No determinado	9,861.71
	Fuerte	Planar	No determinado	2,025.55
			Remoción permanente	147.60
	Leve	No apreciable	No determinado	3,619.21
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	2,332.50
			Remoción permanente	919.86
	Moderada con riesgo	No apreciable	Presión antrópica	5,149.73
	No aplica	No aplica	No determinado	1,438.59
Tasquillo	Extrema	Planar	No determinado	3,868.74
			Presión antrópica	5,896.04
	Fuerte	Planar	No determinado	381.63
			Presión antrópica	419.02
			Remoción permanente	144.08
	Leve	No apreciable	No determinado	6,235.31
			Remoción permanente	632.24
	Moderada	No apreciable	Presión antrópica	39.80
	Moderada con riesgo	No apreciable	Remoción permanente	5,357.95
	No aplica	No aplica	No determinado	1,008.14

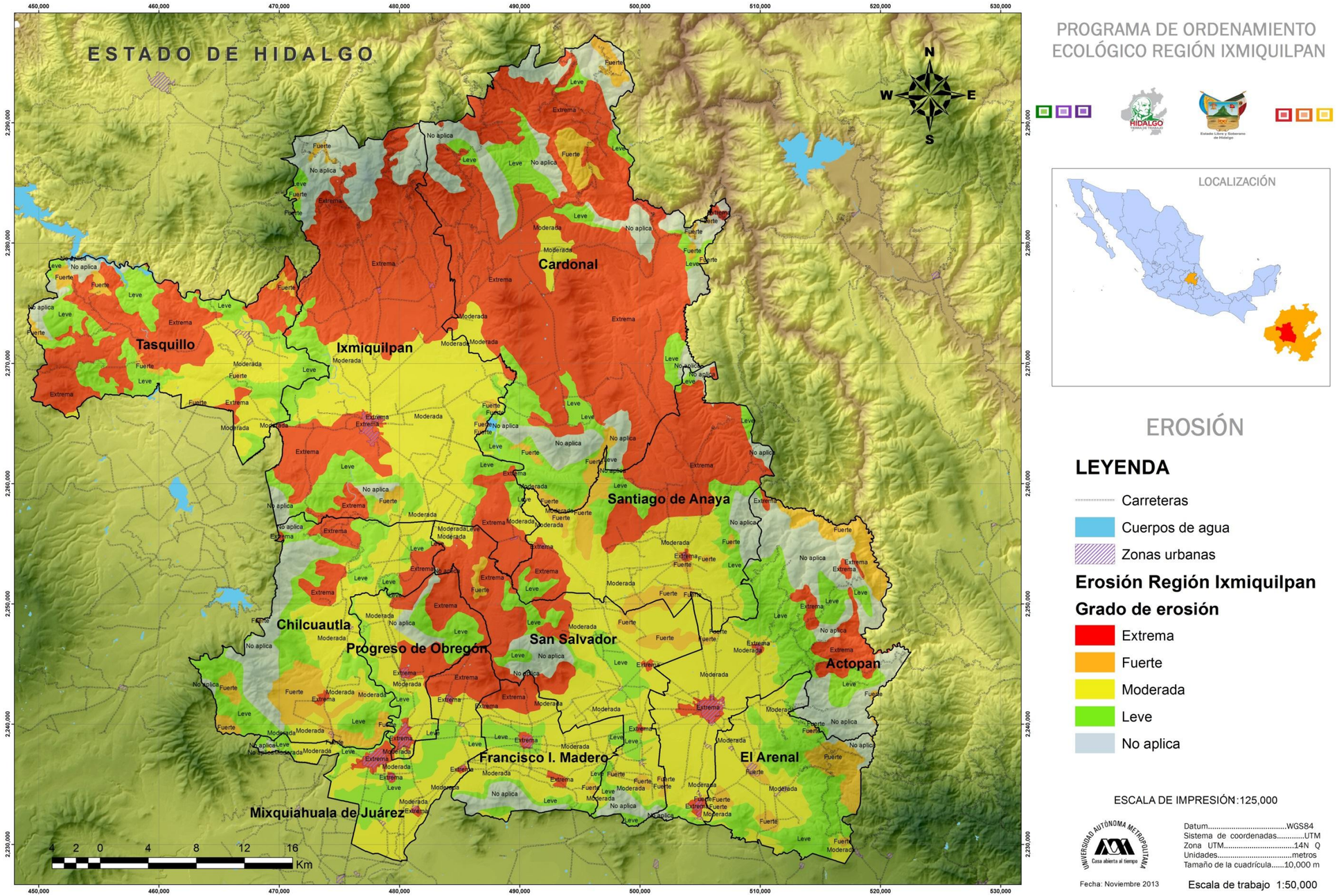
Fuente: SEMARNAT- UACh. 2002. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana. Escala 1: 1, 000, 000. México.

Los municipios con menor superficie con erosión extrema son Chilcuautla, Francisco I. Madero y Actopan, lo cual se debe principalmente a que dichos municipios presentan un relieve relativamente plano, factor ambiental que disminuye considerablemente el riesgo de erosión, además de que en estos municipios se presenta una actividad agrícola de riego, que en comparación con la superficie agrícola de temporal se encuentra con cubierta vegetal (cultivos) casi todo el año. Sin embargo entre el 40 y el 50% de la superficie de dichos municipios manifiesta erosión en un grado leve a moderado, lo cual refleja la presencia constante, aunque menos intensa, de las actividades agrícolas y de tipo antropogénico. En la **Gráfica 1** se muestra la gráfica comparativa del porcentaje de superficie ocupado por cada tipo de erosión en los municipios de la región.



Gráfica 1. Porcentaje de superficie ocupada por tipo de erosión en cada municipio de la Región Ixmiquilpan. Fuente: Elaboración propia a partir de SEMARNAT-UACh (2002). Nota: La clase "No aplica" hace referencia a los cuerpos de agua.

En el **Mapa 1** se muestra la superficie que ha estado sujeta a erosión de acuerdo con la SEMARNAT-UACh (2002).



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN

EROSIÓN

LEYENDA

- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

Erosión Región Ixmiquilpan

Grado de erosión

- Extrema
- Fuerte
- Moderada
- Leve
- No aplica

ESCALA DE IMPRESIÓN: 125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

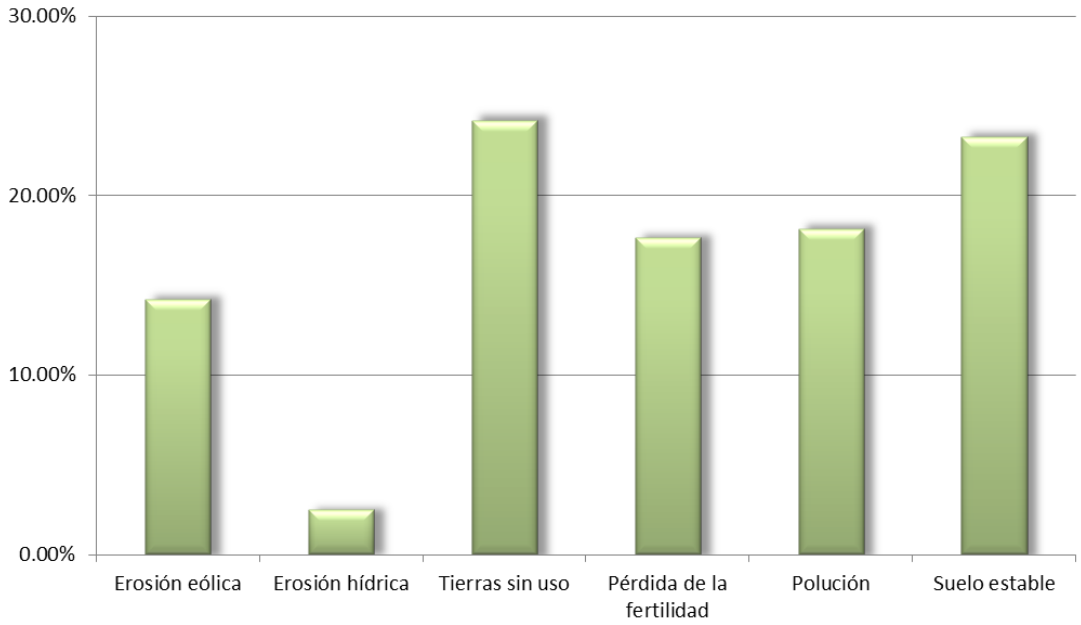
Mapa 1. Niveles de erosión presentes en la Región Ixmiquilpan. Fuente: SEMARNAT-UACh (2002).

II.1.2. **Degradación del suelo causada por el hombre**

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través del Inventario Nacional de Suelos, realizó la actualización de la evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre a nivel nacional; según este trabajo la categorización de los tipos de degradación en el área de estudio es la siguiente:

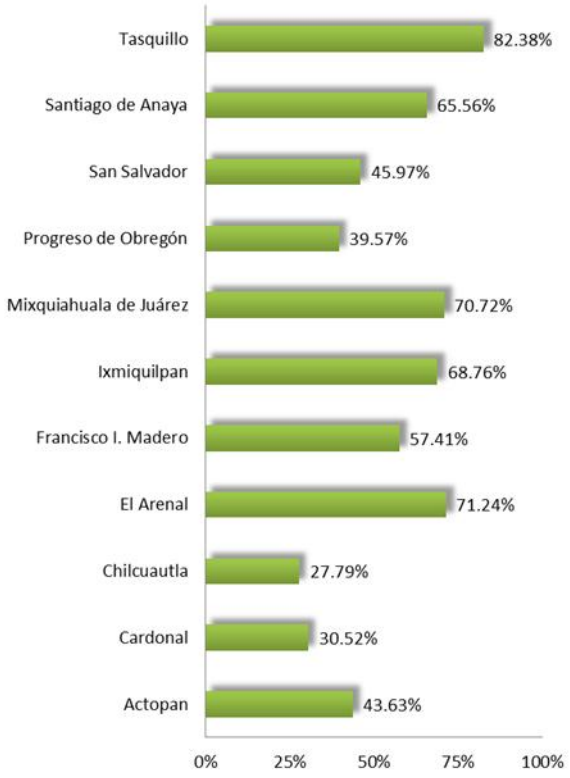
- Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado
- Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial (laminar/lavado superficial) con un nivel de afectación moderado
- Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación ligero a moderado
- Degradación por polución con un nivel de afectación moderado
- Tierras sin uso-regiones áridas montañosas

De acuerdo con el estudio señalado, en la región de Ixmiquilpan el tipo general de degradación del suelo con mayor extensión es la degradación por contaminación, ocupando una superficie de 49,410.85 Ha, las cuales representan el 18.15% de la superficie total de la región (**Gráfica 2**). Dicha degradación se presenta en dos grados, ligero y moderado, su presencia se manifiesta en la mayoría de todos los municipios aunque con mayor extensión en los municipios de Ixmiquilpan, Mixquiahuala de Juárez y San Salvador.



Gráfica 2. Porcentaje de superficie ocupada por tipo de degradación en la Región Ixmiquilpan. Fuente: Elaboración propia a partir de SEMARNAT-Colegio de Postgraduados (2003).

El municipio con mayor superficie con suelos degradados es Ixmiquilpan, ya que 33,430.61 Ha. presentan suelos que manifiestan algún tipo de degradación, dicha superficie representa el 68.76% de la extensión total del municipio (**Gráfica 3**). El segundo municipio con mayor extensión de suelos con degradación es Tasquillo con 19,757.65 Ha, las cuales representan el 82.38% de la superficie total municipal, característica que lo ubica como el municipio con mayor porcentaje de su territorio degrado



Gráfica 3. Porcentaje de superficie degradada por municipio

Otros municipios que manifiestan altos porcentajes de deterioro con respecto a su extensión total son: El Arenal con el 71.24% de su territorio (9,764.03 Ha) afectado principalmente por disminución de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, Mixquiahuala de Juárez con el 70.72% de su territorio (8,111.25 Ha) con algún tipo de degradación y Francisco I. Madero con el 57.41% de su territorio (6,022.26 Ha) afectado principalmente por disminución de la fertilidad y reducción de la materia orgánica con un grado de afectación ligero a moderado.
Por otra parte, estableciendo un balance general tenemos que el 52.55% de la superficie de la región de estudio presenta algún tipo de degradación en los suelos, mientras que la extensión de los suelos estables en condiciones naturales únicamente ocupa el 23.25%. Sin embargo los cuatro tipos de degradación de suelo mencionados, se presentan en la región con diversas extensiones, intensidades y características. En el **Cuadro 2** se muestra la clasificación el tipo de degradación presente en la región Ixmiquilpan y su descripción específica de acuerdo con el estudio mencionado, así como la extensión dentro de la región Ixmiquilpan

Cuadro 2. Tipo de degradación en la región Ixmiquilpan.

TIPO DE DEGRADACIÓN	CLAVE	SUPERFICIE (Ha)
Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado. Extensión del 100% y con tendencia al incremento por actividades agrícolas	Es2.100(+)a	11,871.94
Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado. Extensión del 55% y con tendencia al incremento por actividades agrícolas	Es2.55(+)a	12,695.53

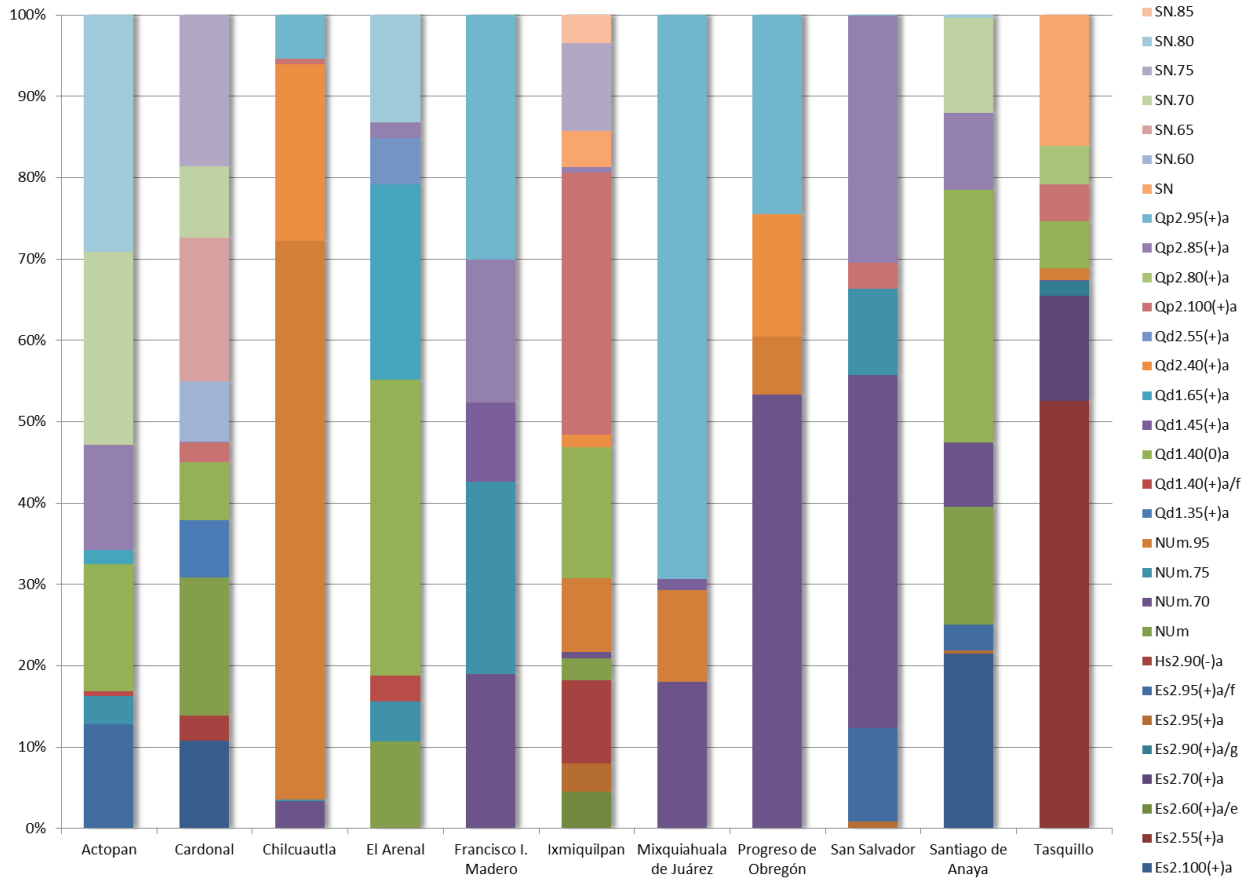
TIPO DE DEGRADACIÓN	CLAVE	SUPERFICIE (Ha)
Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado. Extensión del 60% y con tendencia al incremento por actividades agrícolas y sobre explotación de la vegetación para uso doméstico	Es2.60(+)a/e	2,073.86
Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado. Extensión del 70% y con tendencia al incremento por actividades agrícolas	Es2.70(+)a	3,092.87
Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado. Extensión del 90% y con tendencia al incremento por actividades agrícolas y sobrepastoreo	Es2.90(+)a/g	449.79
Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado. Extensión del 95% y con tendencia al incremento por actividades agrícolas	Es2.95(+)a	1,950.80
Pérdida de suelo superficial por acción del viento con un nivel de afectación moderado. Extensión del 95% y con tendencia al incremento por actividades agrícolas y deforestación	Es2.95(+)a/f	6,649.60
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial con un nivel de afectación moderado. Extensión del 90% con tendencia a disminuir, la degradación es causada por actividades agrícolas	Hs2.90(-)a	6,819.50
Tierras sin uso - regiones áridas montañosas	NUm	16,587.71
Tierras sin uso - regiones áridas montañosas. Extensión del 70%	NUm.70	20,975.37
Tierras sin uso - regiones áridas montañosas. Extensión del 75%	NUm.75	6,319.87
Tierras sin uso - regiones áridas montañosas. Extensión del 95%	NUm.95	22,029.23
Suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación ligero. Extensión del 35%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qd1.35(+)a	4,143.57
Suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación ligero. Extensión del 40%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas y la deforestación y remoción de la vegetación	Qd1.40(+)a/f	573.92
Suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación ligero. Extensión del 40%. Sin cambios en la degradación por actividades agrícolas	Qd1.40(0)a	30,697.72
Suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación ligero. Extensión del 45%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qd1.45(+)a	1,182.22
Suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación ligero. Extensión del 65%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qd1.65(+)a	3,764.26

TIPO DE DEGRADACIÓN	CLAVE	SUPERFICIE (Ha)
Suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación moderado. Extensión del 40%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qd2.40(+)a	6,939.17
Suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación moderado. Extensión del 55%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qd2.55(+)a	774.91
Suelos con degradación por contaminación (polución) con un nivel de afectación moderado. Extensión del 100%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qp2.100(+)a	18,989.04
Suelos con degradación por contaminación (polución) con un nivel de afectación moderado. Extensión del 80%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qp2.80(+)a	1,146.14
Suelos con degradación por contaminación (polución) con un nivel de afectación moderado. Extensión del 85%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qp2.85(+)a	14,719.73
Suelos con degradación por contaminación (polución) con un nivel de afectación moderado. Extensión del 95%. y un incremento ligero en la degradación por actividades agrícolas	Qp2.95(+)a	14,555.94
Suelos estables bajo condiciones naturales.	SN	5,981.92
Suelos estables bajo condiciones naturales, extensión del 60%.	SN.60	4,367.68
Suelos estables bajo condiciones naturales, extensión del 65%.	SN.65	10,498.31
Suelos estables bajo condiciones naturales, extensión del 70%.	SN.70	14,629.24
Suelos estables bajo condiciones naturales, extensión del 75%.	SN.75	16,312.06
Suelos estables bajo condiciones naturales, extensión del 80%.	SN.80	9,814.67
Suelos estables bajo condiciones naturales, extensión del 85%.	SN.85	1,693.32

Fuente: SEMARNAT-Colegio de Postgraduados. 2003. "Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana". Escala 1:250,000. Memoria Nacional 2001-2002.SEMARNAT Colegio de Posgraduados, 58 pp.

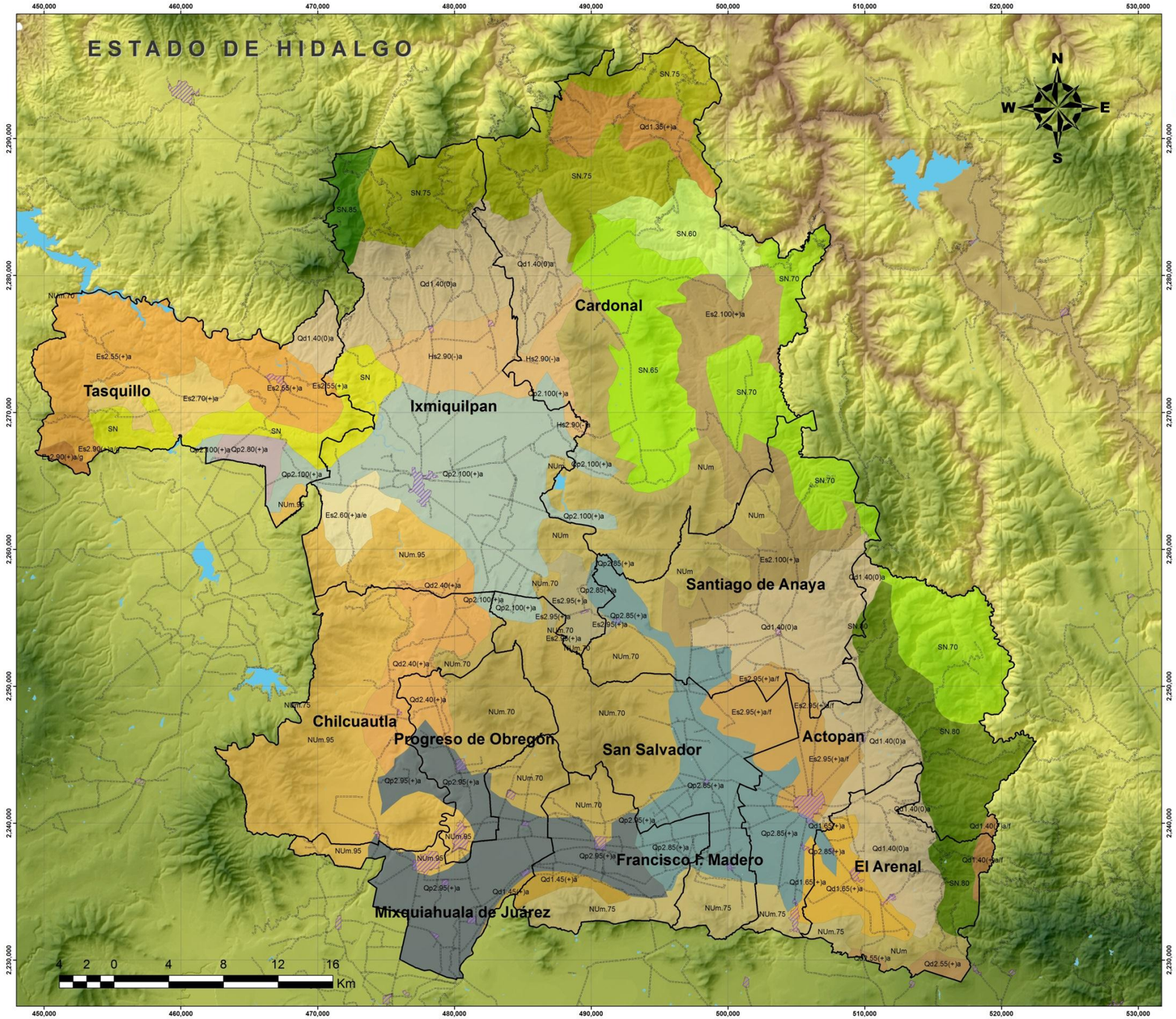
El tipo de degradación especifica con mayor extensión en la región es el “Qd1.40(0)a” que se refiere a suelos con declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con un nivel de afectación ligero, con extensión del 40% y sin manifestación de aumento o decremento. El origen principal de dicha degradación son las actividades agrícolas. El segundo tipo específico de degradación con mayor extensión en la región es “Qp2.100(+)a, la cual refiere a degradación del suelo por polución en un grado moderado en una extensión del 100% y con tendencia al incremento a consecuencia de las actividades agrícolas.

De acuerdo con el mapa de degradación de suelo causada por el hombre en total se presentan 30 categorías de degradación, las cuales se presentan En la **Gráfica 4** se muestra la distribución porcentual de cada tipo de degradación con respecto a la superficie total de cada municipio,



Gráfica 4. Porcentaje de superficie ocupada por tipo de degradación en cada municipio de la Región Ixmiquilpan. Fuente: Elaboración propia a partir de SEMARNAT-Colegio de Postgraduados (2003). Nota: La clase "SN" también hace referencia a los cuerpos de agua.

En el **Mapa 2** se muestra la superficie que ha estado sujeta a degradación de suelos causada por el hombre de acuerdo con la SEMARNAT-Colegio de Postgraduados (2003).



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

DEGRADACIÓN DEL SUELO CAUSADA POR EL HOMBRE

LEYENDA

- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

Clave

- Es2.100(+)a
- Es2.55(+)a
- Es2.60(+)a/e
- Es2.70(+)a
- Es2.90(+)a/g
- Es2.95(+)a
- Es2.95(+)a/f
- Hs2.90(-)a
- NUm
- NUm.70
- NUm.75
- NUm.95
- Qd1.35(+)a
- Qd1.40(+)a/f
- Qd1.40(0)a
- Qd1.45(+)a
- Qd1.65(+)a
- Qd2.40(+)a
- Qd2.55(+)a
- Qp2.100(+)a
- Qp2.80(+)a
- Qp2.85(+)a
- Qp2.95(+)a
- SN
- SN.60
- SN.65
- SN.70
- SN.75
- SN.80
- SN.85

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 2. Tipo de degradación de suelos causada por el hombre manifestado en la Región Ixmiquilpan. Fuente: SEMARNAT-Colegio de Postgraduados (2003)

II.1.3. Cambio de uso de suelo y deforestación

De acuerdo con el estudio regional forestal del Valle del Mezquital[1] , el cual abarca 10 de los 11 municipios de la Región Ixmiquilpan, el cambio de uso de suelo en dicha región, es probablemente el ilícito forestal más común, que adicional al efecto negativo de las políticas agrícolas, ganaderas y de ocupación poblacional, han provocado la degradación de grandes superficies de matorral, ecosistema cuyo valor ambiental es altamente omitido e inclusive menospreciado.

Existen diversas fuentes de información que proporcionan datos acerca de los cambios de uso de suelo presentes en la región de Ixmiquilpan en diversas fechas, sin embargo esta información es generada con cartografía en escalas que no favorecen el análisis a nivel regional, por otra parte existe una falta de uniformidad en la clasificación de usos de suelos y tipos de vegetación, lo cual puede ocasionar algunos errores en la interpretación de los resultados, sobre todo cuando se trabaja con información vectorial. Sin embargo para llevar a cabo un análisis de cambio de uso de suelo que contemplara toda la región fue necesario utilizar las cartas de uso de suelo y vegetación más recientes elaboradas por el INEGI.

Los resultados del análisis mencionado señala que ha existido una dinámica del uso de suelo y la vegetación en el 19.02% de la superficie regional, dicho de otra forma esto significa que el 80.98% de la superficie de la región Ixmiquilpan se ha mantenido sin cambios en el uso de suelo y vegetación en los últimos cinco años. Aunque al parecer un alto porcentaje de la superficie regional se encuentra estable, considerando los cambios particulares se tiene que la superficie de bosque de encino (BQ) mostró una disminución de 3,404 Ha equivalentes al 70.7% de la superficie de BQ presente en el 2006. En el **Cuadro 3** se muestra la superficie de aumento o disminución por cada uso de suelo y vegetación de la región.

Cuadro 3. Superficies de aumento y disfunción por usos de suelo y vegetación en la región Ixmiquilpan.

VEGETACIÓN 2004	VEGETACIÓN 20010	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE DEL CAMBIO TOTAL
Bosque de Pino (BP)	Pastizal inducido (pi)	11.71	0.36%
Matorral Crasicaule (MC)	Desprovisto de vegetación (DV)	93.54	2.85%
Matorral desértico rosetófilo (MDR)	Desprovisto de vegetación (DV)	518.42	15.80%
Matorral desértico rosetófilo	Pastizal inducido (PI)	707.67	21.57%
Matorral submontano (MSM)	Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral submontano	1,552.25	47.31%

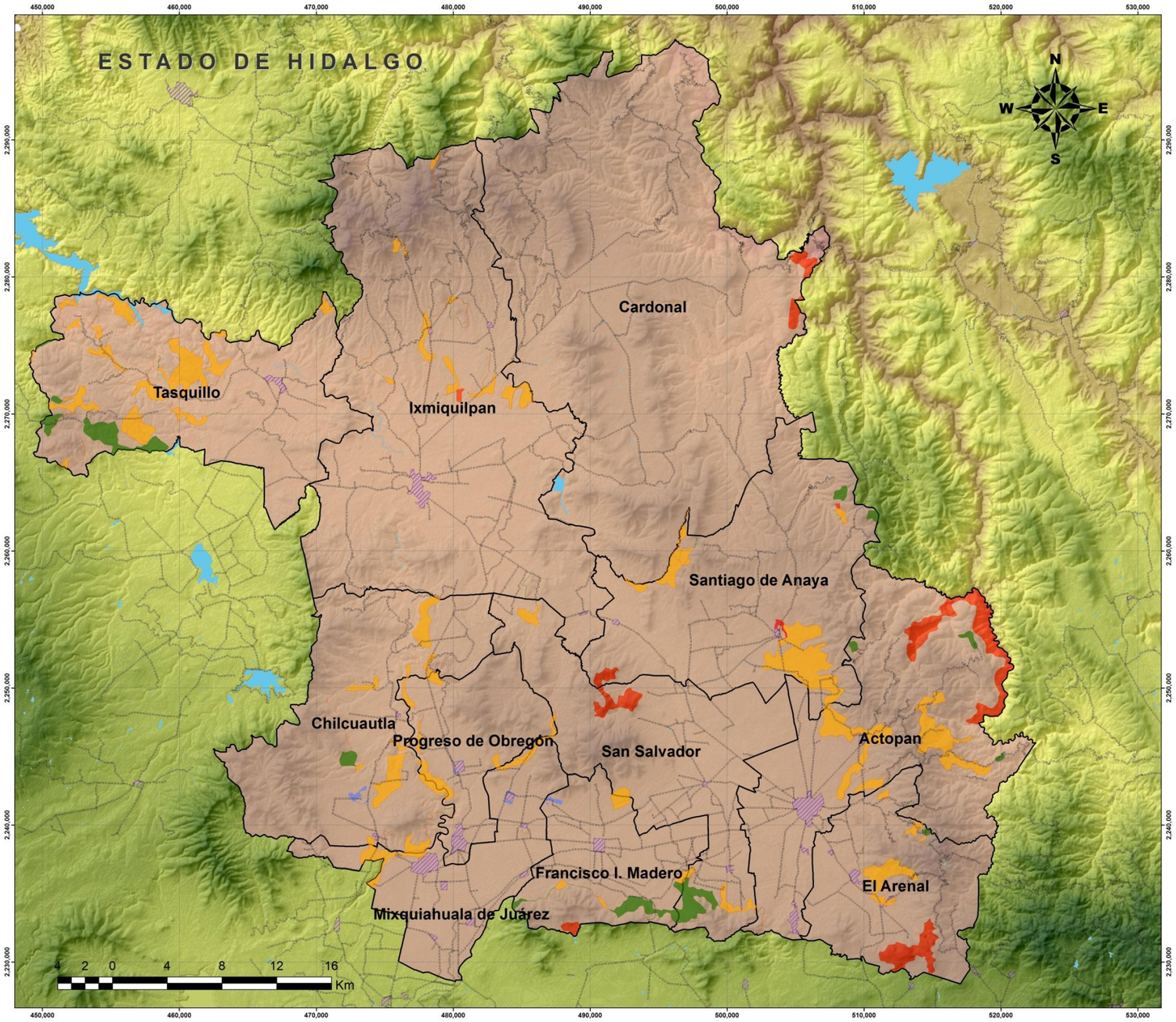
[1] Estudio regional del Valle del Mezquital, Hgo. UMAFOR 1304, 2010. Asociación de Silvicultores de la Región del Valle del Mezquital A.C.

VEGETACIÓN 2004	VEGETACIÓN 20010	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE DEL CAMBIO TOTAL
	(VSa/MSM)		
Matorral submontano (MSM)	Pastizal cultivado (PC)	358.18	10.92%
Agricultura de riego (RS)	Desprovisto de vegetación (DV)	39.39	1.20%

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de las cartas de uso de suelo y vegetación de INEGI

Los resultados del análisis de cambio de uso de suelo muestran que los tipos de vegetación que más han sufrido modificaciones en el periodo analizado son: el matorral desértico rosetófilo (MDR), y el matorral submontano (MSM), ya sea por efecto de la conversión a tierras de cultivo o pastizales, así como por su deterioro.

En el **Mapa 3** se muestran las zonas que presentaron disminución en su cobertura vegetal natural





CAMBIO DE USO DE SUELO

LEYENDA

Sin cambio

Tipo de cambio

- Cambio de uso de suelo
- Degradación
- Recuperación
- Urbanización
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 3. Zonas de cambio de uso de suelo en la Región Ixmiquilpan. Fuente: Elaboración propia a partir de las cartas de uso de suelo y vegetación de INEGI, series IV y V .

II.1.4. Contaminación de acuíferos

Algunos estudios de calidad del agua subterránea señalan que el acuífero del Valle de Tula posee un potencial de autodepuración que hace factible la recarga con agua residual sin provocar afectaciones ambientales y de salud pública considerables; Jiménez y Chávez (2004) concluyen que existe una evidente capacidad de los suelos del Valle del Mezquital para depurar las aguas residuales y producir un acuífero de calidad aceptable, e incluso plantea la posibilidad de poder usar dicho acuífero para proveer de agua a la ciudad de México. Por otra parte, una evaluación cuantitativa del riesgo del contenido microbiano en el acuífero de la región en estudio, realizada por Page *et al*. (2010), señala que el riesgo es alto debido a la falta de pre-tratamiento y los tiempos de residencia bajos del agua descargada al acuífero. Asimismo un análisis de sensibilidad realizado en dicho estudio demostró que el riesgo a la salud humana puede ser controlado si los acuíferos se encontrasen integrados a un tren de tratamiento para atenuar los agentes patógenos.

De acuerdo con Lesser *et al*. (2011), el 81% de los canales principales y el 52% de los canales laterales que conducen las aguas residuales provenientes de la ciudad de México no se encuentran revestidos, permitiendo la infiltración y recarga del agua residual directamente al acuífero; lo cual deriva en que la principal entrada de agua al acuífero del Valle del Mezquital corresponde a la infiltración de aguas residuales sin tratar provenientes de la ciudad de México.

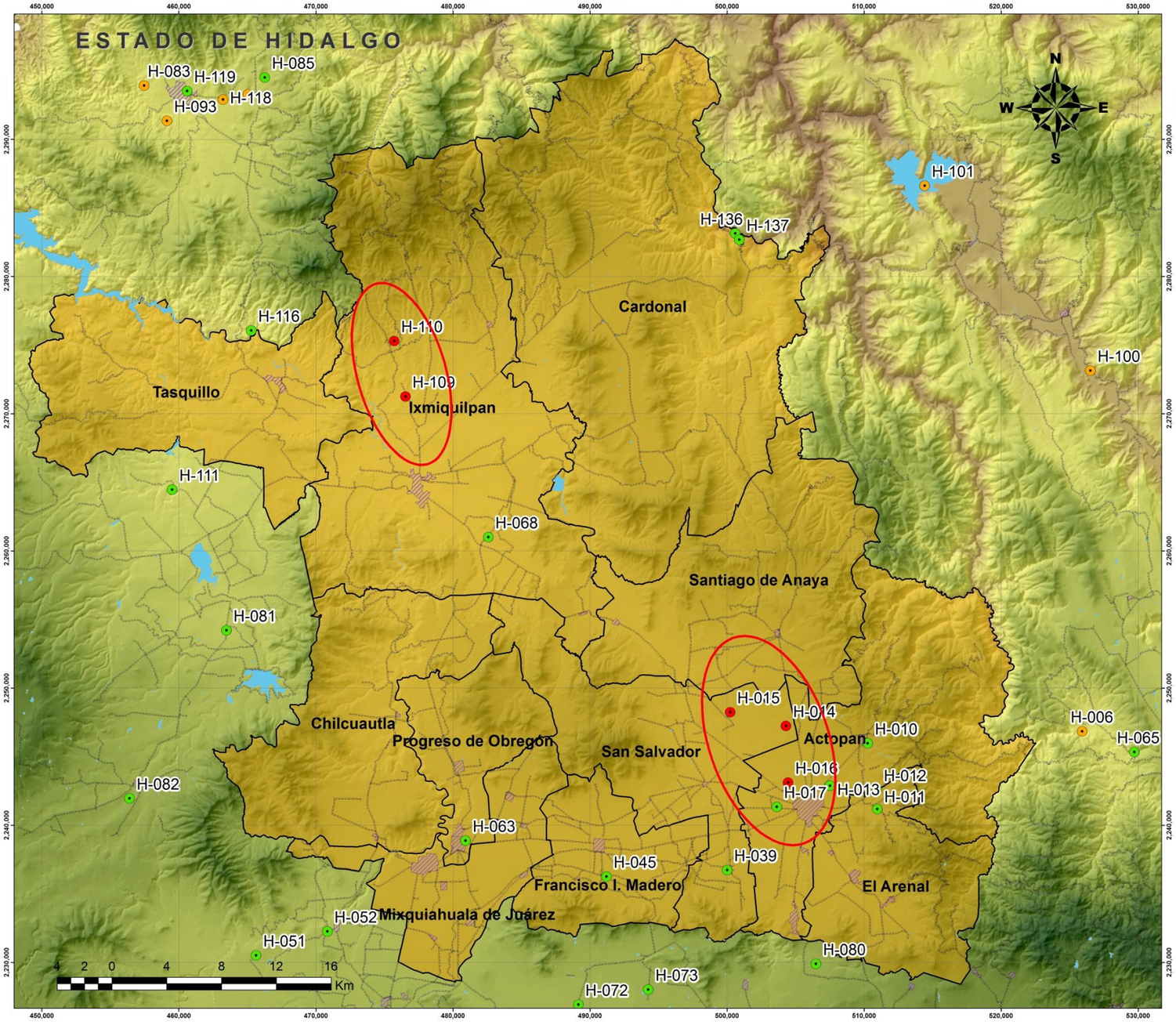
Un muestreo realizado por el Servicio Geológico Mexicano en el 2010 como parte de la localización de sitios para la disposición de residuos sólidos municipales en el Estado de Hidalgo, señala que de los puntos de muestreo establecidos en los acuíferos que intersectan con la región de Ixmiquilpan (Acuífero Actopan, Acuífero Amajac, Acuífero Chapantongo, Acuífero Valle del Mezquital y Acuífero Ixmiquilpan), donde se realizaron análisis físico-químicos, 12 presentaron parámetros por encima de los límites señalados en la norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994 y en la guía de la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo sólo 5 de estos se encuentran en dentro de la región de estudio, dos en el municipio de Ixmiquilpan, uno en el municipio de Actopan y dos en el municipio de San Salvador. En la **Tabla 1** se presenta el listado de sitios analizados en el estudio mencionado, haciendo referencia al municipio donde se localiza cada pozo muestreado, así como los parámetros que exceden los límites permisibles.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos y biológicos que exceden los límites permisibles en la NOM-127-SSA1-1994 en el acuífero de la Región Ixmiquilpan. Los datos presentados son una extracción de los resultados obtenidos por el SGM (2010). Los datos en color amarillo corresponden a pozos que exceden algún parámetro de la norma y se encuentran en alguno de los municipios de la región.

MUESTRAS	APROVECHAMIENTO	LOCALIDAD	STD (mg/l)	Al (mg/l)	As (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)
Límites máximos permisibles				0.20	0.50	0.30	0.15	0.01	0.01
H-002	Pozo	Téllez, Pachuca	583	0.002	0.002	0.597	0.001	0.012	0.003
H-005	Pozo	Santa Ana Hueytlalpan	538	0.413	0.001	0.152	0	0	0
H-007	Manantial	Ajacuba	488	0	0.394	0.081	0.004	0	0.003
H-008	Manantial	Ajacuba	471	0	0.540	0	0	0	0.003
H-009	Manantial	Vito	537	0	0.405	0	0.005	0	0.003
H-014	Noria	Cañada Chica, Actopan	98	3.232	0.002	0.15	0.044	0	0.001
H-015	Pozo	Lagunillas, Actopan	1022	0	0.006	0.012	0	0	0.015
H-016	Pozo	Cañada Aviación, Actopan	1423	0	0.007	0.374	0.043	0.015	0.029
H-019	Pozo	Jaltepec, Tulancingo	94.1	1.569	0.001	0.647	0.012	0	0.001
H-022	Pozo	Rancho Paxtepec, Santiago Tulantepec	56.9	2.657	0.001	1.14	0.045	0	0.001
H-025	Pozo	Pachuca	893	0	0.007	0.401	0.018	0	0.006
H-027	Manantial	Sabina Grande, Huichapan	119.2	0.549	0.001	0.225	0.001	0.001	0.002
H-034	Laguna	San Miguel Allende, Tepeapulco	124.3	0.183	0.001	0.54	0.115	0	0.002
H-040	Manantial	La Cantera, Tula	1934	0.000	0.422	0.214	0.007	0.001	0.005
H-041	Pozo	Segunda Sección del Llano, Tula	1623	0.000	0.368	0	0.18	0.001	0.005
H-043	Pozo	San Pedro Alpuyeca, Tula	682	0.000	0.214	0.044	0.002	0.003	0.003
H-044	Noria	Villas de Atitalaquia, Atitalaquia	1122	0.006	0.107	0.049	0	0.024	0.007

MUESTRAS	APROVECHAMIENTO	LOCALIDAD	STD (mg/l)	Al (mg/l)	As (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)
H-046	Pozo	Dendho, Atitalaquia	1359	0.006	0.097	0.012	0.001	0	0.007
H-067	Pozo	Encinillos, Acatlán	124.3	0.445	0	0.099	0.009	0	N.D.
H-083	Manantial	Alamo de Dexthaní, Zimapán	643	0.006	0.057	0.008	0.001	0.005	0.120
H-084	Manantial	San Felipe, Zimapán	248	0.002	0.005	0.006	0.003	0	0.015
H-093	Noria	Rancho el Cazay, Zimapán	361	0.005	0.053	0.056	0.022	0.000	0.001
H-094	Noria	El Rastro, Jacala	285	0.076	0.012	0.371	1.248	ND	0.001
H-100	Río	Río Venados, Metztitlán	274	0.043	0.007	0.181	0.215	0.001	0.001
H-101	Laguna	Laguna de Metztitlán	286	0.597	0.016	0.813	0.092	0.002	0.001
H-109	Pozo	El Durazno, Ixmiquilpan	1317	0.012	0.016	0.002	N.D.	0.004	0.031
H-110	Pozo	Dexthí San Juanico, Ixmiquilpan	347	0.003	0.006	0.781	0.015	N.D.	0.008
H-117	Pozo	San Pedro, Zimapán	304	0	0.072	0.004	0	0	0.003
H-118	Pozo	Zimapán	274	0.002	0.056	0.018	0.001	0	0.003
H-124	Manantial	San Nicolás, Jacala	232	0.008	0.231	0.006	0.007	0	0.001
H-130	Manantial	Cuatlacalca, Tianguistengo	28.9	0.695	0	0.004	0.06	0	0
H-131	Manantial	Coatempa, Tianguistengo	43.2	0.011	0.001	0.662	0.101	0	0
H-138	Presa	Mamithí, Huichapan	189.1	0.996	0.008	0.157	0.061	0	0.002
RH-7	Rio Salado	Atitalaquia	653	6.899	0	3.878	0.769	0.000	0
RH-8	Río Tula	Tula de Allende	572	3.894	0	2.387	0.638	0.000	0

En el **Mapa 4** se muestra la localización de los pozos mencionados en la tabla anterior.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN



CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO

LEYENDA

- Sin contaminación

Muestras

- H-006
- H-007
- H-008
- H-014
- H-015
- H-016
- H-040
- H-041
- H-043
- H-044
- H-046
- H-083
- H-093
- H-100
- H-101
- H-109
- H-110
- H-117
- H-118
- RH-7
- RH-8
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 4. Parámetros físico-químicos que exceden los límites permisibles en la NOM-127-SSA1-1994 en los acuíferos de la Región Ixmiquilpan. Fuente: Elaboración propia a partir de SGM (2010).

II.1.5. **Contaminación de aguas superficiales**

En la Región Ixmiquilpan, se presentan dos corrientes principales de régimen perenne, el río Tula y el río Salado, y ambas reciben descargas de aguas negras provenientes de la Zona Metropolitana del Valle de México. El río Tula nace en la Sierra la Catedral bajo el nombre del río San Jerónimo, al llegar a la presa Taxhimay cambia su dirección al N-NE y su nombre por el de río Tepeji; aguas abajo lo intercepta la presa Requena con el fin de contener y controlar sus descargas, en este punto cambia su nombre al de río Tula. Aguas debajo de la presa Requena se suman las aguas negras del río El Salto y del emisor central que conduce las aguas residuales procedentes de la Ciudad de México. En las inmediaciones de la Ciudad de Tula el río descarga sus aguas a la presa Endhó y toma una dirección N-NE hasta llegar a Mixquiahuala donde tiene un recorrido irregular. Río Salado se origina en el Cerro El Epazote con el nombre de arroyo Tenguedó, cerca de la población de Hueypoxtla toma este nombre hasta llegar a la confluencia con el túnel Tequixquiac, en donde cambia su nombre por el de Río Salado, recibe aportaciones de aguas negras del nuevo túnel Tequixquiac, parte de estas aguas se derivan hasta los Distritos de Riego DR-03 y DR-100 (**Figura 1**).

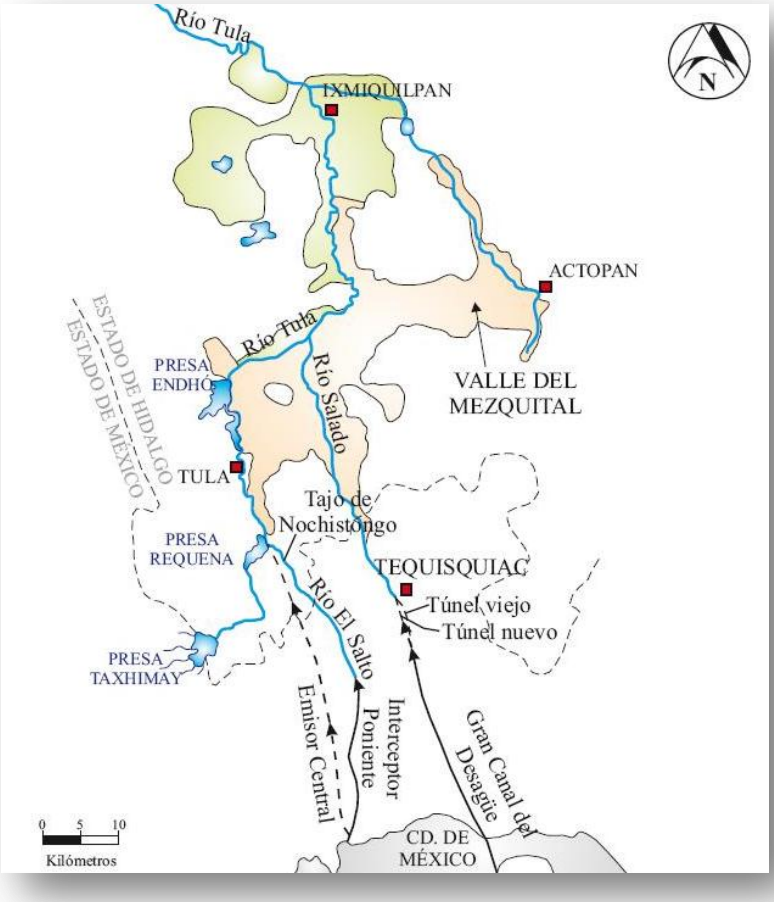


Figura 1. Flujo de las descargas de aguas negras de la Ciudad de México hacia el Valle del Mezquital. Fuente: Lesser *et al.* 2011.

La situación de los cuerpos de agua superficiales en la región requiere de particular atención, puesto que el sistema general del desagüe y el drenaje profundo de la Ciudad de México descargan en el río El Salto, estas aguas fluyen al río Tula y a la presa Endhó, donde se utilizan para irrigación de cultivos en el Valle del Mezquital (Sánchez *et al*., 2000). Por tal condición, es de esperar que el agua superficial de la región presente problemas de calidad. Montelongo *et al*. (2008) realizaron un estudio de monitoreo de la calidad del agua del río Tula, estableciendo para ello 35 sitios de muestreo evaluados durante dos años y clasificando el trayecto de 50 km en 4 zonas de interés, encontrando valores de DBO y oxígeno disuelto que limitan el desarrollo de la vida acuática (entre 1.52 y 5.82 mg/L de oxígeno disuelto y 1.16 hasta 486.81 mg O_2/L de DBO), asimismo los metales Cd, Pb, Fe, Mn y Zn están en concentraciones por encima de lo permisible y en algunos tramos hay presencia de Hg. Dados estos resultados concluyen que los recursos hídricos del Río Tula han sufrido un deterioro en su calidad con motivo de las constantes descargas de aguas negras provenientes de procesos industriales y asentamientos humanos que vierten diversos contaminantes que impiden el uso sustentable del agua. Además manifiestan que el riego con aguas residuales sin tratar constituye una amenaza para la salud pública y a pesar de que se cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996[2] no es suficiente para alcanzar la calidad del agua requerida para los usos de los cuerpos de agua evaluados.

Por otra parte los resultados de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM) señalan que se han registrado niveles de mercurio entre 0.5 y 1.0 y ug/L en los ríos Tula, Tepeji, el Salto y Alfajayucan e incluso niveles cercanos al límite máximo recomendado (0.001 mg/L) (Yarto *et al*. 2004). Gutiérrez y Silva (sin fecha)[3] encontraron que en 26 aprovechamientos para agua potable distribuidos en los municipios de Actopan, Ajacuba, El Arenal, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Chilcuautla, Fco. I. Madero, Mixquiahuala, Progreso de Obregón, San Salvador, Santiago de Anaya, Tetepango, Tezontepec de Aldama, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Tula de Allende; se presentan problemas en cuanto al cumplimiento de la normatividad mexicana, asimismo detectaron que 25 aprovechamientos se rebasa la norma en cuanto a coliformes totales y en 5 aprovechamientos en coliformes fecales.

Un muestreo realizado por el SGM en el Río Tula determinó que en dicho cuerpo de agua se presentan niveles de Hg que exceden el límite máximo establecido en la NOM-127-SSSA1-1994. Además en el estudio realizado por Lesser *et al*. (2011) reportan como resultado de algunos muestreos llevados a cabo en el río Salado y el río Tula, que diversos parámetros físico-químicos y la concentración de algunos metales pesados exceden los límites máximos establecidos en la norma en comento. En la **Tabla 2** se muestran los resultados de los análisis efectuados en los estudios mencionados.

[2] NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

[3] Gutiérrez S. A, y F. Silva. Sin fecha. Aplicación de un modelo hidrogeoquímico en el Valle del Mezquital, Hidalgo. CONAGUA.

Tabla 2. Contaminación de origen industrial emitida al agua en el Valle del Mezquital.

INDICADOR	C. ENDHO M-2	C.REQUENA M-2	RÍO TULA ACHICHILCO	C. ENTRADA AGUAS N. M-1	C. ENTRADA AGUA N. (RIO TULA)	RÍO SALADO	RÍO TULA
Ca	57.20	57.20	114.50	ND	ND	237.1	198.6
Mg	29.90	34.80	53.10	ND	ND	104.5	94.33
Na	179.36	224.44	84.35	ND	ND	785.6	653.7
K	31.05	37.02	19.82	ND	ND	144.6	111.8
Cl	128.90	250.50	163.40	ND	ND	126	92
SO_4	95.51	138.93	175.65	ND	ND	118.94	129.3
STD	ND	ND	676.00	ND	ND	653	572
HCO_3	469.30	352.40	324.70	ND	ND		
Al	ND	3.064	ND	1.677	0.352	6.899	3.894
As	ND	0.0762	ND	0.0224	ND	0	0
B	1.0630	1.4970	0.2420	2.1980	0.7640	3.996	3.026
Cd	ND	0.0021	ND	ND	ND	0	0
Cu	0.0129	0.1245	ND	0.0619	0.0258	0.1218	0.0998
Fe	0.135	2.307	0.019	1.230	0.303	3.878	2.387
F	1.535	1.586	0.731	2.009	1.237	0.585	1.206
PO_4	9.3869	20.8616	<0.2910	ND	ND	ND	ND
Mn	0.1406	0.1558	ND	0.1460	0.1370	0.7691	0.6381
Hg	ND	0.0008	ND	0.0003	ND	0.0028	0.0026
Pb	0.0214	0.0512	0.0315	0.0396	0.0273	0.00	0.00
SiO_2	5.62	8.23	8.24	9.07	6.60	ND	ND
Zn	0.0247	0.4665	ND	0.1802	0.0760	0.8607	0.4977

NOTA: Las celdas marcadas con amarillo representan los parámetros que exceden el límite máximo permisible señalado en la NOM-127-SSA1-1994, tomando en cuenta la modificación hecha en el año 2000. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos por Cabrera *et al*. (2003).

De acuerdo con datos del INEGI, en el Estado de Hidalgo once municipios concentran el 48% del total de los puntos de descarga de aguas residuales sin tratamiento en ríos y arroyos, dentro de estos se encuentran cuatro municipios de la región de estudio: Progreso de Obregón, Francisco I. Madero, Tasquillo e Ixmiquilpan ().

Tabla 2. Descarga de aguas residuales sin tratamiento en ríos y arroyos. Fuente: INEGI, 2013. Boletín de prensa num. 139/13 -10 de abril de 2013, Pachuca, Hgo. 9 Pág.

Municipios	Descargas en ríos y arroyos	% respecto al total (79) de descargas en ríos y arroyos	% de población respecto al total estatal
Progreso de Obregón	7	8.9	0.8
Francisco I. Madero	5	6.3	1.3
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero	4	5.1	1.3
San Felipe Orizatlán	4	5.1	1.5
Alfajayucan	3	3.8	0.7
Tasquillo	3	3.8	0.6
Tezontepec de Aldama	3	3.8	1.8
Zacualtipan de Ángeles	3	3.8	1.2
Tulancingo de Bravo	2	2.5	5.7
Ixmiquilpan	2	2.5	3.2
Mineral del Chico	2	2.5	0.3
TOTAL	38	48.1	18.4

II.1.6. **Contaminación del suelo por residuos sólidos y líquidos**

- Contaminación de suelos por aguas residuales

La región de estudio presenta dos principales agentes de contaminación del suelo, uno es el uso de aguas negras para el riego de cultivos y otro la disposición inadecuada de residuos sólidos municipales.

La contaminación del suelo por el uso de agua residual no es problema exclusivo de la región, de acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el 2003 México ocupaba el primer lugar en Latinoamérica en el uso de aguas residuales para riego de zonas agrícolas[4], situación que refleja un impulso en la política federal de dicha actividad. De acuerdo con Acosta (2007) en la Valle del Mezquital los suelos agrícolas tienen hasta 87 años siendo regados con aguas residuales, mientras que la mayoría de los suelos en la región Ixmiquilpan llevan siendo irrigados con aguas negras entre 9 y 74 años (**Tabla 3**), las cuales son administradas a través de los Distritos de Riego DR-03 y DR-100, catalogados como los distritos más importantes del Estado de Hidalgo.

Los suelos predominantes en dichos distritos de riego, tiene buena infiltración, permeabilidad variada y cuentan con buen drenaje interno, poseen la capacidad de retener elementos necesarios para el desarrollo de las plantas tales como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Manganeso (Mn). Sin embargo, estas condiciones que se manifiestan favorables para el establecimiento de cultivos, son las mismas que permiten que los suelos posean un nivel de vulnerabilidad considerable ante concentraciones altas de metales pesados.

Cuadro 3. Municipios de la región Ixmiquilpan con riego de aguas residuales.

MUNICIPIOS	TIPO DE AGUA	AÑOS DE RIEGO
Actopan	Residual	59-71
Francisco I. Madero	Residual	43
Progreso de Obregón	Residual	54
Mixquiahuala de Juárez	Residual	9-74

Fuente: Elaboración propia a partir de Acosta (2007)

Con base en los resultados de un estudio realizado por investigadores del Centro de Investigaciones de Estudios Avanzados del IPN y del Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en 2002 el agua residual utilizada para irrigar suelos agrícolas en el Distrito de Riego Tula (DR03) en la denominada zona I, ha mejorado el contenido de CO y nutrientes; pero la concentración de metales en el suelo

[4] CNA, 2003. Comisión Nacional del Agua. El uso de las aguas residuales en la agricultura de riego. Subgerencia de ingeniería, Riego y Drenaje. México pp 3-17.

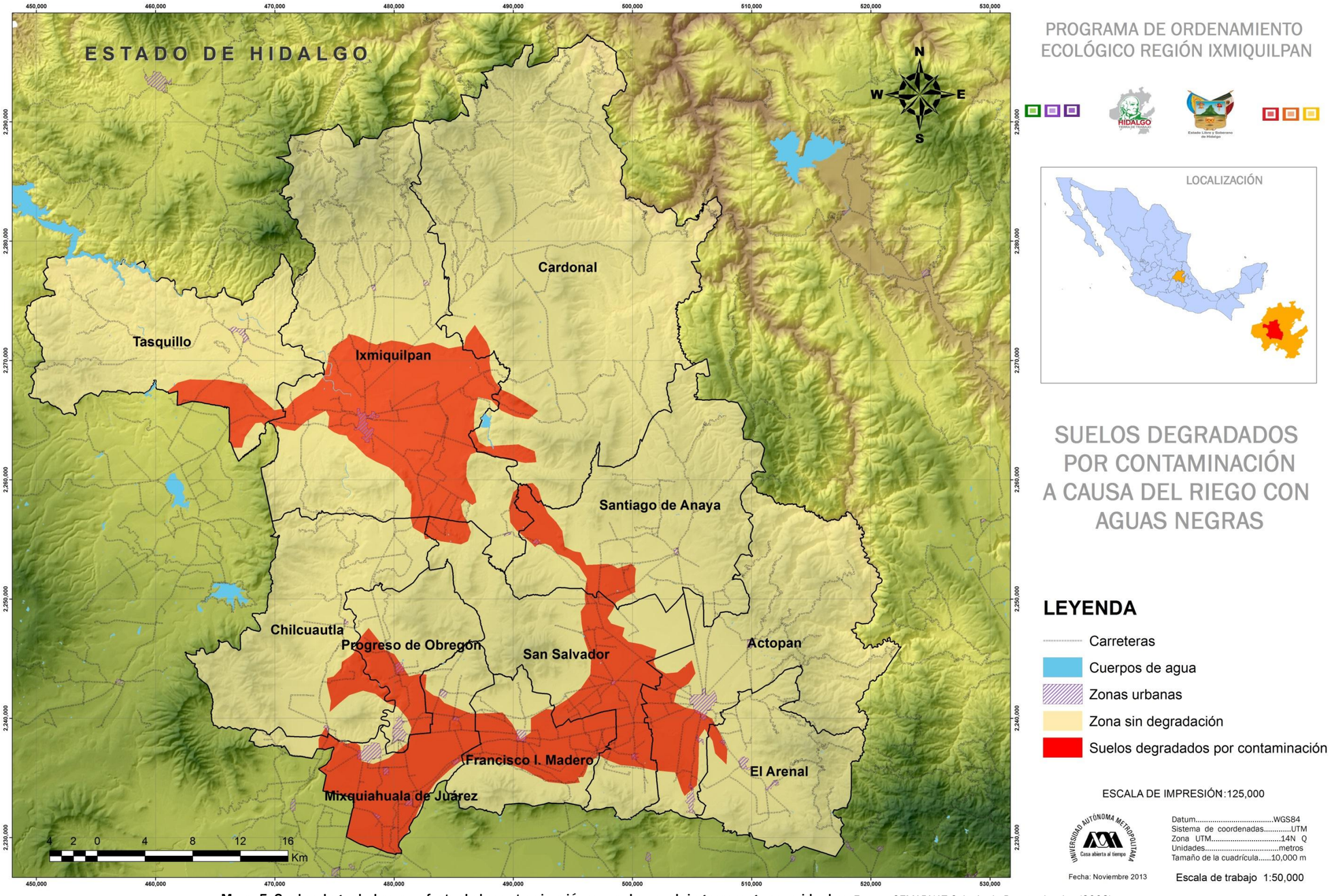
cambia la fitotoxicidad de las plantas debido a su capacidad de absorción (bioacumulación). (Bañuelos *et al* 1997). El Azufre (S4) presenta salinidad alta y la concentración de Cadmio (Cd), Cromo, (Cr) y Plomo (Pb) en todos los suelos sobrepasa los límites máximos permisibles de por lo menos de 3 países señalados en la propuesta de Kabata-Pendias, 1995, por lo que se pueden considerar a estos suelos como fitotóxicos para la agricultura. La actividad agrícola como tal también representa un agente de contaminación cuando se genera un manejo inadecuado de los fertilizantes, de acuerdo con Acosta (2007) el uso de fertilizantes de base sódica también contribuye a los niveles de contaminación del suelo causando su salinización.

De acuerdo con la cartografía de degradación de suelos ocasionada por el hombre, en región de Ixmiquilpan la degradación de suelos por efecto del riego con aguas negras manifiesta una extensión total de 49,410.85 Ha con una intensidad de ligera a moderada. En el **Mapa 5** se muestra la extensión de la degradación del suelo por contaminación a causa del riego con aguas negras.

- Contaminación de suelo por residuos sólidos

El desarrollo de las actividades cotidianas dentro de la sociedad se encuentra ligado con la generación permanente de desechos sólidos. Los residuos sólidos urbanos (RSU), más comúnmente denominados basura, son todos aquellos materiales provenientes de la actividad humana y que el ser humano desecha diariamente (Hernández et al 1999). Dentro de los procesos de descomposición de los residuos sólidos urbanos depositados en los sitios de disposición final se pueden distinguir tres procesos relevantes: descomposición aerobia, descomposición anaerobia y lixiviación. El factor principal que rige estos procesos es la percolación del agua pluvial a través de los residuos, tanto en rellenos sanitarios como en tiraderos a cielo abierto, ya que ambos están expuestos a absorber buena parte de la precipitación que incide sobre su superficie (Kiss, G et al 2006). Otro elemento contaminante producto de la descomposición de la basura son las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero como el Metano y el Dióxido de Carbono y gases tóxicos como el Benceno y Tricloroetileno.

De acuerdo con el INEGI, en seis municipios en los que reside casi la tercera parte de la población del Estado de Hidalgo se recoge el 53% de todos los residuos; Pachuca registra la mayor proporción, con 380 ton/día (20%), le siguen Tulancingo de Bravo con 152 ton/día (8%), Tula de Allende con 150 ton/día (8%), Tizayuca con 120 ton/día (6%) y Actopan con 100 ton/día (5%).



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

SUELOS DEGRADADOS POR CONTAMINACIÓN A CAUSA DEL RIEGO CON AGUAS NEGRAS

LEYENDA

- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas
- Zona sin degradación
- Suelos degradados por contaminación

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

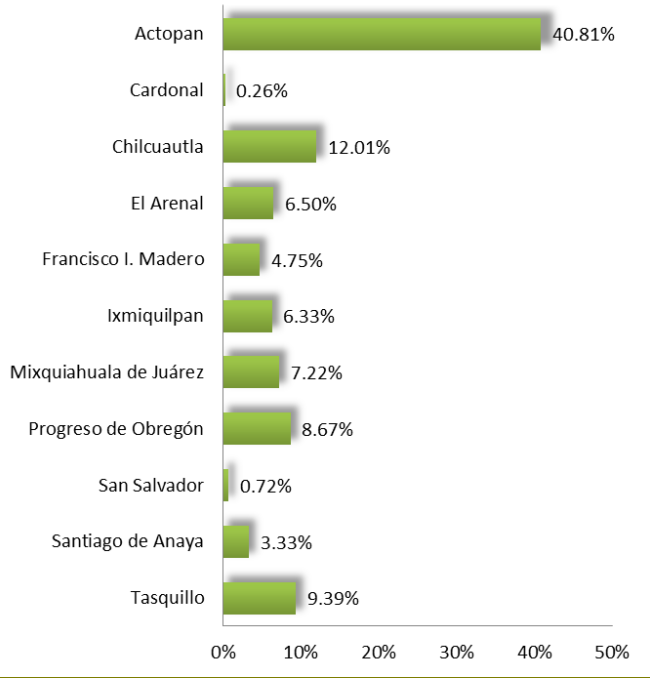
Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 5. Suelos degradados por efecto de la contaminación causada por el riego con aguas residuales. Fuente: SEMARNAT-Colegio de Postgraduados (2003).

En la **Figura 2** se presentan los volúmenes de basura recolectada en la región Ixmiquilpan durante el año 2009, donde destaca el municipio de Actopan con 20,622 toneladas de basura, las cuales representan poco más del 40% del total de residuos sólidos generados en toda la región de estudio.

Figura 2. Volumen de residuos sólidos generados en la región Ixmiquilpan. Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo, INEGI, 2010.

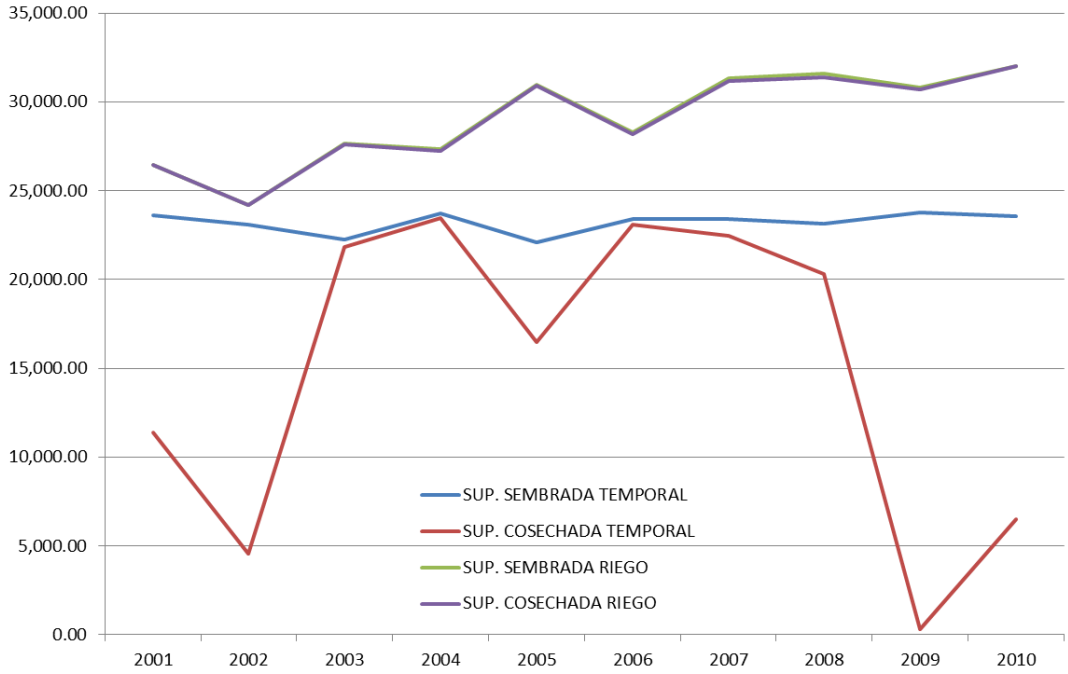
MUNICIPIO	VOLUMEN DE BASURA RECOLECTADA (TONELADAS)	PORCENTAJE REGIONAL (%)
Actopan	20,622	40.81
Cardonal	133	0.26
Chilcuautla	6,068	12.01
El Arenal	3,285	6.5
Francisco I. Madero	2,398	4.75
Ixmiquilpan	3,197	6.33
Mixquiahuala de Juárez	3,650	7.22
Progreso de Obregón	4,380	8.67
San Salvador	365	0.72
Santiago de Anaya	1,685	3.33
Tasquillo	4,745	9.39



II.2 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y EFECTOS DEL DETERIORO

En la región Ixmiquilpan se presentan diversos agentes de deterioro que se encuentran directamente relacionados con las principales actividades económicas de la región, destacando en este sentido las actividades agrícolas y pecuarias.

De acuerdo con estadísticas de la SAGARPA el sector agrícola ha sufrido un ligero crecimiento en los últimos 10 años (**Gráfica 5**). A pesar de ello, dicho crecimiento no siempre ha sido favorable para las condiciones que se presentan en la región, sobre todo cuando se analizan las condiciones de producción de la agricultura de temporal, la cual es una actividad que se lleva a cabo en terrenos con diferentes características, que no siempre favorecen el desarrollo de los cultivos.



Gráfica 5. Tendencia de la superficie sembrada y cosechada para la agricultura de riego y temporal en la Región Ixmiquilpan (hectáreas). Fuente: SAGARPA, 2011.

A pesar del ligero aumento de la superficie agrícola sembrada, los rendimientos medios anuales han manifestado una disminución considerable en los últimos tres años de registro, sobre todo en la agricultura de temporal, ya que en el 2009 fueron sembradas 23,750 Ha de las cuales sólo fueron cosechadas 302 Ha, el equivalente al 1.27% de la superficie sembrada; y es precisamente en las zonas agrícolas de temporal donde los suelos presentan condiciones de erosión que van desde pequeñas pérdidas de suelo, hasta la presencia de erosión laminar y ampliación de barrancas. Cuando las superficies cultivadas en sistemas de temporal no alcanzan los niveles de producción esperados debido a la

sequía, los suelos quedan expuestos a procesos erosión eólica, siendo una de las principales causas de erosión en la región.

Por otra parte la agricultura de riego presenta un incremento anual considerable, lo cual se traduce en incrementos en la producción agrícola, sin embargo esta dinámica tiene consecuencias ambientales y sanitarias, ya que el incremento de la superficie de riego implica un aumento en el uso de agua residual, acción que ha generado indicios de contaminación en suelos y el acuífero de acuerdo con los datos reportados en apartados anteriores, así mismo el incremento del riego con aguas residuales está estrechamente relacionado con la presencia de enfermedades diarreicas e infecciones amebianas, sobre todo cuando se tiene una mayor exposición (Cifuentes *et al*. 1993).

Las actividades ganaderas de la región representan al igual que la agricultura de temporal un agente de degradación que incide directamente en las condiciones naturales del suelo, sobre todo cuando existe sobrepastoreo en los sistemas de producción extensiva de ganado bovino y caprino. La presión de esta actividad ha variado en los últimos años, de acuerdo con la SAGARPA la producción de ganado caprino mostró una disminución en el periodo 2006-2009, mientras que la producción del ganado bovino mostró un ligero incremento en todos los municipios de la región. Con el incremento de la producción de ganado bovino en sistemas extensivos el riesgo de degradación de tierras por sobrepastoreo aumenta, sin embargo este tipo de ganado representa menor presión que el ganado caprino, cuyos hábitos de consumo de alimento disminuyen la capacidad de propagación de la vegetación que sirve como agostadero.

Por otra parte la industria de la extracción de materiales pétreos así como la extracción de materiales para la construcción, tienen una importante presencia en la región, siendo el municipio de Cardonal el que cuenta con el mayor número de sitios de extracción y caleras, los cuales son generadores de partículas suspendidas y tienen una alta influencia en los niveles de PM_{10} registrados en la región.

En la **Cuadro 4** se presenta de manera concreta las causas y efectos del deterioro ambiental presente en la región Ixmiquilpan, indicando sector que impacta y el sector impactado.

Cuadro 4. Causas y efectos del deterioro en la región Ixmiquilpan.

SECTOR	PROBLEMA AMBIENTAL	CAUSA	EFECTO	SECTOR IMPACTADO
Agricultura de temporal	Disminución de la cobertura vegetal natural	Disminución de la producción agrícola por siembra en terrenos no aptos	Erosión del suelo	Conservación, Turismo, Forestal y Ganadero
Agricultura de riego	Contaminación de suelos y legumbres	Riego con aguas negras	Daños a la salud y deterioro de la calidad del suelo	Ganadero y Urbano
Ganadero	Reducción de	Sobrepastoreo	Compactación y	Conservación

SECTOR	PROBLEMA AMBIENTAL	CAUSA	EFECTO	SECTOR IMPACTADO
	cobertura vegetal		erosión del suelo	
	Contaminación del aire	Rastros y granjas porcícolas cercanas a centros urbanos	Contaminación por olores	Turismo y Urbano
Industria extracción de material pétreo	Aumento de sólidos suspendidos	Extracción de material pétreo	Disminución de la calidad del aire	Urbano, Agrícola, Turismo y Ganadero
Desarrollo urbano	Modificación del paisaje	Cambio de uso de suelo	Incremento en la demanda de servicios y contaminación del agua y suelo	Agrícola, Ganadero y Conservación

Fuente: Elaboración propia a partir de la información presentada en apartados anteriores.

II.3 UBICACIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES, ESTATALES Y MUNICIPALES, ASÍ COMO AQUELLAS DEFINIDAS INSTITUCIONALMENTE

II.3.1. Áreas naturales protegidas de competencia federal

Las áreas naturales protegidas de competencia federal en el Estado de Hidalgo cubren 131,522.57 Ha y representan el 21.41% de la superficie prioritaria de conservación y el 6.29% del total estatal. De esta superficie el 19.75% corresponde a tres Parques Nacionales: Los Mármoles, El Chico, y Tula[5], cuya vegetación se compone fundamentalmente de bosques de coníferas y Encino de acuerdo al consejo Estatal de Ecología de Hidalgo; así como de zonas dedicadas a la agricultura de temporal para el primero; Bosque de Oyamel, Tascate y Encino además de algunas zonas agrícolas para el segundo y de agricultura de riego de ciclo anual semipermanente en el caso del Parque Nacional Tula[6], dicha actividad agrícola es debida a su cercanía con el distrito de riego 003 Tula que se ubica en la porción suroeste del estado y se abastece de los ríos San Luis, Tepeji, El Salto y Tula; así como de los volúmenes almacenados por las presas Taxhimay, del estado de México, Requena y Endhó, del Estado de Hidalgo.

El 73.02% de la superficie estatal decretada como área natural protegida corresponde a la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán que tiene una vegetación de matorral xerófilo y submontano según datos del Consejo Estatal de Ecología del estado, así como zonas agrícolas en la mayor parte de su territorio de acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación Serie IV de INEGI. El restante 7.23% de las áreas naturales protegidas en el estado de Hidalgo corresponde a un Área de Protección de Recursos Naturales, con categoría internacional de Sitio RAMSAR de acuerdo a la Convención de Humedales (Cuenca hidrográfica del Río Necaxa), con vegetación de Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de Encino, Bosque de Pino y vegetación inducida, que se comparte con el Estado de Puebla. (**Cuadro 5**)

Cuadro 5. Parques Nacionales presentes en el Estado de Hidalgo. En la Región Ixmiquilpan no hay ANP federal.

NOMBRE	CATEGORÍA	FECHA DE DECRETO	SUPERFICIE (Ha)	MUNICIPIOS QUE ABARCA	VEGETACIÓN
Los Mármoles	Parque Nacional	8 de Septiembre de 1936	23,150	• Pacula • Jacala de Ledezma • Zimapán • Nicolás Flores	Bosque de Encino-Pino Bosque de Encino Bosque de Pino-Encino Bosque de Pino Bosque de Juníperus
Tula	Parque Nacional	27 de Mayo de 1981	99.5	• Tula de Allende	Matorral xerófilo
El Chico	Parque	6 de Julio	2,739.02	• Mineral del Chico	Bosque de Oyamel

[5] Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo (http://coedeh.hidalgo.gob.mx/anp)
[6] INEGI, 2009. Carta de uso de suelo y vegetación, Serie IV. Escala 1:250,000.

NOMBRE	CATEGORÍA	FECHA DE DECRETO	SUPERFICIE (Ha)	MUNICIPIOS QUE ABARCA	VEGETACIÓN
	Nacional	de 1982		• Pachuca • Real del Monte	Bosque de Oyamel-Encino Bosque de Pino Bosque de Pino- Encino Bosque de Cupressus Bosque de Encino Bosque de Juniperus Pastizal
Barranca de Metztitlán	Reserva de la Biósfera	27 de Noviembre de 2000 1° de Agosto de 2003	96,042.90	• Acatlán • Atotonilco el Grande • El Oxochitlán • Huasca de Ocampo • Metztitlán • San Agustín • Metztquititlán • Metepec • Zacualtipán de Ángeles	Bosque de Pino-Encino Bosque de Encino Bosque de Juniperus Matorral Crassicaule Matorral Submontano Bosque Caducifolio
Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	Zona protectora forestal vedada	20 de Octubre de 1938	9,491	• Acaxochitlan • Cautepec de Hinojosa	Bosque Mesófilo de montaña Bosque de Encino Bosque de Pino

Fuente: Consejo Estatal de Ecología del Gobierno del Estado de Hidalgo en su página de internet: http://coedeh.hidalgo.gob.mx/anp

II.3.2. **Áreas naturales protegidas de competencia estatal y municipal**

En el Estado de Hidalgo las áreas naturales protegidas de competencia estatal y municipal suman 30, las cuales cubren una superficie de 8040.27 Ha, representando el 1.31% de la superficie prioritaria de conservación en la entidad. De esta superficie el 12.15% corresponde a áreas naturales protegidas de competencia estatal y el resto 87.85% de competencia municipal[7]. En el área de estudio sólo se registra un área natural protegida que corresponden a la denominada Cerro del Ángel que ocupa una superficie de 769.47 Ha, decretada en 2013 y que se ubica en el municipio Francisco I. Madreo de la Región Ixmiquilpan y Ajacuba de la Región Tula-Tepeji, con 504.73 ha y 264.74 ha respectivamente (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. Áreas Naturales Protegidas de Competencia Estatal.

NOMBRE	SUPERFICIE (Ha)	MUNICIPIOS QUE ABARCA	REGIÓN	SUPERFICIE EN EL MUNICIPIO (Ha)
Cerro del Ángel	769.47	Francisco I. Madero	Ixmiquilpan	504.73

[7] Gobierno del Estado de Hidalgo. Consejo Estatal de Ecología (http://coedeh.hidalgo.gob.mx/anp).

NOMBRE	SUPERFICIE (Ha)	MUNICIPIOS QUE ABARCA	REGIÓN	SUPERFICIE EN EL MUNICIPIO (Ha)
		Ajacuba	Tula-Tepeji	264.74

Fuente: Consejo Estatal de Ecología del Gobierno del Estado de Hidalgo en su página de internet: http://coedeh.hidalgo.gob.mx/anp

II.3.2.1. Cerro del Ángel

Cerro del Ángel, pertenece a los municipios Francisco I. Madero y Ajacuba. Cuenta con una superficie de 769.47 Ha de las cuales 504.73 Ha se ubican en el municipio Francisco I. Madero. La tenencia de la tierra es ejidal, comunal y particular. De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación Serie IV de INEGI el uso de suelo es agrícola, bosque y matorral (Matorral Crasicaule, vegetación secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule, vegetación secundaria arbórea de Bosque de Encino y agricultura de temporal de ciclo anual)

El Matorral Crasícaule corresponde a asociaciones de *Prosopis juliflora* y *Myrtillocactus geometrizans* y de *Parthenium incanum* y *Croton morifolius*, las especies dominantes son *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia streptacantha*, *Prosopis juliflora* y en algunos casos *Lemaireocereus dumortieri*. Como dominante fisonómico ocasional se presenta *Yucca filifera*.

El bosque de encino dominan especies arbóreas del género *Quercus,* está constituido por *Quercus crassipes*, *Q. crassifolia*, *Q. rugosa* qué son los dominantes, acompañados por *Pinus teocote*, *P. montezumae* y *P. cembroides*.

II.3.3. **Regiones hidrológicas prioritarias**

Una porción de la RHP 75 “Confluencia de las Huastecas” cuya superficie total es de 2’740,485 Ha se ubica dentro de la Región Ixmiquilpan, al norte de los municipios Ixmiquilpan y Cardonal con una superficie de 4,327.26 Ha 6,577.05 ha respectivamente. De acuerdo al compendio de estadísticas ambientales 2010[8] posee una alta biodiversidad y se presentan amenazas para la misma.

Actividad económica principal: cultivo de cítricos, caña de azúcar, café, ganadería, agricultura de subsistencia, de temporal y de riego, silvicultura

Los tipos de vegetación son bosques de pino-encino, de pino, de encino, mesófilo de montaña, selva alta y mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, pastizal cultivado, inducido y natural, comunidades algales (litorales epilíticos), vegetación riparia. Alta diversidad de hábitats: lagos, reservorios, ríos, arroyos, cavernas y ríos subterráneos; así

[8] SEMARNAT “Compendio de estadísticas ambientales Sistema Nacional de Información Ambiental y recursos Naturales 2010” de su sitio de internet: www.semarnat.gob.mx/informaciónambiental.

como de invertebrados, anfibios, algas y plantas vasculares. Flora característica: *Acacia farnesiana*, *Adiantum tricholepsis*, *Bromelia pinguin*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Chamaedorea radicalis*, *Croton ciliatoglandulifer*, *C. niveus*, *Guazuma ulmifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Lantana camara*, *Lysiloma divaricata*, *L. microphylla*, *Mirandaceltis monoica*, *Pinus patula*, *Quercus oleoides*, *Sabal mexicana*, *Setaria geniculata*, turberas de *Sphagnum, Wimmeria concolor*, *Zanthoxylum fagara*. Fauna característica: de peces *Algansea tincella*, *Astyanax jordani*, *A. mexicanus*, *Ataeniobius toweri*, *Awaous tajasica*, *Cichlasoma steindachneri*, *Cyprinella lutrensis*, *Dorosoma petenense*, *Eleotris abacurus*, *E. pisonis*, *Fundulus grandis*, *Gambusia affinis*, *G. panuco*, *G. rachowi*, *G. regani*, *G. vittata*, *Gobionellus atripinnis*, *G. boleosoma*, *Heterandria bimaculata*, *H. jonesi*, *Ictalurus australis*, *I. furcatus*, *I. punctatus*, *Ictiobus bubalus*, *I. labiosus*, *Ophisternon aenigmaticum*, *Poecilia formosa*, *P. latipinna*, *P. mexicana*, *Poeciliopsis gracilis*, *Pylodictis olivaris*, *Xenoophorus captivus*, *Xenotoca variata*, *Xiphophorus birchmanni*, *X. continens*, *X. cortezi*, *X. malinche*, *X. montezumae*, *X. multilineatus*, *X. nezahualcoyotl*, *X. nigrensis*, X. *pygmaeus*, *X. variatus*; de aves el loro de frente roja *Amazona autumnalis*, *A. viridigenalis*, *Crax rubra*, *Dendrortyx barbatus*, *Penelope purpurascens*; de mamíferos *Chaetodipus lineatus*, *Dipodomys nelsoni*, *Neotoma goldmani*, *Odocoileus virginianus*, *Peromyscus furvus*, *P. melanophrys*, *Corynorhinus mexicanus*, *Rhogeessa alleni*, *Sciurus alleni*, *Sylvilagus floridanus*, *Pecari tajacu*. Especies endémicas de crustáceos *Palaemonetes mexicanus*, *Procambarus* (*Ortmannicus*) *acutus cuevachicae*, *Procambarus* (*Ortmannicus*) *ortmanii*, *Procambarus* (Ortmannicus) *villalobosi*, *Procambarus* (*Ortmannicus*) *xilitlae*, *Procambarus* (*Scapullicambarus*) *strenthi*, *Troglomexicanus huastecae*, *T. perezfarfantae* y T. *Tamaulipenses*; de peces *Cichlasoma bartoni*, *C. cyanoguttatum*, *C. labridens*, *Cualac tessellatus*, *Dionda catostomops*, *D. dichroma*, *D. erimyzonops*, *D. ipni*, *D. mandibularis*, D. *rasconis*, *Heterandria sp.*, *Ictalurus mexicanus*, *Notropis calientis*, *N. sallei*, *N. tropicus*, *Poecilia latipunctata*; de aves *Atlapetes pileatus*, *Atthis heloisa*, *Campylorhynchus gularis*, *C. megalopterus,* el cuervito mexicano *Corvus imparatus*, *Cyanolyca nana*, *Dendrortyx barbatus*, *Melanotis caerulescens*, *Rhodothraupis celaeno*. Especies amenazadas: de plantas *Beaucarnea inermis*, *Brahea dulcis*, *Ceratozamia kuesteriana*, *Chamaedorea radicalis*, *Cupressus benthamii, Dion edule, Diospyros riojae, Encyclia mariae, E. cochleata, Harpalyce arborescens, Isochilus unilateralis, Lycaste aromatica, Stanhopea tigrina, Taxus globosa, Tillandsia ionantha y Zamia fischeri;* de *peces Ataeniobius toweri, Cyprinodon eximius, Dionda dichroma, Gambusia affinis, Goodea gracilis, Ictalurus australis, I. mexicanus*; de reptiles víbora de cascabel *Crotalus molossus*; de aves el loro de cabeza roja *Amazona viridigenalis*, la guacamaya verde *Ara militaris*, la garza morena A*rdea herodias, Atlapetes pileatus, Aulacorhynchus prasinus, Crax rubra, Cyanolyca nana, Dactylortyx thoracicus, Dendrortyx barbatus, Penelope purpurascens, Pionus senilis*; de mamíferos los murciélagos *Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris curasoae yerbabuenae*, la musaraña *Cryptotis mexicana*, la tusa *Dipodomys phillipsii*, el yaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, el metoro *Microtus quasiater*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor*, la ardilla *Sciurus oculatus*. Especies indicadoras: El alga cianofita *Nostoc mucorum* indicadora de altas concentraciones de manganeso, los hílidos indicadores de calidad del agua. En S.L.P. la influencia de aguas termales se refleja en la presencia de algas indicadoras de aguas limpias *Dichotomosyphon tuberosum* (cianofita) y la especie endémica *Basicladia sp*. Se ha encontrado *Cladophora sterrocladia*

como único reporte para América. Último sitio de anidación y refugio de la única colonia remanente de guacamayas verdes *Ara militaris* en el Estado de Querétaro.

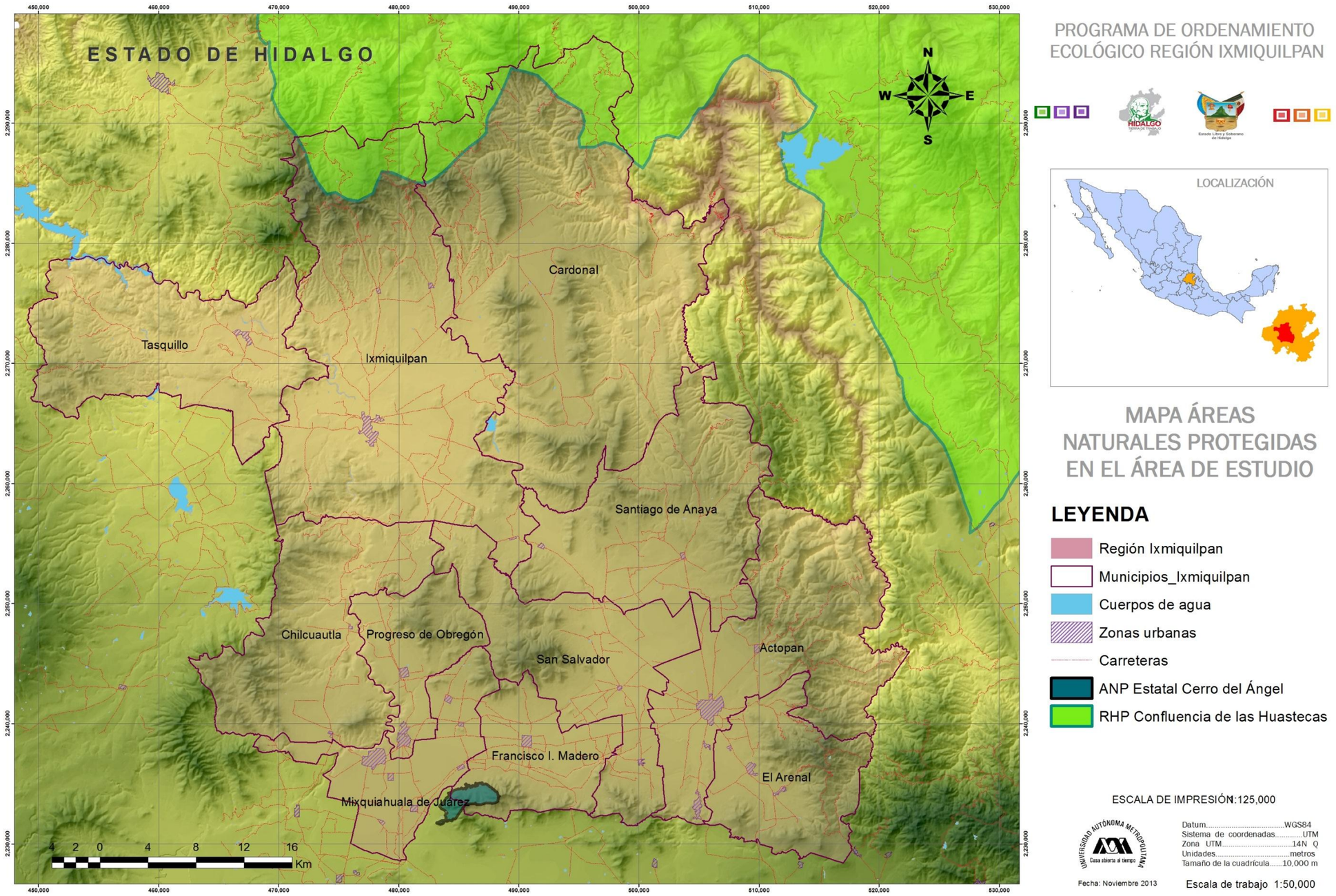
Aspectos económicos: actividad cementera y minera (gran extracción y yacimientos de manganeso), ganadera (ganado ovino, bovino, porcino y caprino), silvicultura (pino, oyamel y encino) y turística. Pesquería de crustáceos *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*, *Macrobrachium acanthurus* y *M. carcinus*.

La problemática que presenta esta RHP es la modificación del entorno: las zonas bien conservadas son de difícil acceso. Hay tala inmoderada y sobreexplotación del manto freático por la fábrica de refrescos Pepsi. Contaminación: por manganeso, mercurio, coliformes, derivados del beneficio del café (alta DBO). Uso de recursos: hay sobreexplotación de acuíferos que limitan la recarga de mantos freáticos para el abastecimiento de agua industrial, urbana y presas. Algunos manejos inadecuados por parte de ingenios azucareros. Reforestación con especies exóticas de *Eucalyptus spp*. Cacería furtiva. Actividades asociadas a la minería y yacimientos de petroleros.

Se requiere controlar al ecoturismo y a la embotelladora Pepsi. Se recomienda la conservación de las zonas que todavía no han sido alteradas. Falta conocimiento limnológico y concretar las prioridades y necesidades de la zona. Comprende la Reserva de la Biosfera Sierra de Abra Tanchipa y el Parque Nacional Sierra de los Mármoles[9].

En el **Mapa 6** se presentan las áreas naturales protegidas presentes en la Región Ixmiquilpan.

[9] CONABIO “Regiones hidrológicas prioritarias” (www.conabio.gob.mx/regionalizacion).



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN

MAPA ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

LEYENDA

- Región Ixmiquilpan
- Municipios_Ixmiquilpan
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas
- Carreteras
- ANP Estatal Cerro del Ángel
- RHP Confluencia de las Huastecas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

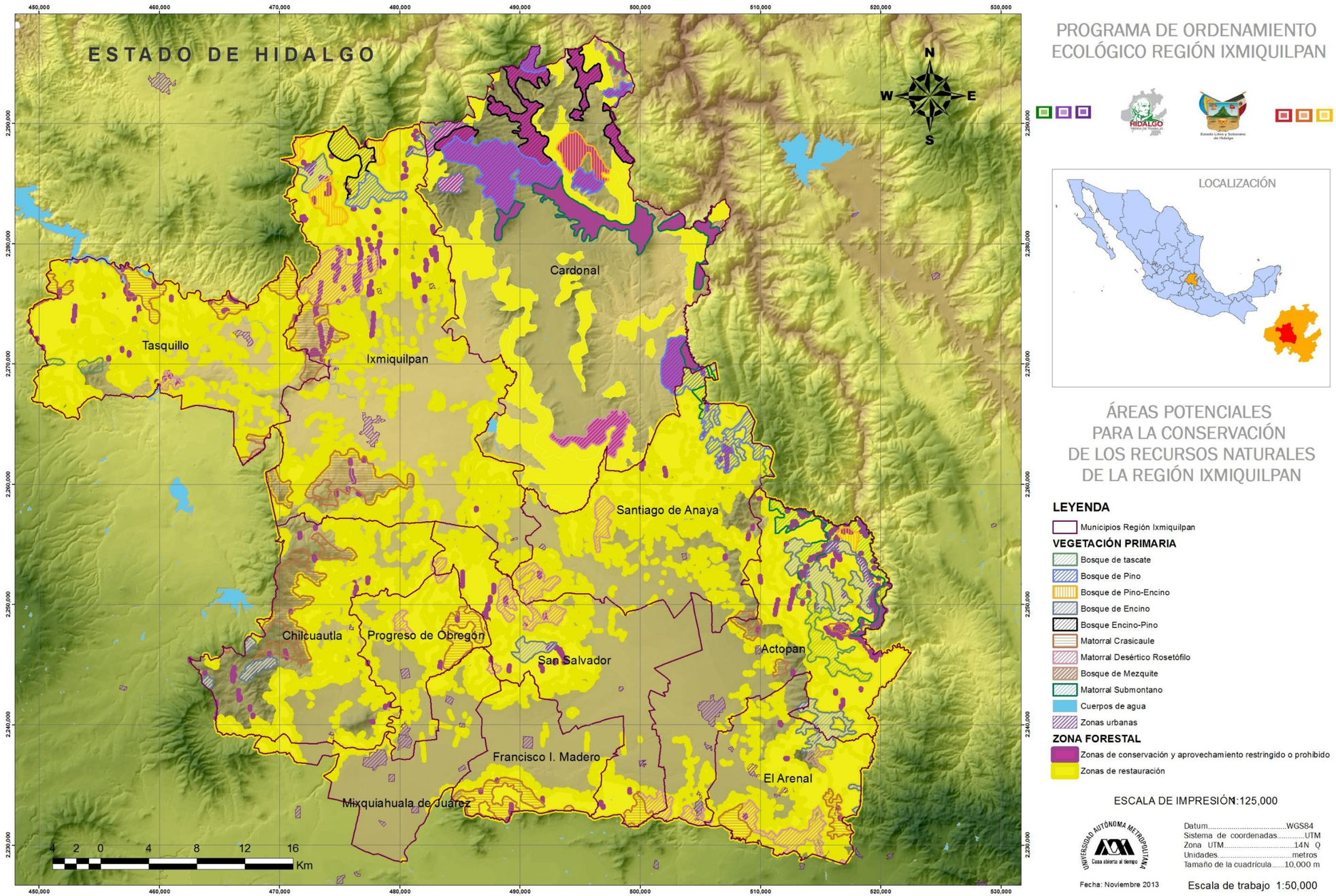
Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 6. Áreas Naturales Protegidas y Regiones Hidrológicas Prioritarias presentes en la Región Ixmiquilpan. Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía de la CONANP.

II.4 IDENTIFICACIÓN DE OTRAS ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD

Debido a la alteración de las condiciones ambientales presentes en la Región Ixmiquilpan, es difícil encontrar muestreos biológicos con un tamaño de muestra adecuado para el cálculo de índices de riqueza o diversidad que permitan obtener parámetros cuantitativos de la importancia biológica de la región para determinación de otras zonas prioritarias para la conservación. Sin embargo para la identificación de otras zonas de interés para la conservación y mantenimiento de ecosistemas prioritarios se realizó una revisión de la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV del INEGI y se determinó que las zonas que las zonas que se deben conservar son aquellas que presentan vegetación primaria, ya que en estas se tienes representados los ecosistemas de la región.

Asimismo de acuerdo con la Zonificación forestal presentada en el Estudio Regional Forestal de la Unidad de Manejo Forestal "Valle de Mezquital" Y "Jacal-Tlahuiltepa" se realizó una zonificación forestal basada en los estándares de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) donde se identifican, agrupan y ordenan los terrenos forestales dentro de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrológico-forestales, por funciones y subfunciones biológicas, ambientales, socioeconómicas, recreativas protectoras y restauradoras, con fines de manejo y con el objeto de propiciar una mejor administración y contribuir al desarrollo forestal sustentable. Como resultado la cobertura final correspondiente a la zonificación forestal cuyas categorías son: Zonas no forestales, Zonas de producción, Zonas de restauración y Zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido; las dos últimas son las zonas de interés que sirven para identificar a las áreas de conservación. En el **Mapa 7** se presentan las áreas identificadas.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN

ÁREAS POTENCIALES PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN IXMIQUILPAN

LEYENDA

- Municipios Región Ixmiquilpan

VEGETACIÓN PRIMARIA

- Bosque de tascate
- Bosque de Pino
- Bosque de Pino-Encino
- Bosque de Encino
- Bosque Encino-Pino
- Matorral Crasicaule
- Matorral Desértico Rosetófilo
- Bosque de Mezquite
- Matorral Submontano
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ZONA FORESTAL

- Zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido
- Zonas de restauración

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 7. Otras áreas prioritarias para la conservación. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la fase de caracterización y los ordenamientos anteriores así como la zonificación forestal de la UMAFOR 1304 Valle del Mezquital.

II.5 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES

El concepto de bienes y servicios ambientales, está definido en la fracción VII del Artículo 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (ROE) como "Las Estructuras y procesos naturales necesarios para el mantenimiento de la calidad ambiental y la realización de las actividades humanas".

De acuerdo a Constanza *et al*. (1997), las funciones de los ecosistemas se refieren indistintamente a los hábitats, a sus propiedades biológicas y como sistema, denominados también procesos de ecosistemas. Por lo tanto los bienes y servicios representan los beneficios de las poblaciones humanas derivados, directa o indirectamente, de las funciones del ecosistema.

La calidad de los bienes y servicios ambientales dentro del área de estudio es muy baja, ya que prácticamente han desaparecido los componentes primarios en gran parte de su extensión. Existen además problemas de contaminación ambiental, pues la presencia de grandes volúmenes de aguas residuales que provienen de la Ciudad de México ha generado problemas de contaminación de los acuíferos de la zona. Debido a esta situación se considera prioritaria la protección de los acuíferos que se encuentran en el área de estudio, por este motivo se prepara una estrategia de protección a éstos en el modelo que resulte para la misma

II.5.1. **Captura de carbono**

De acuerdo al Estudio Regional Forestal para el Valle del Mezquital, Hgo. elaborado por la asociación de Silvicultores de la Región del Valle del Mezquital en 2010 la experiencia actualmente en cuanto a esta actividad es nula, debido a que falta práctica en el desarrollo de proyectos sobre almacenamiento y captura de carbono en los ecosistemas existentes, aunado al hecho de que los productores desconocen opciones sobre la creación y el mercado potencial para ofertar estos servicios, aunque desde 2004 existe el Programa PSA-CABSA, implementado por la Comisión Nacional Forestal, no se han tenido los resultados esperados por la misma dependencia.

Existe un gran potencial para proyectos de captura de carbono, particularmente para proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), los cuales pueden establecerse en superficie sin vegetación para la creación de nuevos sumideros de carbono.

Para llevar a cabo la identificación de zonas prioritarias para el mantenimiento de bienes y servicios ambientales se llevó a cabo la elaboración del mapa de fijación de Carbono en la zona de estudio, utilizando para ello las densidades del carbono propuestas por Ordoñez (2004) que se muestran en la **Tabla 4** para reclasificar el uso del suelo y la vegetación actual.

Tabla 4. Índices de Carbono por uso de suelo y vegetación.

COBERTURA/USO DEL SUELO	CARBONO TOTAL Mg C/HA	CARBONO EN VEGETACIÓN Mg C /HA	CARBONO EN SUELO Mg C/HA
Bosques sin Manejo			
Bosque de coníferas	257	118	120
Bosque de hojosas	236	105	126
Selva perenne	305	186	115
Selva deciduas	154	54	100
Vegetación semi-árida	80	19	60
Bosques degradados	122	42	81
Plantaciones			
De larga rotación	191	78	108
De corta rotación	154	42	96
Plantaciones de restauración	180	89	84
Plantaciones energéticas	281	42	96
Bosques manejados			
Bosque de coníferas	234	118	120
Selva perenne	309	180	115
Bosques protegidos			
Templado	240	134	123
Selva perenne	305	223	115
Selva deciduas	154	64	100
Humedales	282	223	115
Vegetación semi-árida	97	49	60
Otros usos			
Agricultura	89	9	81
Pastizales	95	16	81
Agroforestería	159	63	97

Fuente: Ordoñez (2004) y Masera *et al.* (2001).

A cada ecosistema se le atribuyó un valor del potencial de contenido y captura de carbono en toneladas (Ton) de carbono por hectárea de acuerdo a los valores señalados en el trabajo mencionado; a aquellos ecosistemas no mencionados en el trabajo se les asignaron los valores del ecosistema más semejante en estructura y composición

Con el valor de carbono total (Ton/Ha) se realizó el cálculo de captura de carbono para la superficie del área en estudio que se presenta en la **Tabla 5** de acuerdo al uso de suelo y vegetación presentes en la carta de uso de suelo y vegetación serie IV elaborada por INEGI.

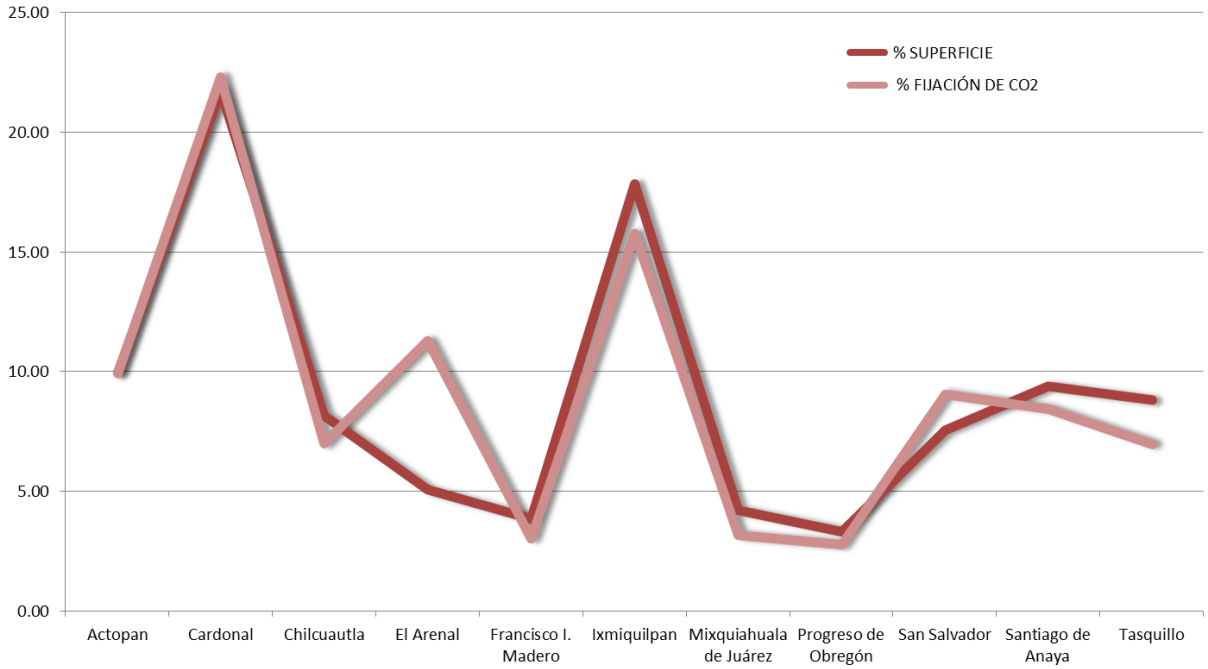
Tabla 5. Carbono capturado de acuerdo al tipo de vegetación presente en el área en estudio.

USO DE SUELO/ VEGETACIÓN REGIÓN IXMIQUILPAN	CLAVE	ÍNDICE DE CAPTURA DE CARBONO (Ton/Ha)	SUPERFICIE (Ha)	CARBONO CAPTURADO (Ton/Ha)
Asentamientos humanos	AH	0	119.01	0.00
Bosque de Tascate	BJ	236	1,719.50	405,802.92
Bosque de Pino	BP	257	6,273.41	1,612,265.80
Bosque de Pino-Encino	BPQ	257	2,068.63	531,638.89
Bosque de Encino	BQ	236	4,872.39	1,149,884.84
Bosque de Encino-Pino	BQP	236	3,663.04	864,477.83
Cuerpo de agua	H2O	0	132.08	0.00
Matorral crasicaule	MC	97	11,777.01	1,142,370.32
Matorral desértico rosetófilo	MDR	97	6,744.22	654,189.35
Bosque de Mezquite	MK	236	157.74	37,225.71
Matorral submonatano	MSM	97	5,038.53	488,737.71
Pastizal inducido	PI	95	28,885.72	2,744,143.82
Agricultura de riego de ciclo anual	RA	89	3,141.59	279,601.47
Agricultura de riego de ciclo anual semipermanente	RAS	89	59,988.28	5,338,956.49
Agricultura de riego de ciclo semipermanente	RS	89	1,412.85	125,743.76
Agricultura de riego de ciclo semipermanente permanente	RSP	89	35.11	3,124.38
Agricultura de temporal de ciclo anual	TA	89	48,532.42	4,319,385.68
Agricultura de temporal de ciclo anual permanente	TAP	89	16,681.00	1,484,608.89
Agricultura de temporal de ciclo anual semipermanente	TAS	89	165.04	14,688.24
Vegetación secundaria arbustiva derivada de bosque de tascate	VSa/BJ	122	12,839.15	1,566,376.22
Vegetación secundaria arbustiva derivada de bosque de pino	VSa/BP	122	272.53	33,248.19
Vegetación secundaria arbustiva derivada de bosque de pino-encino	VSa/BPQ	122	1,045.07	127,498.64
Vegetación secundaria arbustiva derivada de bosque de encino	VSa/BQ	122	17,238.37	2,103,081.34

USO DE SUELO/ VEGETACIÓN REGIÓN IXMIQUILPAN	CLAVE	ÍNDICE DE CAPTURA DE CARBONO (Ton/Ha)	SUPERFICIE (Ha)	CARBONO CAPTURADO (Ton/Ha)
Vegetación secundaria arbustiva derivada de bosque encino-pino	VSa/BQP	122	1,718.98	209,715.68
Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral crasicaule	VSa/MC	80	19,038.40	1,523,072.16
Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral desértico micrófilo	VSa/MDM	80	2,472.25	197,780.02
Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral desértico rosetófilo	VSa/MDR	80	8,967.58	717,406.56
Vegetación secundaria arbustiva derivada de bosque de mezquite	VSa/MK	122	163.79	19,982.68
Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral submontano	VSa/MSM	80	305.87	24,469.67
Vegetación secundaria herbácea derivada de tascate	VSh/BJ	95	1,229.80	116,831.12
Vegetación secundaria herbácea derivada de bosque de encino-pino	VSh/BQP	95	2,547.84	242,044.53
Vegetación secundaria herbácea derivada de matorral crasicaule	VSh/MC	70	430.27	30,119.10
Zona urbana	ZU	0	2,622.42	0.00

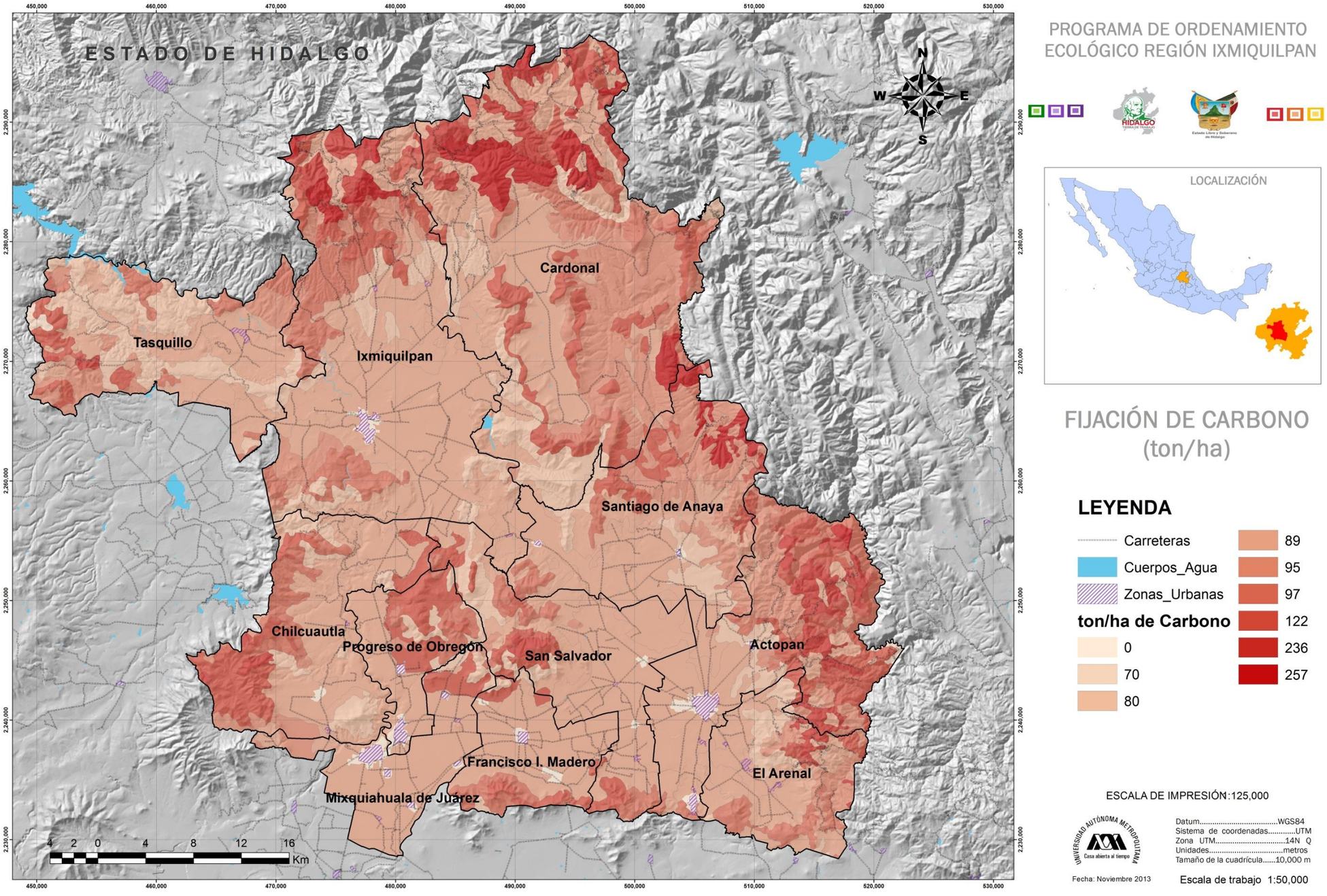
Fuente: Elaboración propia en base a la carta de uso de suelo y vegetación Serie IV de INEGI y al índice de captura de Carbono (Ordoñez, 2004).

El **Mapa 8** representa la captura de carbono para la región de Ixmiquilpan con base al uso de suelo y la vegetación presentes empleando la clasificación de INEGI en la carta de uso de suelo y vegetación Serie IV y los valores de captura propuestos por Ordoñez (2004). De acuerdo a dicho mapa las zonas con mayor importancia para la fijación de carbono son las pertenecientes a la vegetación de bosque de pino, mismas que se distribuyen principalmente en la zona norte de los municipios de Ixmiquilpan y el cardonal. En la **Gráfica 6** se presenta el porcentaje de superficie de cada municipio con respecto al total regional, así como la cantidad de fijación de CO_2 presente en cada uno. En dicha grafica es posible observar que no en todos los municipios la superficie tiene una relación directa con la cantidad de carbono secuestrado (Cardonal y San Salvador).



Gráfica 6. Fijación de carbono por municipio.

En base al trabajo de Ordoñez (2004) el bosque de pino posee un índice de captura de carbono de 236 Ton/Ha; dichas áreas tienen una superficie dentro de la zona en estudio de 1,687.96 Ha, de acuerdo a la estimación realizada el carbono capturado por éste tipo de vegetación es de un total de 398,358.56 Ton/Ha. El análisis anterior permite proponer éstas zonas con vegetación de bosque de Encino como áreas propicias para el mantenimiento de bienes y servicios ambientales de los recursos forestales bajo la categoría de captura de carbono.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

FIJACIÓN DE CARBONO (ton/ha)

LEYENDA

- Carreteras
- Cuerpos_Agua
- Zonas_Urbanas

ton/ha de Carbono

- 0
- 70
- 80
- 89
- 95
- 97
- 122
- 236
- 257

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 8. Fijación de carbono. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos reportados por Ordoñez (2004) y el mapa de uso de suelo y vegetación de INEGI serie IV.

II.6 DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS NATURALES

II.6.1. Disponibilidad de agua

La región del Valle del Mezquital presenta una entrada de agua externa a la disponibilidad natural media al contar con canales que conducen un caudal aproximado de 50 m^3/s desde el Valle de México (Lesser, 2011). De acuerdo con Vergara (2005) tan sólo en la cuenca del Río Tula se disponen de 20 a 200 millones de m^3 de agua; sin embargo, la disponibilidad está restringida por la contaminación; las aguas generadas en cuenca propia se mezclan con las aguas residuales generadas en la misma unidad, así como con las provenientes de la cuenca del Valle de México. Un punto necesario para incrementar o mantener la disponibilidad es el saneamiento. La parte sur de la cuenca del Río Tula (principal corriente de agua superficial) posee características hidrogeológicas adecuadas para transmitir el agua proveniente de la atmósfera, pero no es propicio para lograr un almacenamiento económicamente atractivo para su explotación (Vergara, 2005). En la parte centro-norte se encuentran las mejores condiciones hidrogeológicas, sin embargo la contaminación de las aguas que se infiltran es un punto restrictivo para los usos industrial y público urbano.

La disponibilidad natural media anual de la cuenca hidrológica del Río Tula varía en función de la precipitación y no muestra una tendencia definida (**Tabla 6**)

Tabla 6. Disponibilidad natural media de agua. Se muestra el balance hidrológico de la cuenca de Río Tula considerando las variables lluvia, escurrimiento potencial e infiltración.

AÑO	VOLUMEN DE LLUVIA	VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO POTENCIAL	VOLUMEN DE ETP	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN MEDIA	CAMBIO DE ALMACENAMIENTO
1973	1,830.38	1,326	157.69	195.24	151.46
1974	1,629.04	1,007	142.31	156.73	323
1975	1,605.25	1,052	140.51	155.67	257.08
1976	2019.8	1,459	177.13	158.96	224.72
1977	1,330.17	754	112.87	152.96	310.34
1978	1,749.72	1,190	154.74	157.22	247.77
1979	1,437.42	891	121.12	154.12	271.18
1980	1,486.63	940	134.08	162.5	250.05
1981	1,607.71	1,053	144.6	156.15	253.96
1982	1,056.87	554	96.7	149.67	256.51
1983	1,381.87	839	126.12	153.93	262.83

FUENTE: Vergara (2005).

De acuerdo con Lesser *et al.* (2011) el acuífero del Valle del Mezquital posee dos horizontes, uno compuesto por un acuífero somero (7-8 metro de profundidad) y uno profundo (42-51 metros de profundidad). En la **Figura 3** se muestra el esquema representativo de los horizontes del acuífero presente en el Valle del Mezquital.

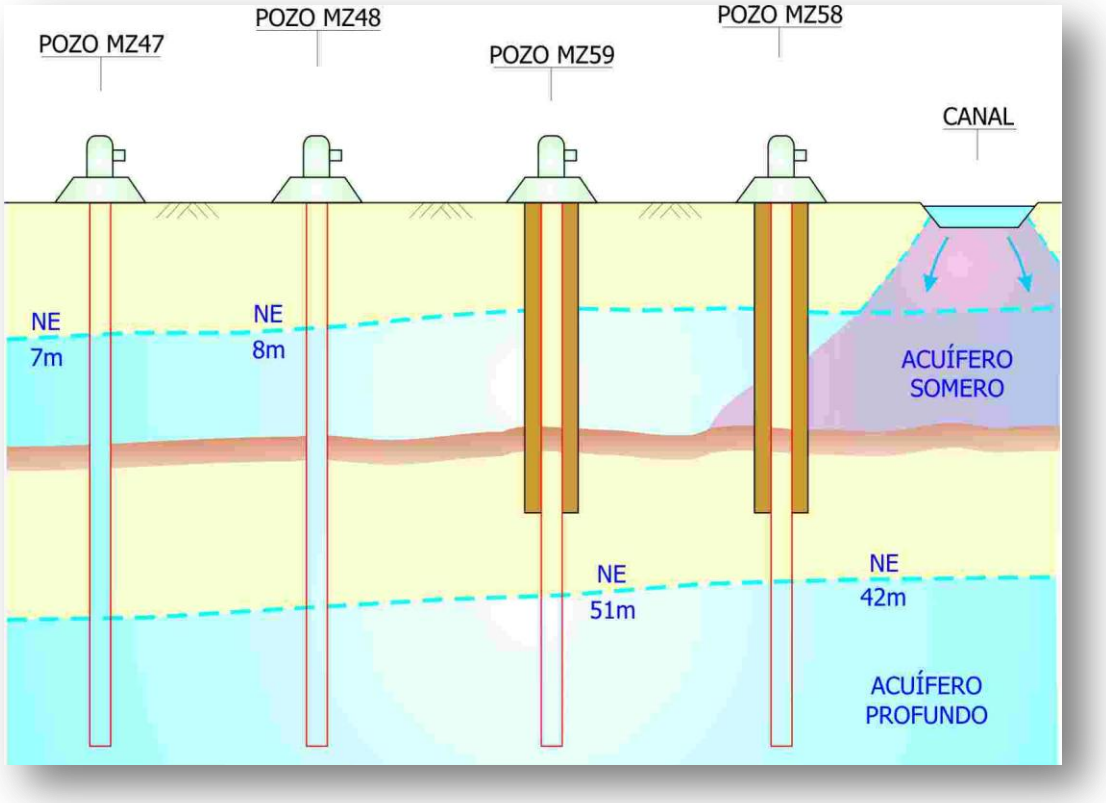


Figura 3. Esquema de diferenciación de los horizontes del acuífero del Valle del Mezquital.
Fuente: Lesser *et al.* (2011).

Las salidas de agua del acuífero descrito en la figura anterior se llevan a cabo a través de manantiales que descargan al río Tula, otra parte es extraída por pozos y el resto descarga hacia el norte y noreste, tanto en forma superficial como subterránea. La evolución del nivel estático indica que el cambio de almacenamiento del acuífero es prácticamente cero, ya que las entradas subterráneas son de 10.6 Mm^3/año, la infiltración es de 165 Mm^3/año, la extracción es de 97.7 Mm^3/año, las salidas subterráneas equivalen a 71.7 Mm^3/año, el cambio de almacenamiento es cero y la evapotranspiración es de 6.1 Mm^3/año (Lesser *et al.* 2011). De acuerdo con lo anterior la disponibilidad de agua subterránea se manifiesta constante con respecto a los niveles de extracción y salidas naturales actuales, situación que pudiera cambiar si aumentan considerablemente los niveles de extracción, generando un déficit en la cantidad de agua subterránea disponible.

II.6.2. **Disponibilidad de recursos forestales**

De acuerdo con la información más reciente de INEGI en la región de estudio la disponibilidad de recursos forestales es limitada, ya que en total dichos recursos abarcan una superficie de 36,635.37 Ha, lo cual equivale al 13.45% de la superficie total de la región. En dicha superficie se encuentran recursos forestales maderables y no maderables con un área que ocupa 20,149.22 Ha y 16,486.15 Ha respectivamente. Los municipios con mayor disponibilidad de recursos forestales son Cardonal, Actopan e Ixmiquilpan tanto en recursos forestales maderables como no maderables. En la **Tabla 7** se presenta la superficie con recursos forestales maderables por cada uno de los municipios de la región y por tipo de vegetación.

Tabla 7. Superficie con recursos forestales maderables en la Región Ixmiquilpan. Se muestra la superficie forestal por cada municipio de la región.

MUNICIPIO	BJ	BP	BPQ	BQ	BQP	TOTAL
Actopan	1,193.74	1,552.30	206.78	2,344.16		5,296.99
Cardonal	192.13	4,228.27	845.39	619.10	2,761.94	8,646.83
Chilcuautla				446.74		446.74
El Arenal				412.80		412.80
Francisco I. Madero						0.00
Ixmiquilpan		578.00	1,016.42	591.19	901.13	3,086.74
Mixquiahuala de Juárez						0.00
Progreso de Obregón						0.00
San Salvador				382.72		382.72
Santiago de Anaya	86.51	1,455.43		87.31		1,629.25
Tasquillo	247.15					247.15
Total general	**1,719.52**	**7,814.00**	**2,068.59**	**4,884.03**	**3,663.07**	**20,149.22**

En la **Tabla 8** se presenta la superficie con recursos forestales no maderables por cada uno de los municipios de la región y por tipo de vegetación.

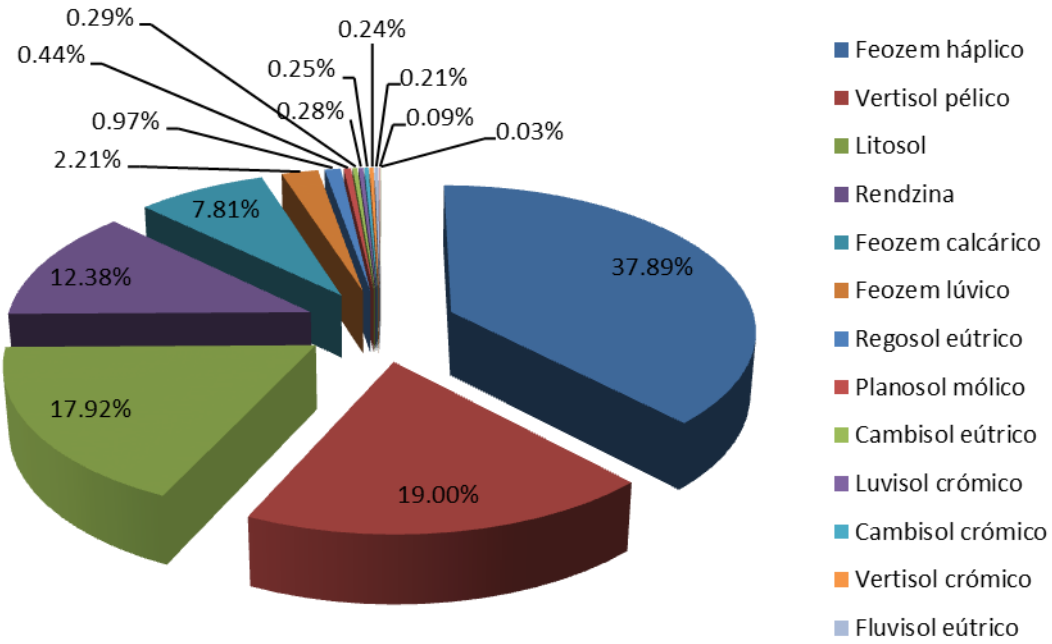
Tabla 8. Superficie con recursos forestales no maderables en la Región Ixmiquilpan. Se muestra la superficie forestal por cada municipio de la región.

MUNICIPIO	MC	MDR	MK	MSM	TOTAL
Actopan	472.54	312.68		580.74	5,296.99
Cardonal		992.40		2,366.55	5,884.89
Chilcuautla	2,343.17	16.00			446.74
El Arenal	785.85	345.40	157.74		412.80
Francisco I. Madero	1,002.38				0.00

MUNICIPIO	MC	MDR	MK	MSM	TOTAL
Ixmiquilpan	3,619.25	1,820.93			2,185.61
Mixquiahuala de Juárez		28.25			0.00
Progreso de Obregón	871.22	223.34			0.00
San Salvador	330.91	771.80			382.72
Santiago de Anaya	79.84	853.74		180.78	1,629.25
Tasquillo	2,178.28	153.56			247.15
Total general	**11,683.43**	**5,518.12**	**157.74**	**3,128.07**	**16,486.15**

II.6.3. **Disponibilidad de suelos fértiles**

En la región Ixmiquilpan los tipos de suelo que se encuentran en mayor proporción de acuerdo a las cartas de Edafología de INEGI escala 1:50,000 son: Feozem háplico y calcárico, Vertisol pélico, Litosol y Rendzina, las superficies ocupadas por cada tipo de suelo en el área en estudio fueron calculadas en base a esta información así como el porcentaje que ocupan en la región (**Gráfica 7**)



Gráfica 7. Suelos presentes en la región Ixmiquilpan. Se muestra el porcentaje de superficie que ocupa cada tipo de suelo con respecto a la superficie total de la región. Fuente: Lesser *et al.* (2011).

El suelo como recurso resulta de gran importancia en la región Ixmiquilpan y en general en el Valle del Mezquital debido a su capacidad productiva ya que en él se desarrollan

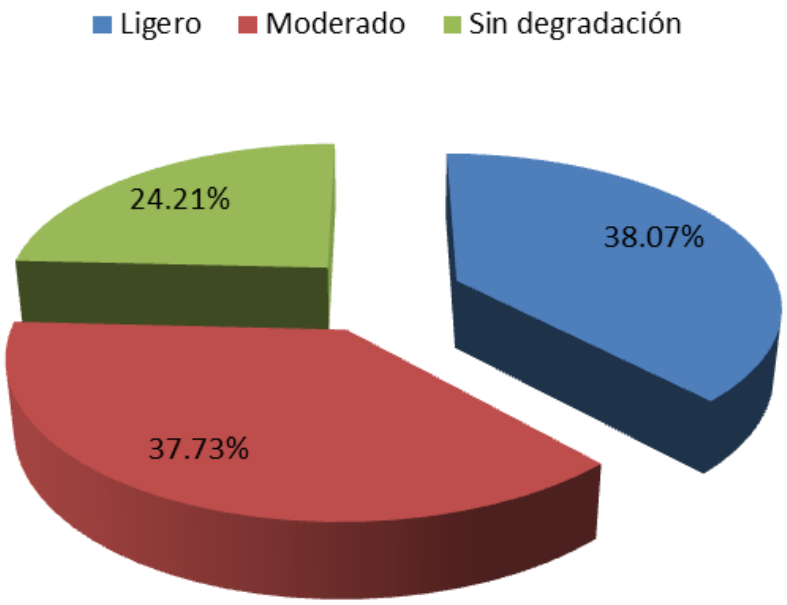
actividades fundamentales para el ser humano como son las tareas agrícolas y ganaderas orientadas especialmente a la producción de alimentos, también la extracción de materiales para construcción en la zona es de suma importancia, actividad que realizada en exceso puede causar serios problemas de erosión, motivo por el que es necesario no sobreexplotar los recursos sino promover su conservación y uso sustentable para garantizar la permanencia de las actividades y los beneficios económicos que conllevan, equilibrando dichas producciones con el crecimiento demográfico.

La variedad de tipos de suelos presente en el área en estudio permite el desarrollo de diversas actividades, resaltando entre ellas el uso agrícola debido a la amplia distribución de suelos de tipo Feozem cuya fertilidad es elevada y los hace aptos para el cultivo, sin embargo debido al uso de aguas residuales para el riego principalmente en el Distrito de riego 03 Tula los niveles de contaminación limitan el tipo de cultivos resultando prohibitivo el de hortalizas dado el riesgo fitosanitario; sin embargo estudios realizados en la región indican que aunque la concentración de metales pesados como Cadmio, Cromo y Plomo superan los límites permisibles el contenido de Arsénico y Mercurio en los suelos en estudio no representan un problema o riesgo potencial (Lucho, 2002) y el agua residual utilizada para irrigar suelos agrícolas en el DR03 en la denominada zona I, ha mejorado el contenido de CO y nutrientes.

En ésta área el tipo de degradación presente es “Qp2.95(+)a” que se refiere a Polución con una extensión del 95% y un incremento moderado en la degradación debido a las actividades de tipo agrícolas; esto es consecuencia del manejo inapropiado de terrenos arables, uso de agroquímicos, abonos y agua de riego de mala calidad.

La sobreexplotación de la vegetación, el sobrepastoreo por parte del ganado, que genera pisoteo y ocasiona consecuentemente la compactación del suelo y la urbanización cuyas actividades efectuadas por la industria de la construcción provocan la pérdida de la función productiva del suelo también son causas que tienen una importante relación con la afectación de la cubierta vegetal, responsable de la conservación del suelo en la zona.

El total de superficie con algún nivel de degradación en la región Ixmiquilpan es de 206,387.73 Ha, que equivalen al 75.8 % de la superficie total, siendo el nivel de degradación predominante el ligero, con un total de 103,658.89 Ha (**Gráfica 8**).



Gráfica 8. Porcentaje de superficie por tipo de degradación en la región Ixmiquilpan.
Fuente: Elaboración propia a partir de SEMARNAT-Colegio de Postgraduados. 2003. "Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana". Escala 1:250,000. Memoria Nacional 2001-2002.SEMARNAT Colegio de Posgraduados, 58 pp.

II.6.4. **Disponibilidad de materiales para la extracción**

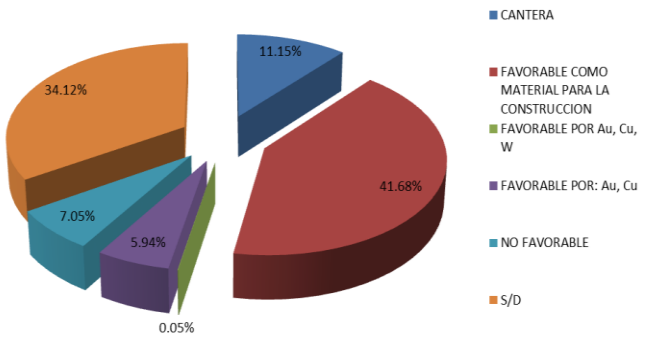
La abundancia de material para la extracción y explotación minera es quizá el recurso natural no renovable con mayor disponibilidad en la región, de acuerdo con datos del servicio geológico mexicano el 58.83% de la superficie de la región posee algún tipo de material geológico (andesitas-basalto, arenisca-limo-arcilla y calizas) con aptitud de aprovechamiento para extracción de material pétreo, producción de cal y cemento, así como condiciones favorables para el aprovechamiento de oro (Au) y cobre (Cu).

Incluso existen grandes extensiones de la región cuyo material geológico presenta una condición económica catalogada como favorable para el aprovechamiento de material para la construcción, sin embargo dicha superficie se encuentra ocupada por las actividades agrícolas dentro del distrito de riego, por lo cual su aprovechamiento no es factible y no se toma en cuenta como recurso disponible.

En la **Figura 4** se presenta la proporción de superficie de la región que presenta disponibilidad de material geológico para el aprovechamiento, siendo los componentes geológicos favorables como materiales para la construcción los más abundantes con una presencia que cubre el 41.68% de la región.

Figura 4. Superficie de la región Ixmiquilpan con disponibilidad de material para la extracción.

CONDICIÓN ECONÓMICA	SUPERFICIE (HA)
Cantera	30,358.54
Favorable como material para la construcción	113,497.27
Favorable por Au, Cu, W	144.12
Favorable por: Au, Cu	16,185.90
No favorable	19,193.25
S/D	92,920.83
Total general	272,299.91



Fuente: Elaboración propia a partir de la carta geológica 1:50,000 del SGM.

Los municipios con mayor disponibilidad de material geológico apto para aprovechamiento son Ixmiquilpan con 37,580.96 Ha de superficie con material aprovechable, las cuales representan el 23.46 % de la superficie con material disponible en la región, el municipio Cardonal con 35,499.68 Ha de superficie con material aprovechable, las cuales representan el 22.16 % de la superficie con material disponible en la región (**Tabla 9**).

Tabla 9. Superficie con disponibilidad de material geológico apto para el aprovechamiento. Se muestra la superficie por tipo de aprovechamiento para cada municipio de la región Ixmiquilpan.

Municipio	Cantera	Favorable como material para la construcción	Favorable por Au, Cu, W	Favorable por: Au, Cu	No favorable
Actopan	7,294.87	7,150.20			10,238.97
Cardonal	13,283.56	20,821.43	144.12	1,250.58	
Chilcuautla	239.43	5,874.76		8,465.60	877.49
El Arenal		7,438.38			3,111.15
Francisco I. Madero	224.49	3,322.78			
Ixmiquilpan	1,112.42	31,582.37		4,886.17	
Mixquiahuala de Juárez	449.57	4,668.01		112.44	57.02
Progreso de Obregón	1,464.45	2,126.71			1,047.29
San Salvador	3,513.68	10,072.44			2.31
Santiago de Anaya	2,776.06	7,140.03			3,859.02
Tasquillo		13,300.15		1,471.11	
Total general	**30,358.54**	**113,497.27**	**144.12**	**16,185.90**	**19,193.25**

III. ANÁLISIS DE APTITUD DEL TERRITORIO

De acuerdo con los talleres participativos realizados, así como la consulta a experto durante la etapa de caracterización, fueron identificados 11 sectores de inferencia en la región Ixmiquilpan. Estos sectores son:

- Agricultura de temporal
- Agricultura de riego
- Ganadería
- Acuicultura
- Forestal maderable
- Forestal no maderable
- Industria de la extracción de materiales y minería
- Industria manufacturera
- Turismo
- Desarrollo urbano
- Conservación

Para cada uno de los sectores señalados fue definido el grado de aptitud que el territorio posee para sostener las actividades que desarrollan, esto con base en la definición y priorización de atributos ambientales realizada para cada sector en la etapa de caracterización. Por lo tanto el nivel de aptitud que puede alcanzar una actividad o sector en el territorio se encuentra en función del número de atributos ambientales que convergen espacialmente y cuya suma espacial genera valores en el rango de 0 a 1. Dicho rango se categoriza a fin de mostrar el gradiente de aptitud de la región en 5 categorías: muy alta, alta, media, baja y muy baja aptitud. La descripción detallada del análisis de aptitud desarrollado se presenta en el anexo metodológico.

Los resultados del análisis de aptitud muestran que a pesar de que muchos sectores comparten atributos ambientales, el territorio posee una aptitud diversa y espacialmente heterogénea para la acogida de cada una de las actividades sectoriales. A continuación se presentan los atributos ambientales utilizados para la obtención del gradiente de aptitud de cada sector en el territorio, así como los resultados obtenidos y los mapas derivados por sector. Por otra parte, el sector agrícola fue dividido en agricultura de temporal y agricultura de riego, aunque comparten casi todo los atributos, la valoración y conceptualización de estos es distinta, ya que un atributo como la disponibilidad de agua es diferente entre sectores, debido a que en el caso de la agricultura de temporal esta disponibilidad se encuentra en función de la cantidad de precipitación, mientras que para la agricultura de riesgo esta se encuentra en función de la distancia a canales y la inclusión en los límites de los distritos de riego.

III.1 SECTOR AGRICULTURA DE TEMPORAL

Como resultado de la combinación lineal ponderada de los atributos ambientales definidos para el sector agricultura de temporal se obtuvo que zonas con pendientes pronunciadas y con baja presencia de carreteras y caminos manifiestan una aptitud muy baja, por el contrario zonas de fácil acceso, de pendientes suaves, con suelos de tipo vertisol y cercanas a centros de consumos poseen una alta aptitud para el desarrollo de actividades agrícolas de temporal. Esto es coherente con la situación que se manifiesta en la región, sin embargo existe una diferencia considerable en cuanto al nivel de producción que alcanza cada sector, ya que la agricultura de riego presenta niveles de producción bajos y en algunos años ha manifestado pérdidas totales.

Dado lo anterior los mayores valores de aptitud para la agricultura de temporal se distribuyen en la zona centro y noroeste de la región, principalmente en los municipios de Tlaxcoapan, Tezontepec de Aldama y Ajacuba.

Los valores de prioridades de cada atributo ambiental establecidos por medio de una comparación pareada a través del software Superdesicions se muestran en la **Tabla 10**

Tabla 10. Atributos ambientales definidos para el sector agricultura de temporal.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Disponibilidad de agua (precipitación)	0.293942
Distancia a carreteras	0.218639
Tipo de suelo	0.185221
Pendiente	0.157236
Textura del suelo	0.062460
Distancia a centros de consumo	0.082501

La matriz de ponderación que da origen a la ponderación o prioridad de cada atributo ambiental definido para el sector agrícola se presenta en el **Cuadro 7.**

Cuadro 7. Matriz de valoraciones pareadas para el sector agricultura de temporal. Se muestran los valores de comparación pareada que dan origen a la ponderación de atributos del sector agricultura de temporal.

ATRIBUTOS	Disponibilidad de agua	Distancia a carreteras	Distancia a centros de consumo	Pendiente	Textura del suelo	Tipo de suelo
Disponibilidad de agua	1	1.1698	3.62264	3.88679	2.90566	1.13207

ATRIBUTOS	Disponibilidad de agua	Distancia a carreteras	Distancia a centros de consumo	Pendiente	Textura del suelo	Tipo de suelo
Distancia a carreteras	0.85485	1	1.77359	1.20755	2.98113	2.07547
Distancia a centros de consumo	0.27604	0.56383	1	0.33544	1.54717	0.44915
Pendiente	0.25728	0.82813	2.98113	1	2.90566	0.803
Textura del suelo	0.34416	0.33544	0.64634	0.34416	1	0.264
Tipo de suelo	0.88333	0.48182	2.22641	1.24533	3.78788	1

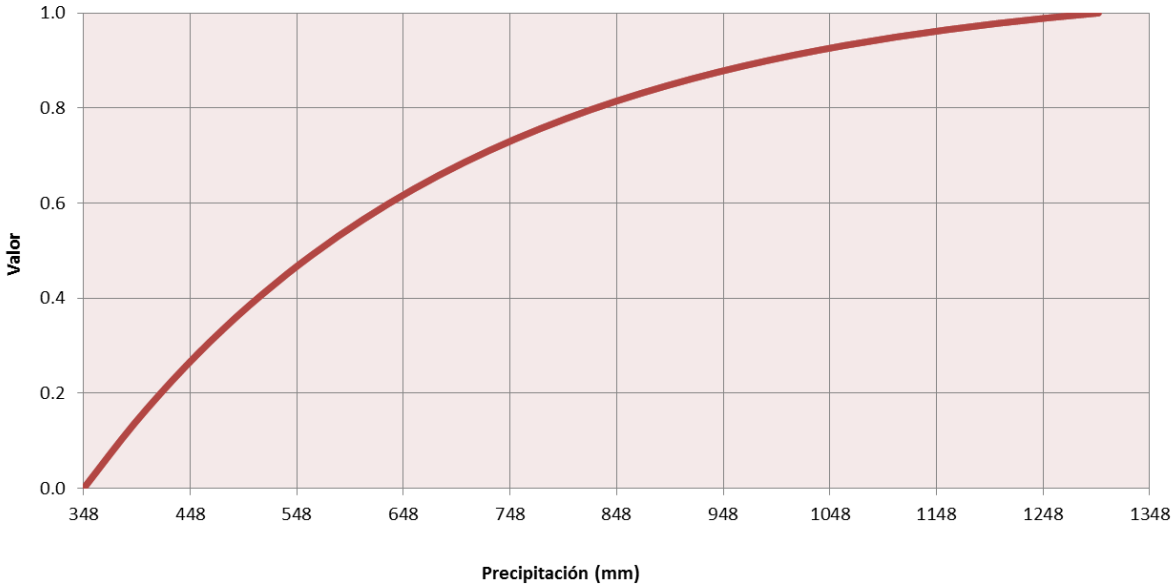
A continuación se describen cada uno de los atributos ambientales que contribuyen a la definición de la aptitud del sector agricultura de temporal.

- Disponibilidad de agua

De acuerdo con los resultados de los talleres y el panel de expertos consultado, la disponibilidad de agua es el atributo de mayor importancia para el desarrollo de la agricultura de temporal, dicha disponibilidad se encuentra enteramente ligada a la cantidad de precipitación que se presenta en la región, la cual se manifiesta en un rango de 600-1,200 mm/m^2/año.

La mayoría de los cultivos sembrados en la región se ven favorecidos con la mayor incidencia de precipitación, sin embargo es posible observar que la agricultura de temporal se desarrolla en zonas donde la precipitación alcanza ligeramente los 700 mm anuales, lo cual permite determinar que el rango favorable para el desarrollo de la agricultura de temporal con respecto al atributo ambiental disponibilidad de agua es muy amplio, haciendo que el nivel ideal para dicho atributo sea directamente proporcional a la cantidad de precipitación manifestada, aunque la diferencia de idoneidad entre 700 mm y 1,000 mm no es considerablemente significativa.

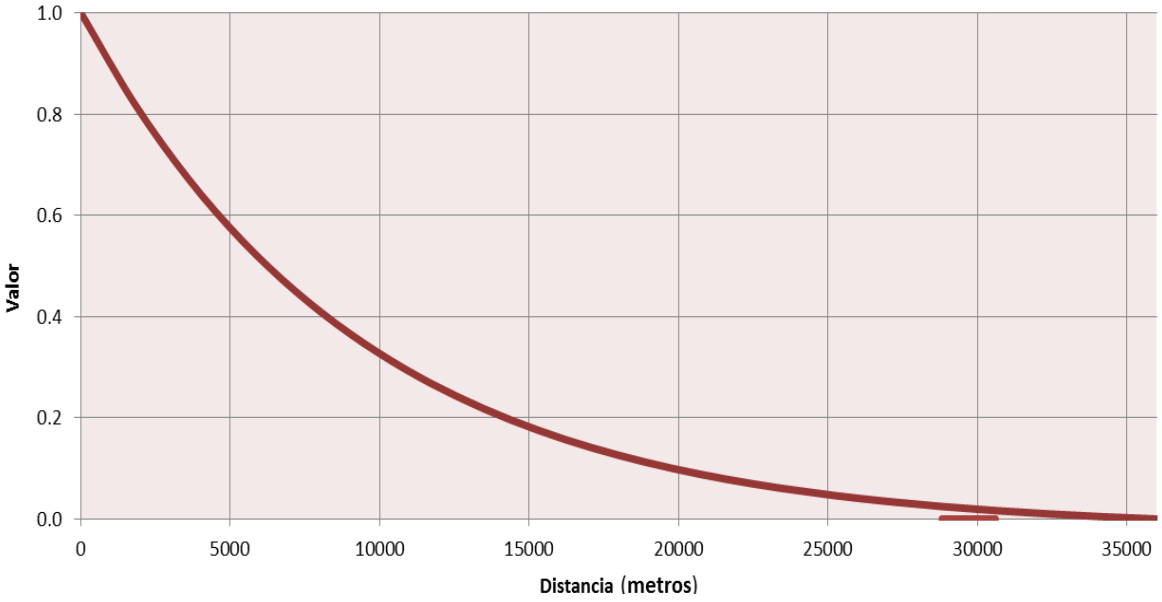
La valoración cuantitativa del nivel de idoneidad del atributo precipitación se realizó tomando como máxima idoneidad el valor de 1 y con valor de 0 a la mínima o nula idoneidad, de tal forma que los valores de precipitación poseen un comportamiento de idoneidad conforme se observa en la **Gráfica 9**, donde valores de precipitación superiores a los 840 mm anuales poseen un valor de idoneidad superior a 0.8, mientras que valores de 700 mm poseen un valor de idoneidad de 0.7



Gráfica 9. Comportamiento de idoneidad del atributo precipitación. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo precipitación en el sector agrícola de temporal. En el eje de las "x" se representa la precipitación en mm/m2 y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a carreteras

Para el desarrollo de las actividades realizadas por este sector agrícola, es importante contar con caminos de acceso, entre más cercanas estén las zonas de producción a los caminos y carreteras mayor será el potencial de comercialización, así como también será mayor al viabilidad y la facilidad del acceso de tecnificación específica y maquinaria agrícola. Por tal motivo las zonas con mayor potencial para el desarrollo de las actividades agrícolas estarán relacionadas con la cercanía a caminos y carreteras; condición que genera que el rango de distancia ideal de las zonas de producción a los caminos y carreteras existentes sea estrecho. Para este atributo, el nivel de idoneidad es inversamente proporcional a la distancia a caminos y carreteras, es decir, entre mayor sea la distancia a los caminos y carreteras menor será el potencial de desarrollo de las actividades de este sector agrícola, dicho comportamiento se muestra en la **Gráfica 10**, donde se muestra que el rango de distancia entre 0 y 900 metros es el que posee un mayor nivel de idoneidad (>0.9). Cabe señalar que este atributo no manifestó variación en el sector agrícola de riego, ya que el comportamiento de la idoneidad con respecto a la distancia son semejantes, sin embargo no poseen la misma valoración en cuanto a la prioridad o importancia con respecto al resto de atributos.



Gráfica 10. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a carreteras. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a carreteras en los sectores agrícola de riego y temporal. En el eje de las "x" se representa la distancia a las carreteras en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Tipo de suelo

Los tipos de suelos y sus características particulares tienen gran inferencia en la producción agrícola, sin embargo, el conocer el tipo de suelo presente en cierta zona, permite conocer a nivel general algunas de sus características que ayudan a definir en un primer nivel el grado o capacidad agrológica del mismo. De acuerdo con la base mundial de suelos de la FAO , existen tipos de suelos que desde su definición pueden ser indicadores generales de su capacidad para soportar las actividades agrícolas, y al complementar dicha definición con las características particulares es posible obtener información valiosa acerca de la capacidad agrícola de los suelos.

De acuerdo con los tipos de suelos presentes en la región Ixmiquilpan y las características de cada uno de estos (establecidas en la clasificación de la FAO), se llevó a cabo una comparación pareada, en la cual un grupo de expertos definió los tipos de suelos con mayor capacidad agrológica. En el **Cuadro 8** se muestra la matriz obtenida a través del proceso de comparación pareada realizado con el apoyo del software SuperDesicions y cuyos resultados arrojaron un índice de inconsistencia de 0.035. Una vez obtenidas las prioridades por clase de suelo fueron transformadas a escala de valores ideales en el mismo software (**Figura 5**), con lo cual dichos valores pudieron ser utilizados directamente en la representación cartográfica edafológica.

Cuadro 8. Matriz de comparación pareada de los tipos de suelos.

	CAMBISOL	FEOZEM	FLUVISOL	LITOSOL	PLANOSOL	REGOSOL	RENDZINA	VERTISOL
CAMBISOL	1	1.9949	0.80531	1.8814	3.2408	1.73419	0.64424	0.50497
FEOZEM	0.50128	1	1.59569	6.6356	13.05814	2.85757	1.08551	0.976
FLUVISOL	1.24175	0.62669	1	3.1301	5.45985	1.8814	0.8142	0.35366
LITOSOL	0.53152	0.1507	0.31948	1	1.77542	0.69137	0.25256	0.16499
PLANOSOL	0.30857	0.07658	0.18316	0.56325	1	0.37155	0.15433	0.09668
REGOSOL	0.57664	0.34995	0.53152	1.4464	2.69141	1	0.5074	0.33534
RENDZINA	1.55221	0.92122	1.2282	3.95949	6.47971	1.97084	1	0.8608
VERTISOL	1.9803	1.02458	2.82761	6.0609	10.34329	2.98202	1.16171	1

El tipo de suelo ideal para el establecimiento de zonas agrícolas es el vertisol, seguido de los suelos de tipo feozem, fluvisoles y rendzinas. Los suelos con menor capacidad para la agricultura son los litosoles y los planosoles, ambos limitados por su poca profundidad y baja fertilidad respectivamente.

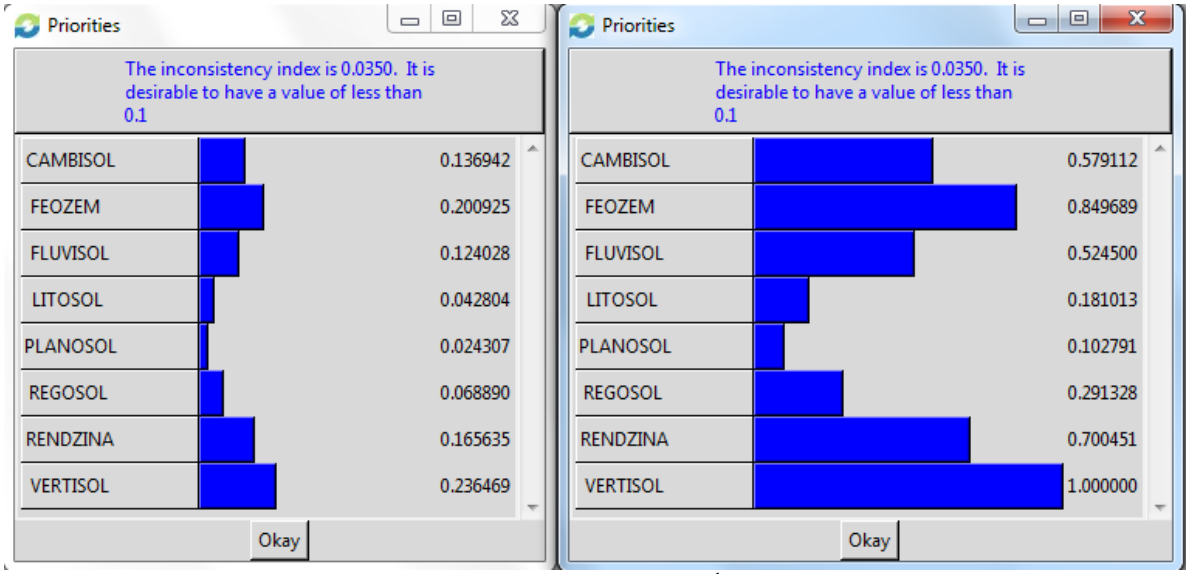


Figura 5. Prioridades de los tipos de suelos para la aptitud agrícola.

Para llevar a cabo una valoración completa se consideraron tanto los primeros tipos de unidades como los segundos, esto a través de la asignación de valores ponderadores de acuerdo al grado de predominancia que poseen los primeros tipos de unidades con respecto a los segundos en cada entidad edafológica. Dicho valor ponderador fue asignado de forma empírica, siendo de 0.7 para las unidades primarias y de 0.3 para las unidades secundarias. De tal forma que una entidad edafológica que posee un vertisol como primera unidad en

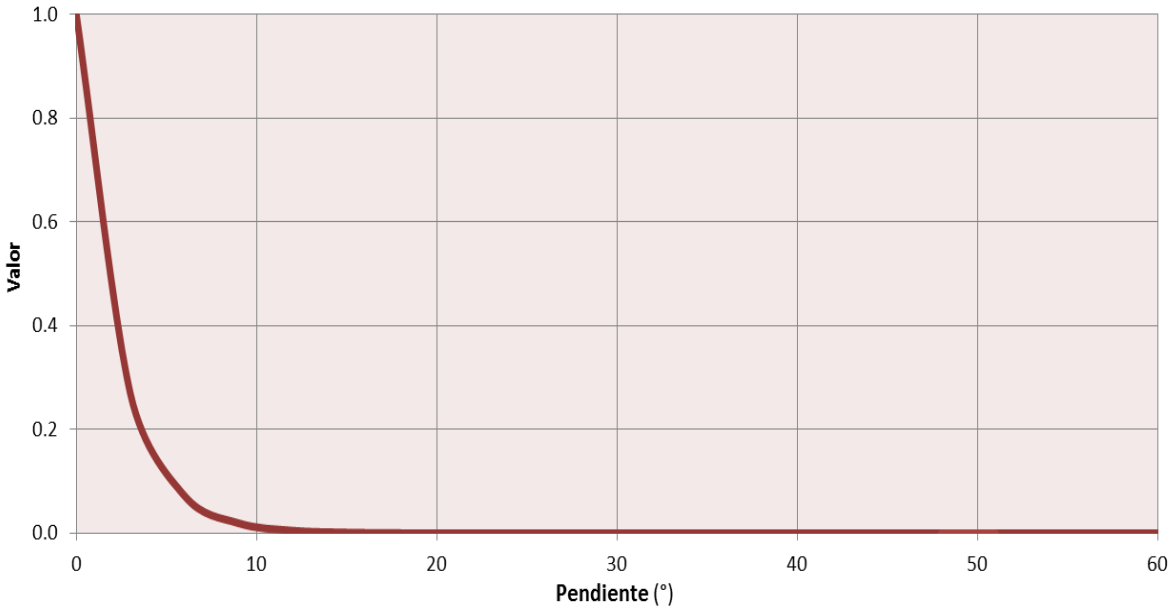
asociación con un litosol como segunda unidad tendrá un valor de prioridad obtenido de la siguiente forma:

Vertisol = 1.0
Litosol = 0.18
*Valor de importancia = (1.0*0.7) + (0.18*0.3) = 0.754*

Las fases físicas indican la presencia de fragmentos de roca o materiales cementados que limitan el uso de la maquinaria agrícola y la penetración de las raíces del suelo. La presencia de fragmentos gruesos (piedras, gravas) puede remediarse cuando se pretende desarrollar agricultura mecanizada; sin embargo, los materiales cementados, duros y coherentes (fases líticas, dúricas y petrocálcicas), son prácticamente imposibles de remover y debe considerarse la posibilidad de establecer un tipo de vegetación que no se vea afectado por esta limitante. Tomando en cuenta las restricciones por los tipos de fases físicas que puedan presentarse en las entidades edafológicas se determinó que las fases líticas, dúricas y petrocálcicas disminuyen hasta en un 50% la posibilidad del aprovechamiento agrícola de los suelos, así mismo las fases dúricas y líticas profundas disminuyen en un 25% el potencial agrícola, mientras que las pedregosidad no representa una limitante grave aunque requerirá la implementación de maquinaria.

- Pendiente

La inclinación del terreno es un factor con influencia en el grado de aptitud agrícola de los suelos, ya que se encuentra directamente relacionada con el grado de factibilidad de introducción de equipo mecánico para levar a cabo labores de preparación del terreno, además es un atributo ambiental que se relacionada con el nivel de riesgo de erosión, riesgo que se ve magnificado conforme el grado de inclinación del terreno es mayor. Además es un atributo relacionado también con el grado de acceso, los terrenos planos o con pendientes nulas a onduladas son considerablemente más accesibles que los terrenos con pendientes abruptas. El rango de pendiente idóneo para el establecimiento de las actividades agrícolas es muy estrecho, puesto que las zonas agrícolas tanto de temporal como de riego en la región se encuentran situadas en terrenos con pendientes menores a 10 grados de inclinación, por otra parte, en los talleres participativos se manifestó que el desarrollo de la agricultura es ideal en los terrenos planos donde la inclinación del terreno no representa un limitante en cuanto a la accesibilidad de maquinaria, presencia de pedregosidad y suelos someros. Por lo anterior un rango de pendiente entre 0 y 2.5° posee un valor de idoneidad entre 0.7 y 1, mientras que la pendiente mayor a 10° posee valores de idoneidad de 0, dicho comportamiento se puede ver reflejado de forma gráfica en la **Gráfica 11.**



Gráfica 11. Comportamiento de idoneidad del atributo pendiente. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo pendiente en los sectores agrícola de riego y temporal.

- Textura del suelo

La textura del suelo es la proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo; tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrimentos y la resistencia a la penetración de las raíces. Debido a estas características es que se optó por inferir la disponibilidad de humedad en el suelo a través de la valoración del tipo de textura del suelo. En términos generales los suelos arcillosos son difíciles de cultivar y presentan problemas de drenaje y aireación, por el contrario, los suelos arenosos son fáciles de labrar y tienen buena aireación, pero su drenaje es excesivo, retienen poca agua, se secan con rapidez y los nutrimentos se pierden por lavado. Los suelos francos son los que tienen cantidades similares de arena, limo y arcilla y se consideran los más adecuados para la agricultura, pero depende del cultivo a establecer (FAO, 2000[10]; Porta J. 2003[11])

En las zonas donde se desarrolla la agricultura de temporal, dentro de la región de estudio, los suelos presentan dos tipos de texturas, textura media y textura fina; la primera ocupa el 63.24% de la superficie agrícola de temporal y la segunda ocupa el 36.75%[12], lo cual es coherente con la preferencia de suelos francos de acuerdo con la bibliográfica citada.

[10] FAO, 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO N°8. FAO. Roma. Italia. 220 p.
[11] Porta J. C., 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Edit. Mundi-Prensa. 929 p.
[12] Obtenido a través de las cartas de uso de suelo y vegetación de INEGI serie IV y carta edafológica 1:250,000.

La valoración de para este atributo en escala de ideales se realizó a través de la comparación pareada con el apoyo del software Super Decisons, con base en la información descrita. Los resultados de dicho ejercicio se presentan en el **Cuadro 9** y en la **Figura 6.**

Cuadro 9. Matriz de comparación pareada para el atributo textura de suelos.

ATRIBUTOS	Textura Fina	Textura Gruesa	Textura. Media
Textura Fina	1	1.8919	0.50313
Textura Gruesa	0.52857	1	0.25217
Textura. Media	1.98756	3.96558	1

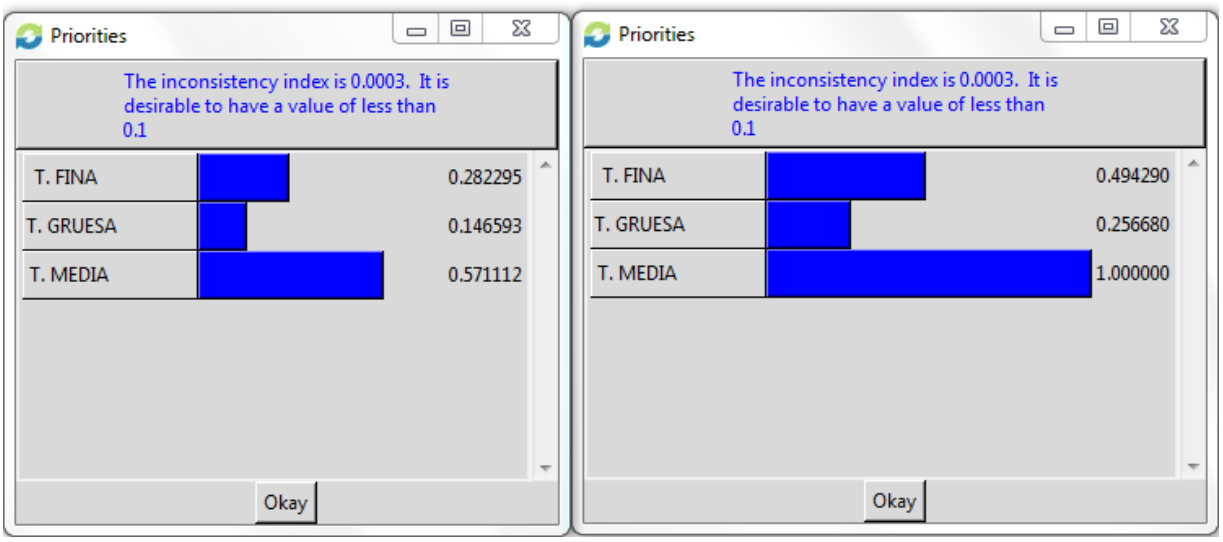


Figura 6. Prioridades para el atributo textura de suelos para la aptitud agrícola de temporal.

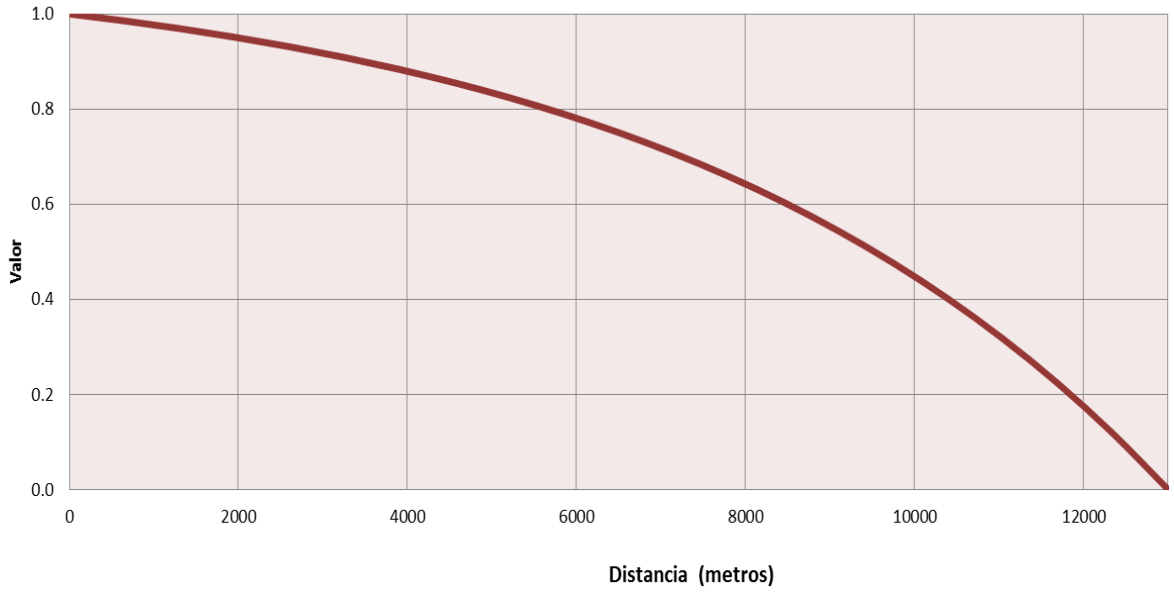
Considerando los resultados de la comparación pareada, una textura media es la ideal para la agricultura de temporal, esto considerando las características intrínsecas de la misma y las condiciones de los suelos en los que se desarrolla la agricultura de temporal en la región Ixmiquilpan.

- Distancia a centros de consumo

La ubicación y distribución de los centros de consumo resulta importante para el fortalecimiento de las cadenas de producción, sobre todo para los cultivos con mayor superficie cultivada de la región, ya que de la localización de las zonas de producción agrícola con respecto a las zonas de consumo tiene inferencia sobre los precios y tipo de comercialización de los productos agrícolas.

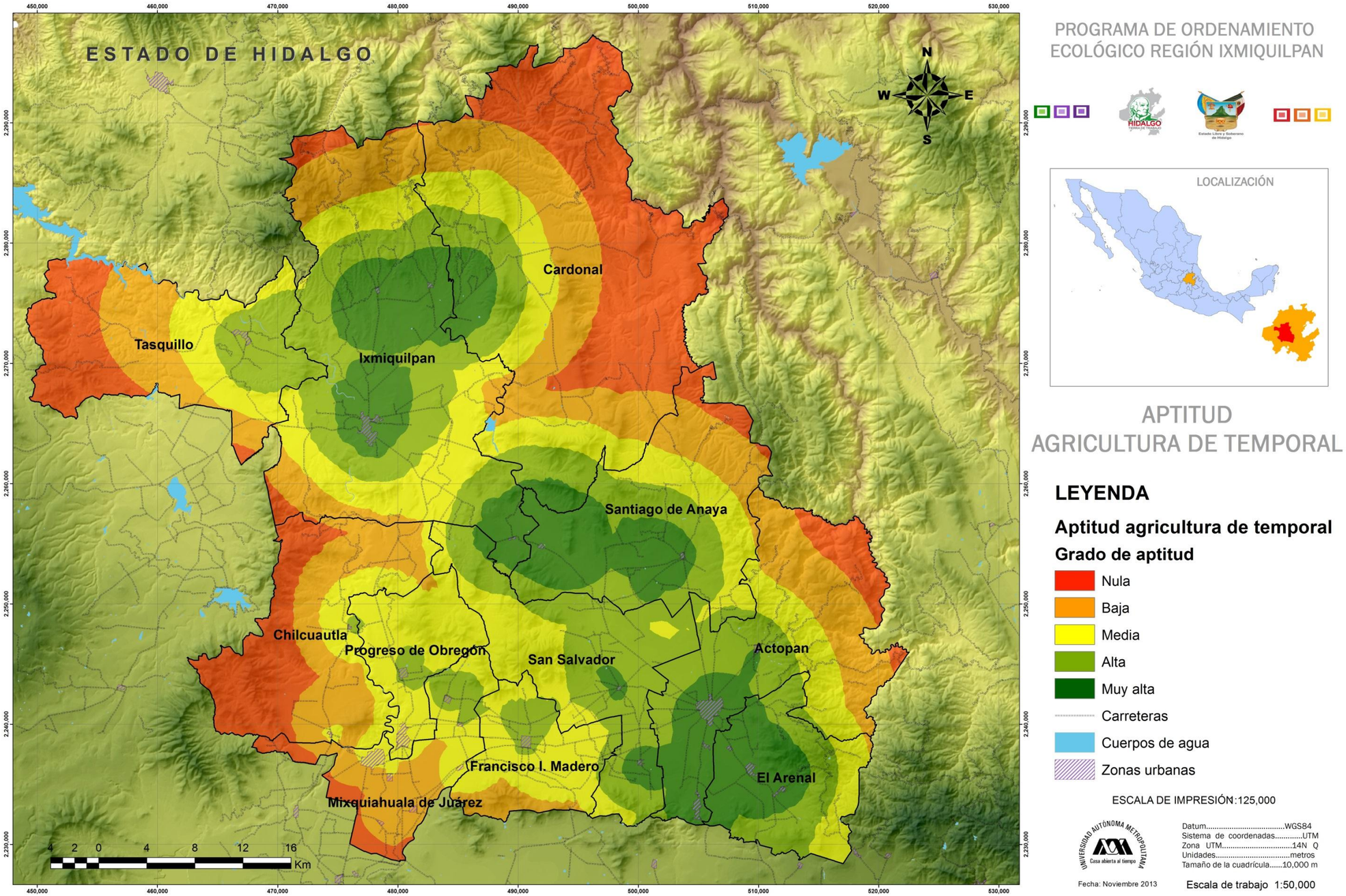
La cadena de producción de muchos cultivos sembrados en la región, como el maíz, frijol y la alfalfa, está compuesta por diversos agentes comercializadores (COFUPRO, 2003), cada uno de los cuales influencia los precios de los productos en el mercado en función de las distancias de recorrido, el nivel de acceso a las parcelas de producción, el nivel de oferta, entre otros. Además para algunos cultivos con importante superficie cultivada en la región, el mercado es mayoritariamente regional y generalmente las zonas de producción se ubican cercanas los centros de consumo, ya sean estos centrales de abasto, tianguis o establos en el caso de forrajes.

La distancia a los centros de consumo es el atributo ambiental con menor valor de importancia con respecto a los demás atributos ambientales definidos para el sector en comento. Por lo tal razón posee la menor influencia en el nivel de aptitud para el sector agrícola, tanto de temporal como el de riego. Además, dada la red de comunicación terrestre en la región, la cual facilita el acceso a muchos centros de producción y consumo, la distancia ideal del atributo en cuestión es amplia considerando valores de idóneos de aptitud (>0.8) distancias de hasta 6 km, mientras que los valores indeseables se manifiestan a partir de los 10 km (**Gráfica 12**).



Gráfica 12. Comportamiento de idoneidad para el atributo distancia a centros de consumo. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a centros de consumo en los sectores agrícola de riego y temporal. En el eje de las "x" se representa la distancia a los centros de consumo en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

A continuación en el **Mapa 9** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades forestales no maderables.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN

APTITUD AGRICULTURA DE TEMPORAL

LEYENDA

Aptitud agricultura de temporal

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 9. Aptitud para la agricultura de temporal en la Región Ixmiquilpan.

III.2 SECTOR AGRICULTURA DE RIEGO

Los atributos definidos para este sector son semejantes a los establecidos para la agricultura de temporal, sin embargo la prioridad que en cada sector se establece varia. Para el sector agricultura de riego la distancia a los canales de riego y los límites de los distritos de riego presentes en la región juegan un papel importante, los cuales se ven reflejados en el atributo disponibilidad de agua (**Tabla 11**).

Tabla 11. Atributos ambientales definidos para el sector agricultura de riego.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Disponibilidad de agua (distancia a canales de riego)	0.27149
Distancia a carreteras	0.20758
Tipo de suelo	0.14719
Pendiente	0.23857
Textura del suelo	0.06983
Distancia a centros de consumo	0.06534

Para este sector se definió que la pendiente tiene un mayor peso que en el sector agricultura de temporal, esto debido a que el proveer de agua a través de canales o pozos resulta más costoso cuando se tienen terrenos accidentados, el resto de los atributos tiene un valor de prioridad que guarda una proporción semejante a la agricultura de temporal, donde los atributos que menos influyen en el nivel de aptitud son la textura del suelo y la distancia a centros de consumo. La valoración en escala de ideales para cada atributo es similar a la descrita para los atributos de la agricultura de temporal, siendo el atributo "disponibilidad de agua" el que varía considerablemente. En el **Cuadro 10** se muestran la matriz de comparación pareada que derivó los valores de priorización señalados en la tabla anterior.

Cuadro 10. Matriz de valoraciones pareadas para el sector agricultura de riego. Se muestran los valores de comparación pareada que dan origen a la ponderación de atributos del sector agricultura de riego.

ATRIBUTOS	Disponibilidad de agua	Distancia a carreteras	Distancia a centros de consumo	Pendiente	Textura del suelo	Tipo de suelo
Disponibilidad de agua	1	2.0755	3.28302	1.01887	2.67924	2.33962
Distancia a	0.48181	1	5.11364	0.64634	4.45283	1.0566

ATRIBUTOS	Disponibilidad de agua	Distancia a carreteras	Distancia a centros de consumo	Pendiente	Textura del suelo	Tipo de suelo
carreteras						
Distancia a centros de consumo	0.3046	0.19556	1	0.37324	1.01887	0.39552
Pendiente	0.98148	1.54717	2.67925	1	2.49057	2.1132
Textura del suelo	0.37324	0.22458	0.98148	0.40152	1	0.38971
Tipo de suelo	0.42742	0.94643	2.5283	0.47322	2.56604	1

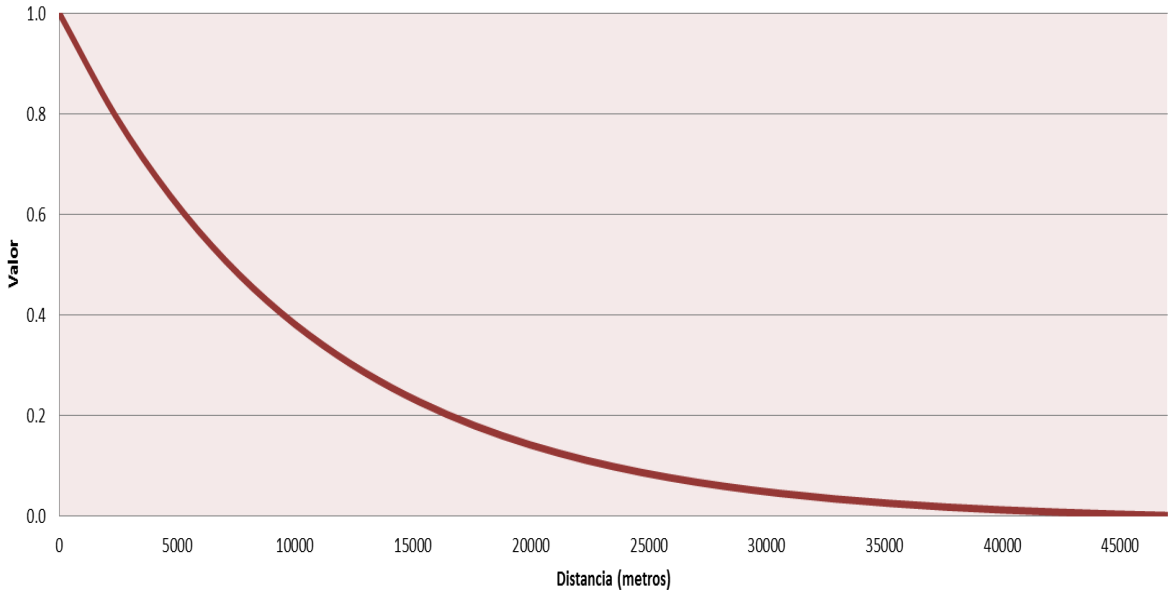
A continuación se presenta una descripción de los criterios establecidos para la valoración del atributo ambiental "disponibilidad de agua" el cual es completamente diferente en concepto y valoración con respecto a su similar en el sector agricultura de temporal.

- Disponibilidad de agua (distancia a canales de riego)

A diferencia del sector agricultura de temporal, en el cual la disponibilidad de agua se encuentra en función de la cantidad de precipitación media anual, para este sector la disponibilidad de agua está relacionada con la disponibilidad de agua para riego, la cual se distribuye a través del sistema de canales de los distritos de riego que se presentan en la región. Para hacer una valoración de este atributo se parte de la premisa de que la presencia de canales y la distancia a estos, potencializa la aptitud para el sector, y si bien la cercanía a la cual se encuentra una parcela con respecto a los canales no garantiza el abasto de agua, si aumenta la probabilidad de poder abastecer las necesidades hídricas de los cultivos en comparación con aquellos terrenos que se encuentra mucho más lejanos y que incluso dejan de formar parte de algún distrito de riego en la región.

Este atributo ambiental constituye una variable continua en la que la actividad se ve favorecida en una función inversamente proporcional a la distancia con respecto a los canales. Para definir el rango de distancia ideal a los canales fue necesario obtener las distancias medias a las cuales se encuentran las parcelas de riego, y con ello definir un intervalo de comportamiento tal y como se expresa en la gráfica de la **Gráfica 13**, donde los valores ideales de distancia se encuentre en el rango entre 0 y 1,500 metros de distancia, equivalentes a una valoración en escala de ideales entre 0.9 y 1. La gráfica muestra que a partir 5,000 metros de distancia a los canales, el nivel de aptitud de las parcelas comienza a ser despreciable.

Debido a esta valoración los terrenos con alta densidad de canales principales, presentan un nivel ideal de aptitud para este atributo, y generalmente altas densidades de canales se presentan en los terrenos planos, por lo que las zonas de montaña con pendientes escarpadas presentan nula presencia de canales y por lo tanto una valoración baja.



Gráfica 13. Comportamiento de la valoración (escala ideal) para atributo distancia a canales de riego. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a canales de riego en el sector agrícola de riego. En el eje de las "x" se representa la distancia a los canales de riego en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Textura

La textura de suelo que permite el adecuado desarrollo de la mayoría de los cultivos es una textura franca (media), sin embargo, en la región de estudio los suelos con texturas finas tienen una alta presencia, llegando a ocupar hasta el 55% de la superficie de agrícola irrigada, mientras que los suelos con textura media y gruesa ocupan el 44% y 1% respectivamente. Esta situación eleva la valoración de las texturas finas a pesar de sus restricciones en cuanto a la retención de humedad y drenaje, sobre todo si se considera que en la mayor parte de la superficie irrigada de la región Ixmiquilpan se producen grandes cantidades de maíz y alfalfa, seguido de cultivos vegetales. Por tal razón la valoración de este atributo mostró una mayor importancia para las texturas finas, lo cual se reflejó en cada una de las comparaciones pareadas (**Cuadro 11 y Figura 7**)

Cuadro 11. Matriz de comparación pareada para el atributo textura de suelos. Se muestra la matriz de valoración pareada para obtener los valores ideales del atributo textura de suelo para el sector agricultura de riego.

ATRIBUTOS	Textura Fina	Textura Gruesa	Textura Media
Textura Fina	1	2.8431	1.5445
Textura Gruesa	0.35173	1	0.51285
Textura Media	0.64746	1.94989	1

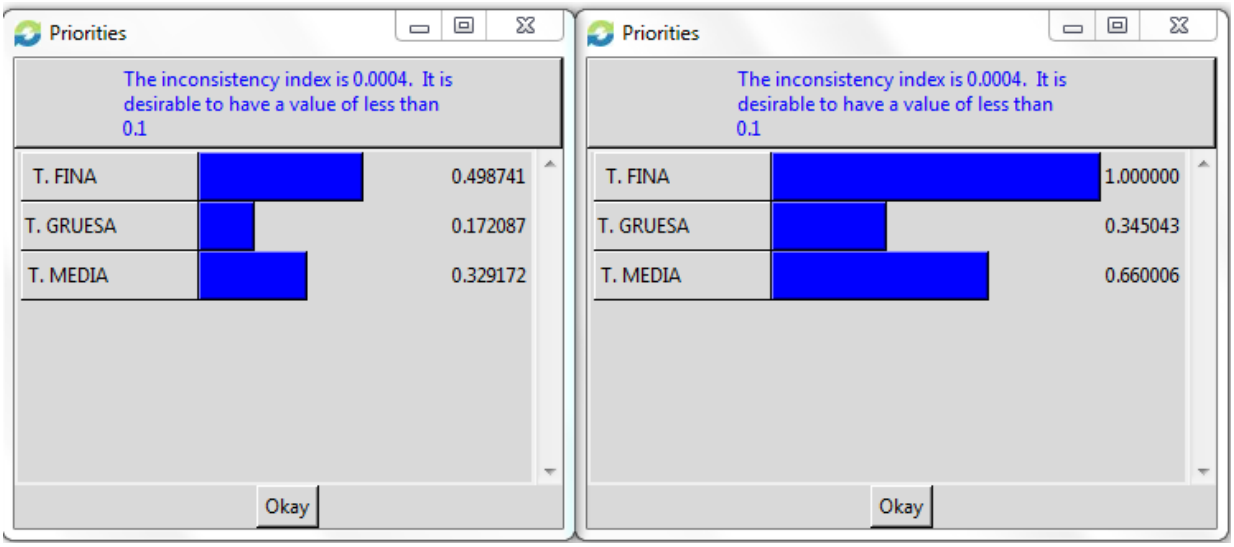
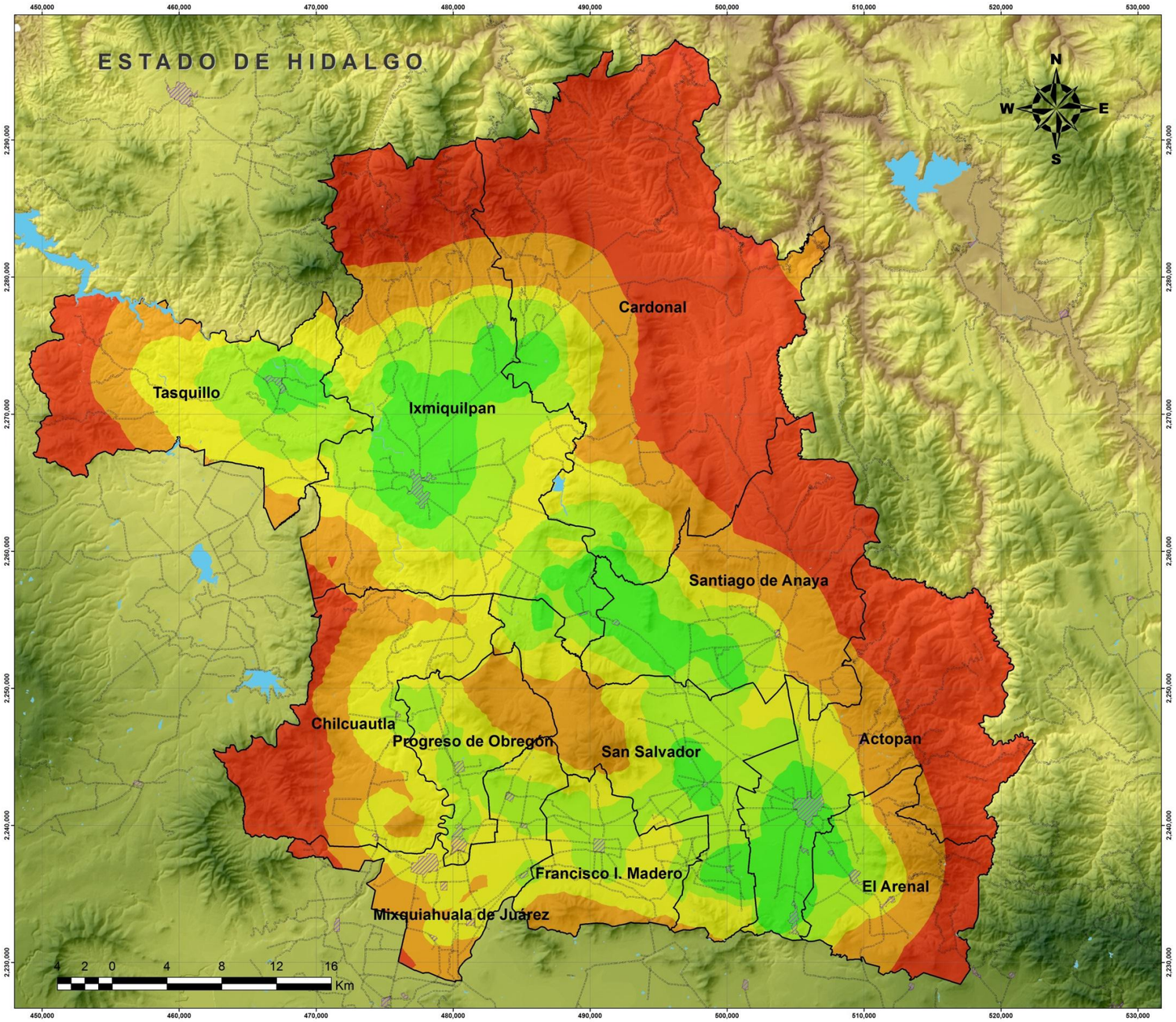


Figura 7. Prioridades para el atributo textura de suelos para la aptitud agrícola de riego.

La variación espacial de los atributos: pendiente, tipo de suelo, distancia a centros de consumo, y distancia a carreteras, incide de forma similar tanto en la aptitud para la agricultura de temporal como la aptitud para la agricultura de riego, ya que son variables que tienen trascendencia genérica para el establecimiento de cualquier cultivo en cualquier sistema de producción, sin embargo la importancia relativa que cada atributo representa para estos dos sectores, puesto que de forma contraria a la distribución espacial de los valores de cada atributo, la presencia o ausencia de un atributo modifica de forma diferencial los valores de aptitud entre ambos sectores. Por ello la valoración de los atributos mencionados al inicio es similar a las gráficas presentes en las figuras descritas para el sector agricultura de temporal, no así para los valores de ponderación de cada atributo.

A continuación en el **Mapa 10** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades de agricultura de riego.





APTITUD AGRICULTURA DE RIEGO

LEYENDA

Aptitud agricultura de riego

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 10. Aptitud para la agricultura de riego en la Región Ixmiquilpan.

III.3 SECTOR GANADERO

Es el sector para el cual fueron propuestos un menor número de atributos, sin embargo, los atributos seleccionados se encuentran directamente relacionados con la capacidad de acogida del territorio para llevar a cabo las actividades relacionadas a dicho sector, así como las restricciones derivadas del efecto que tiene el establecer cualquier tipo de producción ganadera cerca de centros de población e industrias. En la **Tabla 12** se presentan los atributos ambientales utilizados para la definición de la aptitud que dicho sector manifiesta en la región Ixmiquilpan.

Tabla 12. Atributos ambientales definidos para el sector ganadero.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Coeficiente de agostadero	0.080017
Distancia a zonas industriales	0.454381
Distancia a cuerpos de agua no contaminados	0.070676
Distancia a centros urbanos	0.394926

- Coeficiente de agostadero

Para el cálculo del coeficiente de agostadero se toma en cuenta el consumo anual de fitomasa en calidad de materia seca por parte de una unidad animal y la producción anual de forraje medido en peso de materia seca. Una unidad animal (UA) es igual a una vaca de 450 kg con su becerro y equivalentes en otras especies apacentes (**Tabla 13**). La unidad animal es una variable que forma parte del cálculo de la carga animal, que a su vez ayuda a calcular el coeficiente de agostadero, dicha carga animal está dada por:

$$Carga\ Animal = \frac{Producción\ (KgMS/UA/año)}{Consumo\ (KgMS/Ha/año)}$$

El coeficiente de agostadero es la superficie requerida para sostener una unidad animal (UA) al año, en forma permanente y sin deteriorar los recursos naturales. Se expresa en hectáreas por Unidad Animal al año (ha/UA/año), (PROGAN, 2003). Éste coeficiente se calcula mediante la expresión:

$$Coeficiente\ de\ Agostadero\ (\frac{Ha}{UA}) = \frac{1}{Carga\ Animal} = \frac{Consumo\ (KgMS/Ha/año)}{Producción\ (KgMS/UA/año)}$$

Para el cálculo del coeficiente de agostadero existen metodologías que varían dependiendo de la escala de estudio y de las variables a considerar para el ajuste de valores de tal coeficiente (INIFAP, 2006).

Tabla 13. Equivalencia de ganado a Unidades Animal.

GANADO	UNIDAD ANIMAL
BOVINO	
Una vaca de 400 kg a 450 kg de peso vivo	1.00
Una vaca adulta con su cría (menor de 7 meses)	1.00
Un toro adulto	1.25
Una cría de bovino destetada (de 8 meses a 12 meses)	0.60
Un bovino añojo (de más de 2 meses a menos de 17 meses)	0.70
Un bovino añojo (de 17 meses a menos de 22 meses)	0.75
Un bovino de 2 años	0.90
OVINO Y CAPRINO	
Una oveja con su cría	0.20
Un cordero o cabrito (del destete a los 12 meses)	0.12
Un cordero o tripón de más de 12 meses	0.14
Una cabra con cabrito	0.17
Sementales ovinos y caprinos	0.26
EQUINO	
Un caballo (mayor de 3 años)	1.25
Un caballo (de 2 años a 3 años)	1.00
Un caballo (menor de 2 años)	0.75
Una yegua con cría	1.25
Burro o mula	1.00
FAUNA SILVESTRE	
Un venado cola blanca	0.14
Un venado bura	0.25

Los valores de coeficiente de agostadero fueron tomados de la tabla de coeficiente de agostaderos por tipos de vegetación (**Tabla 14a**), la cual se basa en la clasificación de Miranda y Hernández (1963), éstos valores fueron asignados a cada polígono correspondiente a un tipo de vegetación en la cartografía de INEGI Serie IV a escala 1:250,000 del año 2009. Se asignaron valores de coeficiente de agostadero mediante homologación comparativa de los tipos de vegetación correspondientes a la clasificación de INEGI (2009) con la de Miranda y Hernández para obtener valores correctos de coeficientes

de agostadero basados en la cartografía de tipos de vegetación del área de estudio (**Tabla 15b**).

Tabla 16a. Coeficientes de agostadero por tipos de vegetación.

Tipo de Vegetación		Coeficiente mínimo (Ha/unidad animal)	Coeficiente máximo (Ha/unidad animal)	Coeficiente promedio (Ha/unidad animal)
Pastizal	Amacollado abierto	7.59	24.34	15.97
	Amacollado arbofrutescente	11.37	22	16.69
	Amacollado arborescente	13.5	18	15.75
	Halófito abierto	7	20.37	13.69
	Halófito arbofrutescente	9	19	14.00
	Inducido	7.41	10.4	8.91
	Mediano abierto	5.01	20.52	12.77
	Mediano arbofrutescente	8.05	23	15.53
	Mediano arborescente	11	18.24	14.62
	Vegetación halófita	7.6	48.19	27.90
Matorral	Alto espinoso	8.2	29	18.6
	Alto subinerme	10.3	28.73	19.52
	Arbocrasicaulescente	12.6	60	36.3
	Arbofrutescente	17	60	38.5
	Arborescente	9.8	44	26.9
	Bajo crasifolio	50	80	65
	Bajo espinoso	7.46	25.2	16.33
	Bajo subespinoso	24	40	32
	Crasicaule	9.16	24.63	16.9
	Crasirosulifolio espinoso	14.1	61.25	37.68
	Mediano crasicaulescente espinoso	23	23	23
	Mediano esclerófilo	21.41	25.92	23.67
	Mediano espinoso	8.79	35.46	22.13
	Mediano parvifolio	14.7	77.1	45.9
	Mediano parvifolio crasicaulescente	23	46	34.5
	Mediano subespinoso	21.9	48	34.95
	Mediano subinerme	12.3	43	27.65
	Oligocilindrocaule afilo	13.96	34.7	24.33
	Sarcocaulescente	25.2	50	37.6
	Sarcocrasicaulescente subinerme	34	60	47
	Vegetación de dunas	54	60	57

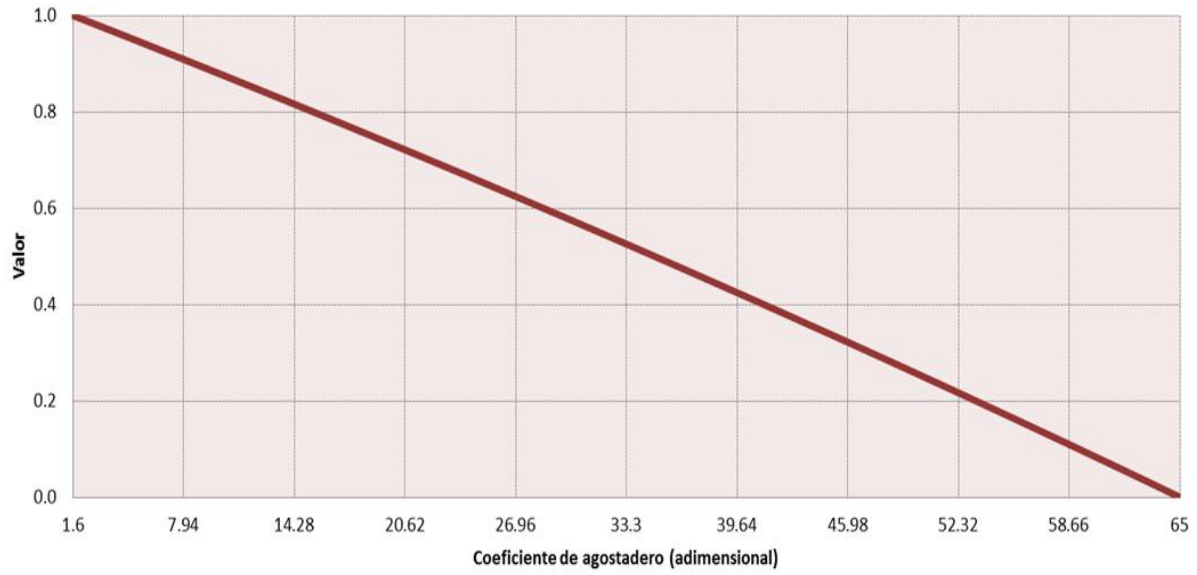
	Tipo de Vegetación	Coeficiente mínimo (Ha/unidad animal)	Coeficiente máximo (Ha/unidad animal)	Coeficiente promedio (Ha/unidad animal)
Selva	Alta perennifolia	0.8	3.44	2.12
	Alta subcaducifolia	1.2	2	1.6
	Alta subperennifolia	2.54	2.54	2.54
	Baja caducifolia	1.3	32.04	16.67
	Baja caducifolia espinosa	1.95	12	6.98
	Baja caducifolia subespinosa	6.3	14	10.15
	Baja perennifolia	2.3	2.3	2.3
	Baja subcaducifolia	4.3	4.9	4.6
	Baja subcaducifolia espinosa	13.66	13.66	13.66
	Baja subperennifolia	3.6	4.36	3.98
	Baja subperennifolia espinosa	7	7.8	7.4
	Baja subperennifolia subespinosa	2	2.5	2.25
	Mediana caducifolia	2	5.3	3.65
	Mediana perennifolia subespinosa	2.1	2.1	2.1
	Mediana subcaducifolia	0.9	8.58	4.74
	Mediana subcaducifolia subespinosa	3.8	3.8	3.8
	Mediana subperennifolia	0.8	6.84	3.82
Bosque	Aciculi-esclerófilo	2	30.77	16.39
	Aciculi-escuamifolio	18.9	21.4	20.15
	Aciculifolio	2.9	35.6	19.25
	Aciculi-linerifolio	2	32.8	17.40
	Caducifolio	1.1	20	10.55
	Caducifolio espinoso	5.47	27.4	16.44
	Esclero-aciculifolio	8.18	33.2	20.69
	Esclero-escuamifolio	17	26.3	21.65
	Esclerófilo perennifolio	0.8	18.6	9.70
	Esclerófilo-caducifolio	3.24	33.01	18.13
	Esclerófilo-subcaducifolio	10.4	10.4	10.40
	Escuamifolio	6.36	32.8	19.58
	Linearifolio	10.25	18.55	14.40
	Oligocilindrocaule rosulifolio	17.35	43.52	30.44
	Páramos de altura	24.6	24.6	24.60
	Vegas arboladas	4.5	4.5	4.50

Fuente: SAGARPA-COTECOCA (2009)

Tabla 16b. Homologación comparativa de tipos de vegetación para la asignación de coeficientes de agostadero.

CLASIFICACIÓN INEGI (2009)	CLASIFICACIÓN Miranda y Hernández (1963)	COEFICIENTE DE AGOSTADERO ASIGNADO
Bosque de Quercus	Bosque Esclerófilo Caducifolio	18.13
Matorral Crasicaule	Matorral Crasicaule	16.9
Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Crasirosulifolio espinoso	37.68
Pastizal inducido	Pastizal inducido	8.91
Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Quercus	Bosque Esclerófilo Caducifolio	18.13
Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Quercus	Matorral mediano esclerófilo	23.67
Vegetación Secundaria de Matorral Crasicaule	Matorral Crasicaule	16.9

Para normalizar los valores asignados a los polígonos delimitados por cada tipo de vegetación se tomaron como puntos de control los valores mínimos y máximos de coeficiente de agostadero promedio enlistados en la tabla 43. A este atributo se le aplicó una función lineal con decremento monotónico con el objetivo de llevar a cabo la normalización indicada (**Gráfica 14**).

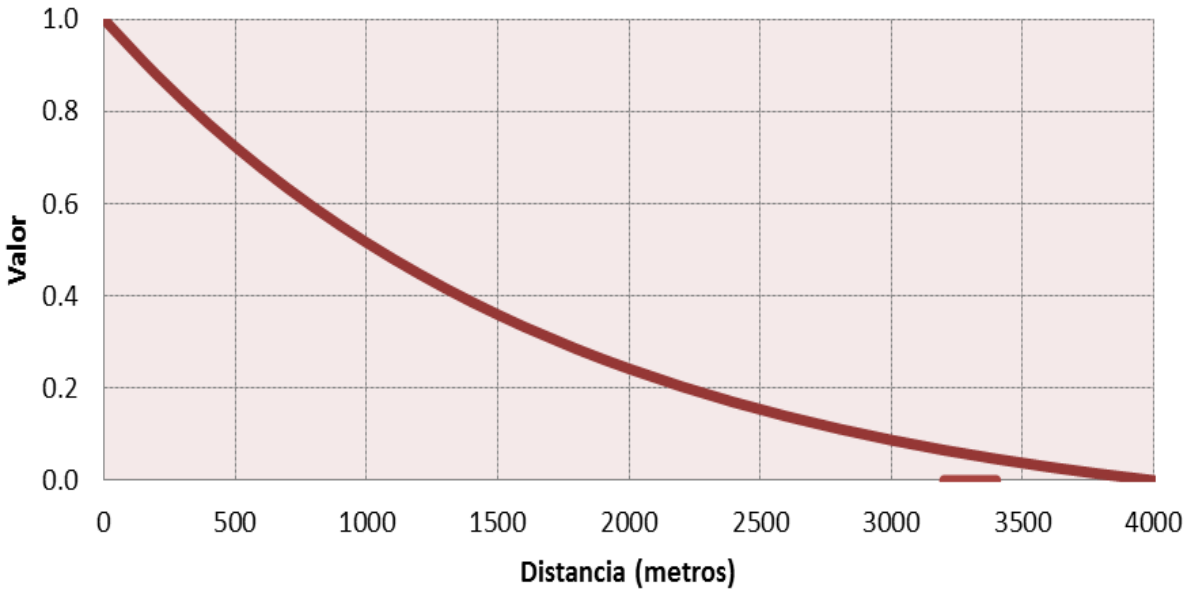


Gráfica 14. Función de valoración para el atributo coeficiente de agostadero. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo coeficiente de agostadero en el sector ganadero.

- Distancia a cuerpos de agua limpios

Éste atributo fue propuesto debido a que la disponibilidad de agua para abrevaderos es una condición muy significativa para el buen desarrollo de la actividad ganadera en la región. Los cuerpos de agua existentes deben garantizar una fuente de suministro de agua de adecuada calidad y en cantidad suficiente para el desarrollo del hato. Una distancia corta hacia tales fuentes de suministro de agua siempre es deseable para implementar con éxito un sistema de producción pecuario.

Para la modelación de éste factor se calcularon distancias euclidianas desde los cuerpos de agua hacia cada punto representado por un pixel en la capa raster correspondiente a los cuerpos de agua limpios, éstos valores se normalizaron mediante una función exponencial con decremento monotónico (**Gráfica 15**)



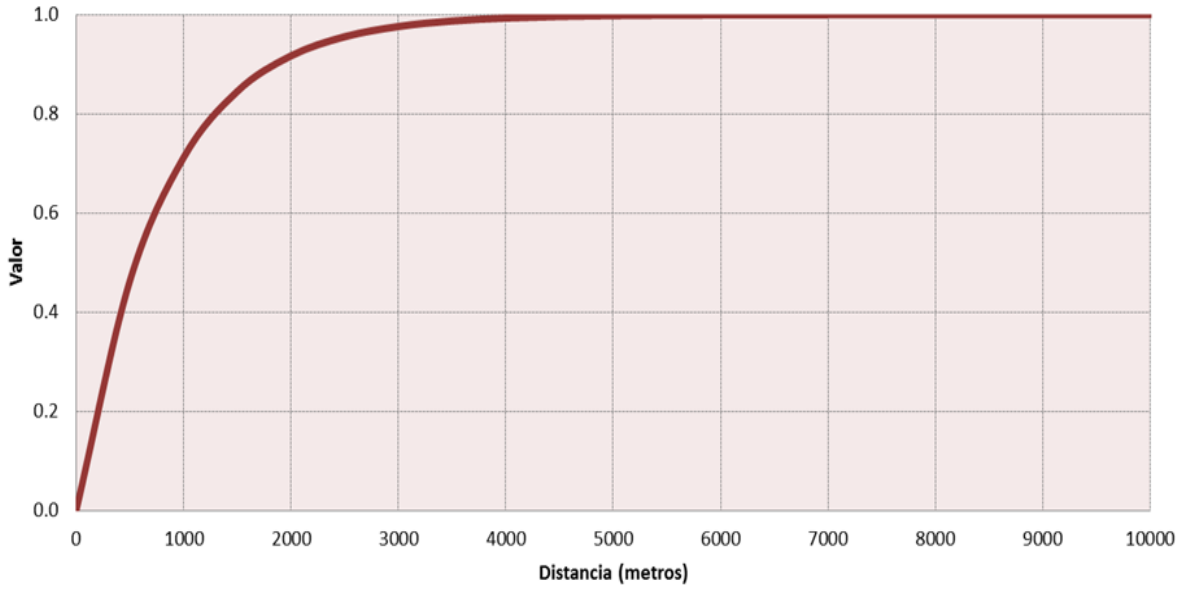
Gráfica 15. Función de valoración para el atributo distancia hacia cuerpos de agua limpios. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a cuerpos de agua limpios en el sector ganadero.

- Distancia a centros urbanos

Éste factor fue considerado a partir del hecho que la implementación de sistemas de producción ganadera trae consigo ciertas actividades que tienen un influencia negativa para la salud pública, es por tanto, muy importante considerar una distancia en la que el desarrollo ganadero no tenga un repercusión en la salud de la población, así mismo, las actividades humanas y el ser humano por sí mismo está en contacto constante con vectores de enfermedades animales por tanto se puede inferir que la lejanía entre asentamientos humanos y sistemas de explotación pecuarios es altamente benéfica, en este marco, para el desarrollo de ambas partes.

Éste factor se modeló mediante el cálculo de un área de amortiguamiento, dicha área constituye una zona donde a través de su radio es nulamente deseable establecer sistemas pecuarios de producción. En la normatividad mexicana no existe un radio definido de distancia recomendada de las granjas ganaderas a centros urbanos e industriales, ni se menciona alguna especificación sobre éste parámetro en los manuales de mejores prácticas de manejo pecuario del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), pero en base a otras normatividades como la normatividad de la consejería de agricultura, desarrollo rural, medio ambiente y energía del gobierno de Extremadura, en España, se determinó un valor de área buffer o de amortiguamiento; dicha reglamentación dicta que la distancia mínima de una explotación pecuaria hacia un centro urbano o casco industrial debe ser mínima de 1,500 metros. Al no tener algún dato oficial bajo el marco de la legalidad de la República Mexicana, se tomó como referencia dicho dato mencionado en la normatividad española.

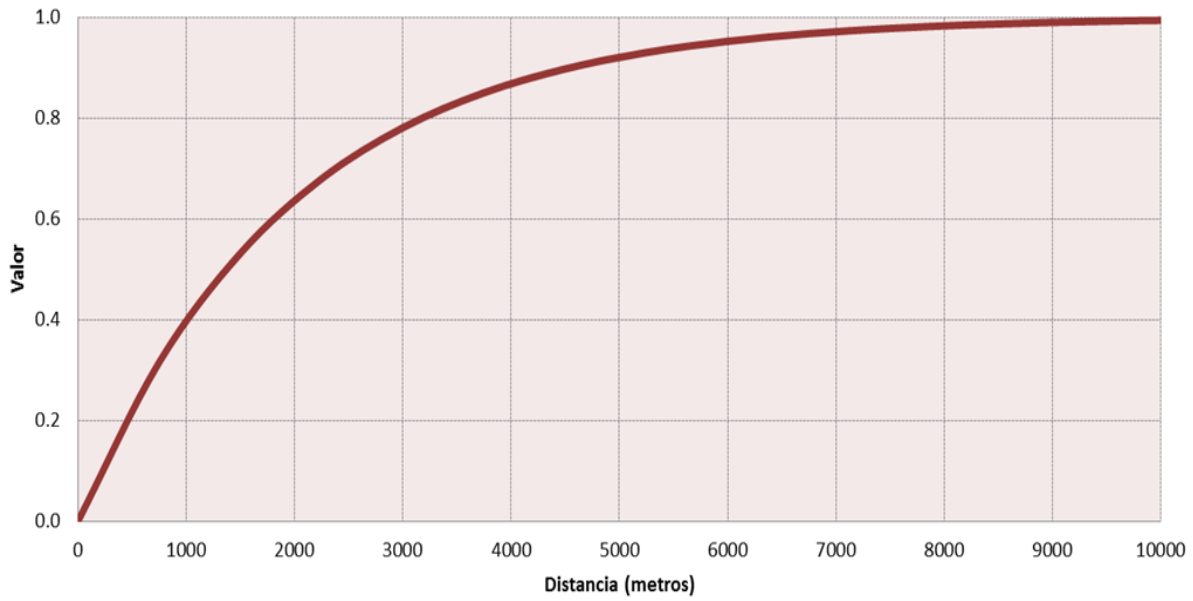
A tal efecto, se propone un área restrictiva de amortiguamiento equivalente a un kilómetro y medio a partir de los centros urbanos e industriales, después de mencionada distancia se dieron valores de aptitud a la distancia euclidiana calculada desde el área de amortiguamiento hasta los puntos fuera del área formada por el área buffer o amortiguadora y las áreas urbanas como tal. Tal normalización (asignación de valores de aptitud) se realizó mediante una función de curva en forma de J con incremento monotónico (**Gráfica 16**).



Gráfica 16. Función de valoración (normalización) para el atributo distancia a centros urbanos. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a centros urbanos en el sector ganadero.

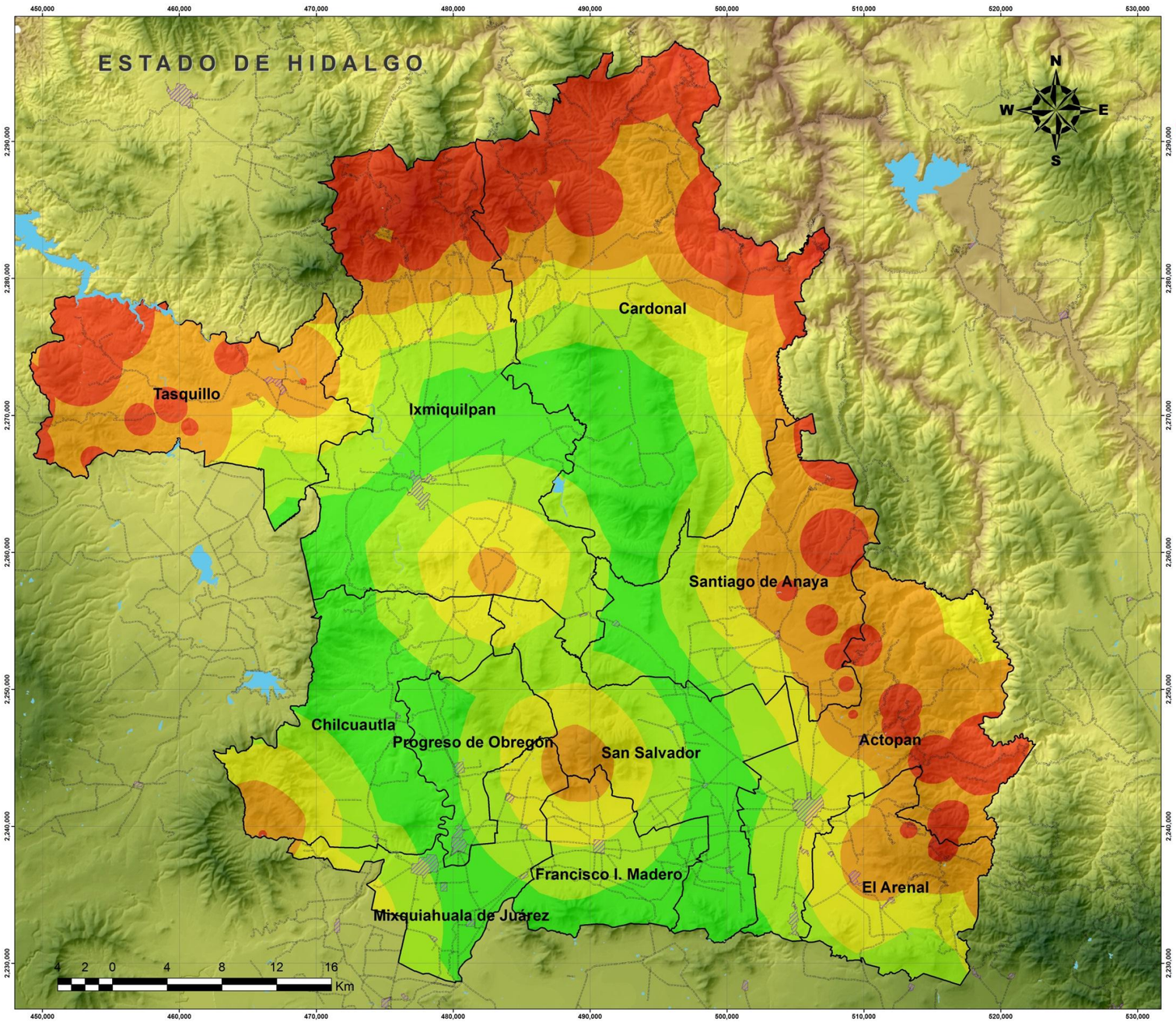
- Distancia a zonas industriales

La lejanía hacia zonas industriales es un atributo deseable en el desarrollo del sector ganadero ya que con ello se asegura la disminución de riesgos durante la producción, la seguridad en los puntos clave del proceso productivo y la obtención de un producto libre de contaminantes y de excelente calidad. En el apartado anterior, donde se habla de la distancia a centros urbanos como atributo o factor del territorio para el desarrollo del sector ganadero, se menciona que debido a la nula existencia de un valor paramétrico restrictivo de distancia hacia centros urbanos y zonas industriales a partir de centros de explotación ganadera, se tomó como valor de referencia la distancia de 1,500 metros considerados en la normatividad española tanto para la distancia de las unidades de producción pecuaria a centros urbanos como para la distancia de tales unidades a zonas industriales. Por tanto, en el modelado de éste último factor pero no menos importante, se delimitó un área de amortiguamiento a partir del perímetro de las zonas industriales, ésta área junto con el área abarcada por las zonas industriales como tal constituyen una zona donde es nula la factibilidad del desarrollo ganadero. A partir del perímetro de mencionadas zonas, se calcula la distancia de los puntos externos a tales áreas hacia ellas. La distancia calculada fue normalizada mediante una función en forma de "J" con incremento monotónico (**Gráfica 17**).



Gráfica 17. Función de valoración (normalización) para el atributo distancia a zonas industriales. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a zonas industriales en el sector ganadero.

A continuación en el **Mapa 11** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades ganaderas.





APTITUD GANADERÍA

LEYENDA

Aptitud ganadería

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 11. Aptitud para la ganadería en la Región Ixmiquilpan

III.4 SECTOR ACUÍCOLA

Durante la consulta realizada al panel de expertos, se planteó la necesidad de separar al sector acuícola en rústico y tecnificado debido a la diferencia en cuanto al nivel de infraestructura e insumos requeridos por cada uno, siendo mínimos en el caso de la acuicultura rústica, que pese a su escaso desarrollo en la región, la basta presencia de cuerpos de agua potencializa su aptitud. Para desarrollar un adecuado análisis de aptitud para este sector, es necesario enfatizar que la acuicultura rústica se practica como una actividad complementaria, ya que en la región de estudio se lleva a cabo en presas cuyo fin de construcción fue el de abastecer de agua las zonas de cultivos agrícolas y no la actividad pesquera y acuícola como tal. Además en los sistemas de producción acuícolas de la región los peces no reciben alimento complementario, se alimentan sólo de la producción natural de agua, de modo que las actividades llevadas a cabo se limitan a la siembra y cosecha de los peces. Dentro de este sector también están incluidos los sistemas de producción acuícola que hacen uso de estanques poco sofisticados con nula tecnificación como los embalses, donde el manejo de sus aguas es limitado. Además, el alimento suministrado es complementario al alimento natural producido por efectos de la fertilización.

En la **Tabla 17** se presentan los atributos ambientales considerados para el desarrollo de la actividad acuícola rústica.

Tabla 17. Atributos ambientales definidos para el sector acuícola.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Distancia a industrias	0.288664
Cuerpos de agua no contaminados	0.256085
Distancia a cuerpos de agua no contaminados	0.214072
Distancia a carreteras	0.116945
Pendiente (terrenos planos)	0.054284
Distancia a centros de población	0.069950

La matriz de ponderación que da origen a la ponderación o prioridad de cada atributo ambiental definido para el sector agrícola se presenta en el **Cuadro 12.**

Cuadro 12. Matriz de valoraciones pareadas para el sector acuícola tecnificado. Se muestran los valores de comparación pareada que dan origen a la ponderación de atributos del sector acuícola tecnificado.

	Distancia a cuerpos de agua no contaminados	Cuerpos de agua no contaminados	Distancia a centros de población	Distancia a carreteras	Distancia a industrias	Pendiente
Distancia a cuerpos de agua no contaminados	1	0.8	2.95454	2.95455	0.33	5.30304
Cuerpos de agua no contaminados	1.25	1	2.99243	2.95455	0.94286	4.96211
Distancia a centros de población	0.33846	0.33418	1	0.33846	0.35676	1.32576
Distancia a carreteras	0.33846	0.33846	2.95454	1	0.46316	2.27273
Distancia a industrias	3.0303	1.06061	2.80303	2.15909	1	3.10606
Pendiente	0.18857	0.20153	0.75429	0.44	0.32195	1

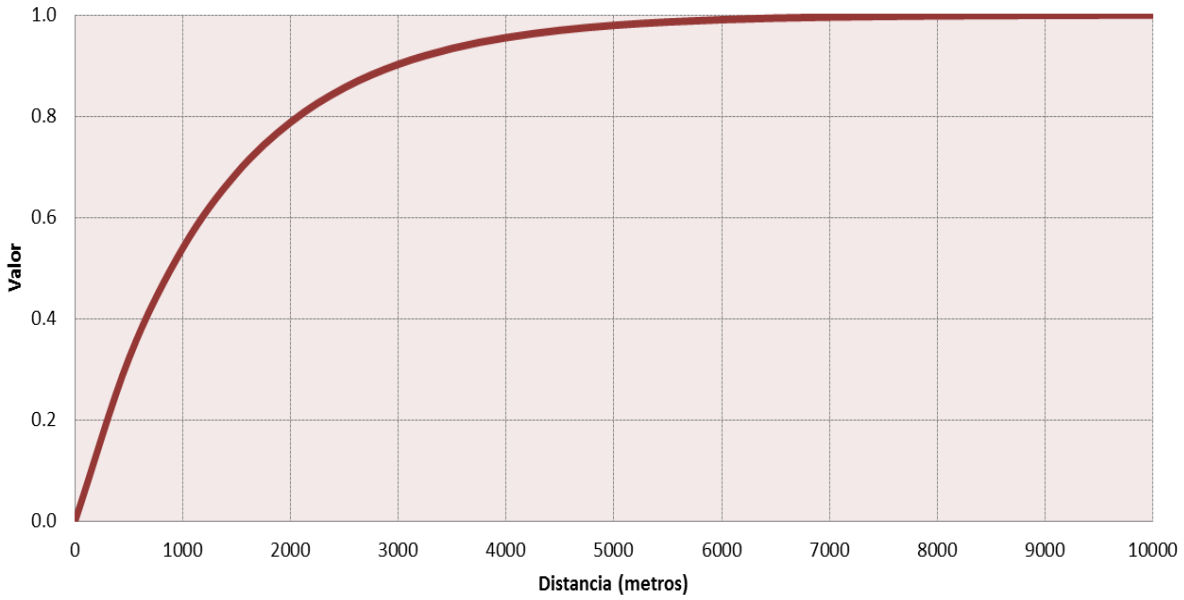
El atributo con mayor valor de prioridad para el sector acuícola rústico es la presencia de cuerpos de agua no contaminados, esto debido a que este tipo de actividad se realiza con mínima tecnificación, y dado que la presencia de cuerpos de agua superficiales, ya sean presas o embalses, es basta en la región, es el atributo ambiental que prácticamente rige la distribución espacial del gradiente de aptitud para dicho sector. A continuación se describe la valoración establecida para cada uno de los atributos ambientales de este sector.

- Distancia a industrias

De acuerdo con Sánchez y Salazar (2007)[13] uno de los factores importantes a considerar para la selección de lugares destinados a proyectos de acuicultura continental, es el tipo de actividades productivas en los alrededores, ya que en numerosas ocasiones tanto los costos y niveles de producción pueden estar influenciados por la presencia de actividades productivas favorables o en su defecto perjudiciales. Debido a que las industrias presentes en la zona son generadoras de contaminantes que pueden causar daños en los cuerpos de agua superficiales es importante que las áreas destinadas a los criaderos de peces se encuentren lo más alejado posible de las zonas industriales, mismas que se concentran en la región Sur del área en estudio; considerando lo anterior el rango de distancia ideal para las zonas con mayor potencial para implementar la acuacultura rústica es amplio,

[13] Sánchez O. y R. Salazar. 2007. Infraestructura hidráulica para acuicultura, un aporte en la compilación y adaptación del conocimiento ingenieril a la acuicultura. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Año II, Vol. 2, 2007. ISSN 1909-8138.

encontrándose la mayor aptitud en la parte Norte de la región. Para éste atributo, el nivel de idoneidad es directamente proporcional a la distancia a las industrias, es decir que a mayor distancia, mayor potencial para el desarrollo de las actividades del sector de acuicultura rústica. Como puede observarse en la **Gráfica 18** el rango de distancia de los a los 2,000 m en adelante presenta los mayores valores de idoneidad (0.8 - 1). A pesar de que la mayoría de la contaminación de cuerpos de agua se da en los ríos se incluyó este atributo como principio precautorio



Gráfica 18. Comportamiento de la valoración del atributo distancia a industrias. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a industrias en el sector acuícola rústico. En el eje de las "x" se representa la distancia a las industrias en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

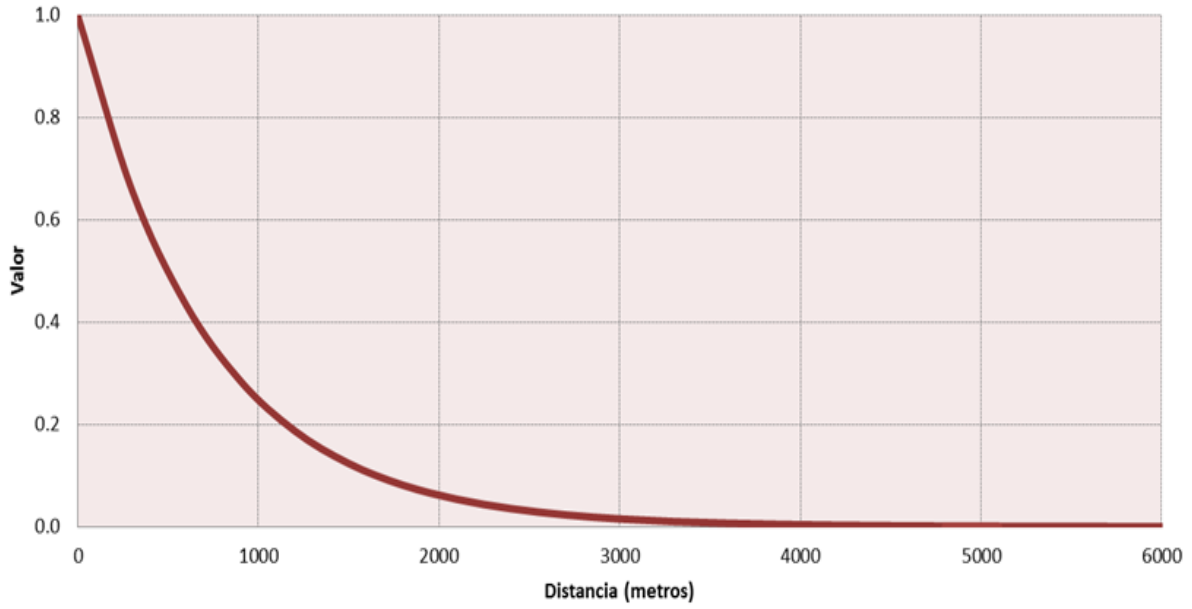
- Cuerpos de agua no contaminados

La acuicultura rústica es una forma económica y común en zonas rurales para implementar criaderos de peces, se compone de cuerpos de agua de poca profundidad usados como cultivos de especies acuáticas; para que sean exitosos deben contar con un abastecimiento de agua constante que no esté contaminada. En la zona en estudio se encuentran una gran cantidad de cuerpos de agua que cumplen con los requerimientos necesarios para aprovecharse como criaderos acuícolas rústicos, lo cual representaría una fuente de ingresos alterna, con baja inversión económica para las comunidades rurales. El cuerpo de agua más representativo para este rubro es la presa Requena, que al contrario de la presenta Endhó no presenta un grado de contaminación que impida el desarrollo de las actividades pesqueras y acuícolas. La valoración de este atributo se realizó en base a la presencia o ausencia de los cuerpos de agua adecuados para el desarrollo acuícola rústico (no tecnificado), donde a la presencia de un cuerpo de agua posee un valor de 1 y por el contrario al ausencia de un cuerpo de agua con calidad aceptable presenta un valor de 0.

Para la adecuada valoración de este atributo se realizó una discriminación de los cuerpos de agua presentes en la zona de estudio con base en el trabajo de campo e información recabada en los talleres.

- Distancia a cuerpos de agua no contaminados

Se determinó que no sólo los cuerpos de agua por si mismos influyen en el desarrollo del tipo de actividades realizadas por el sector acuícola rústico, ya que la cercanía a un cuerpo de agua, ya sea represa o embalse, hace posible el establecimiento de un sistema de producción semi-intensiva de baja infraestructura. La factibilidad de establecimiento de dichos sistemas posee un rango de distribución estrecho a partir de los cuerpos de agua existentes que no presentan niveles de contaminación que impidan la instalación de sistemas acuícolas; esto debido principalmente a los costos asociados al bombeo de agua.
Por lo tanto se requiere que los sistemas acuícolas se encuentren ubicados en los cuerpos de agua o en su defecto en terrenos muy cercanos a estos. La valoración de este atributo en una escala de ideales se presenta en la gráfica de la **Gráfica 19**, en donde se manifiesta que los valores deseables de distancia a los cuerpos de agua no contaminados se encuentran en el rango de 0-200 metros y a partir de los 500 metros decrece considerablemente el potencial acuícola considerando este atributo. La gráfica también señala que en la región de estudio la distancia máxima posible a los cuerpos de agua, sean estos embalses o represas, es de 6000 metros, con lo cual queda manifestado que el rango ideal para este atributo es estrecho.

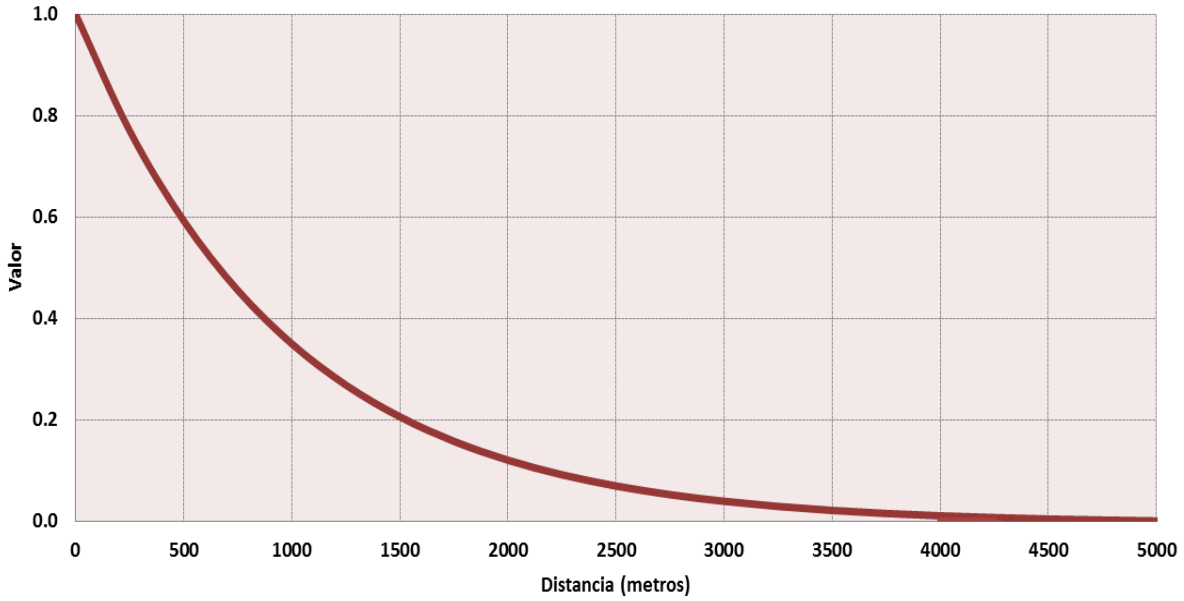


Gráfica 19. Comportamiento de la valoración del atributo distancia a cuerpos de agua no contaminados. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a cuerpos de agua no contaminados en el sector acuícola rústico. En el eje de las "x" se representa la distancia en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a carreteras

En la mayoría de los sistemas acuícolas la distribución y venta de la producción es un factor a considerar para el establecimiento de los mismos, de tal manera que la cercanía y disponibilidad de vías de comunicación terrestre (caminos y carreteras) es un atributo importante para el sector; y bajo el supuesto básico de que a mayor cercanía a los caminos y carreteras, mejores serán las oportunidades de distribuir y vender peces cultivados, la valoración de este atributo se determinó a partir del rango de distancias a caminos y carreteras encontrado en la región de estudio, el cual va de 0 a 5000 metros. La cercanía a las vías de comunicación terrestre permite además, la posibilidad de establecer puntos de venta como restaurantes.

A partir del rango de distancias encontrado en la región de estudio y considerando los supuestos descritos, se determinó que el rango ideal de distancia a caminos y carreteras que aumenten la oportunidad de distribución y venta para los sistemas acuícolas es de 0 a 250 metros (Valor > 0.9). El comportamiento de los valores ideales con respecto a las unidades de distancia se muestra en la **Gráfica 20**.



Gráfica 20. Función de valor atributo distancia a caminos. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a caminos en el sector acuícola rústico. En el eje de las "x" se representa la distancia a los caminos en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Pendiente

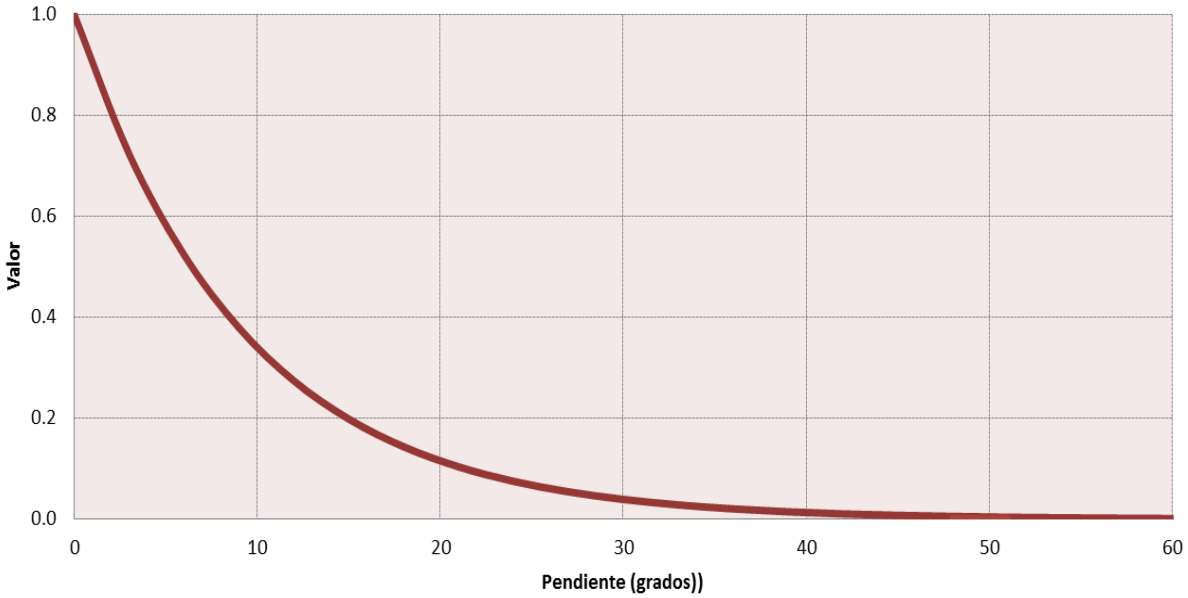
En los sistemas de producción acuícola establecidos en corrientes de aguas superficiales como ríos o arroyos es importante que exista un gradiente considerable en la pendiente del terreno, sin embargo para la región de estudio no se considera factible la producción de sistemas acuícolas en estos cuerpos de agua debido al carga de contaminantes que presentan la mayoría, producto de las descargas de aguas negras municipales. Por tal motivo se ha considerado únicamente la producción acuícola en presas y embalses, ya sean naturales o artificiales. Dadas estas premisas se tiene que lo ideal para los sistemas productivos considerados es contar con terrenos de pendiente escaza a moderada. De acuerdo con la FAO (1997)[14] el parámetro pendiente para producciones acuícolas en agua dulce se manifiesta en los umbrales presentados en la **Tabla 18**

Tabla 18. Valoración de la pendiente para sistemas de producción dulce acuícolas. Fuente: FAO (Op. Cit.)

Nivel de aptitud	Rango de pendiente (en porcentaje)	Rango de pendiente (en grados)
Muy apta	0 - 2	0 – 1.15
Apta a moderadamente apta	2 – 8	1.15 – 4.57
No apta	> 8	> 4.57

Considerando que estos rangos de valoración fueron determinados para una escala de análisis que considera la extensión de varios países se realizó un ajuste, a fin de considerar la escala de estudio y la determinación de limites difusos, de tal forma que la valoración final de este parámetro, en una escala de ideales se presenta en la **Gráfica 21**, donde los valores de pendiente por arriba de los 5 grados poseen valores de menores a 0.6.

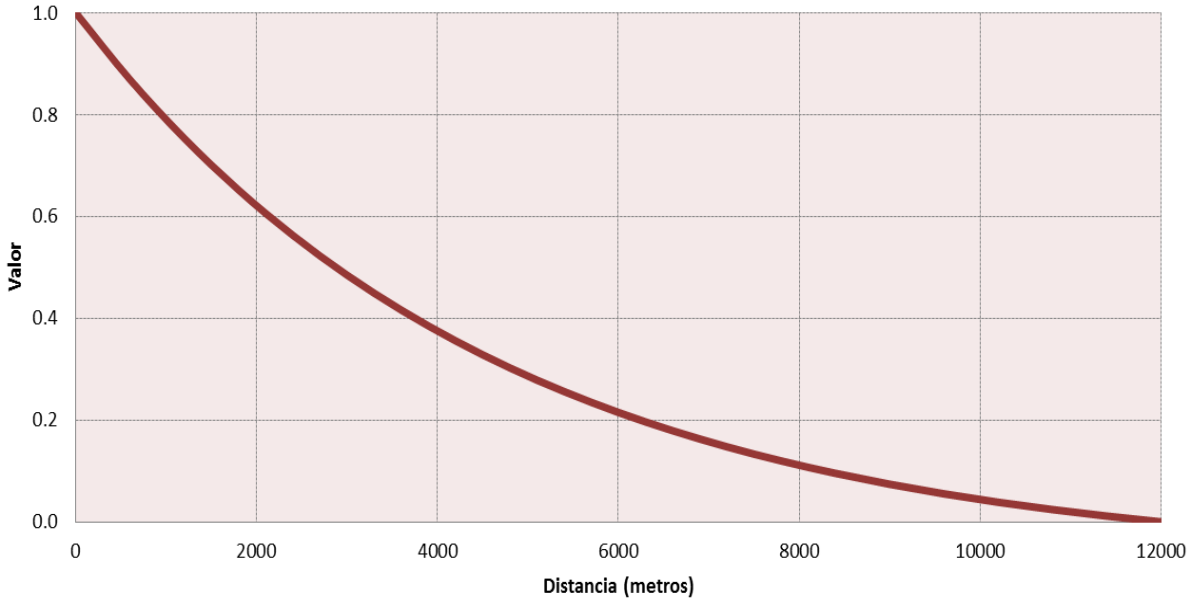
[14] Kapetsky, J. M.; Nath, S. S. 1997. A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America. COPESCAL Technical Paper. N°10. Rome, FAO. 128p.



Gráfica 21. Función de valoración para el atributo pendiente. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo pendiente en el sector acuícola rústico. En el eje de las "x" se representa la pendiente en grados y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

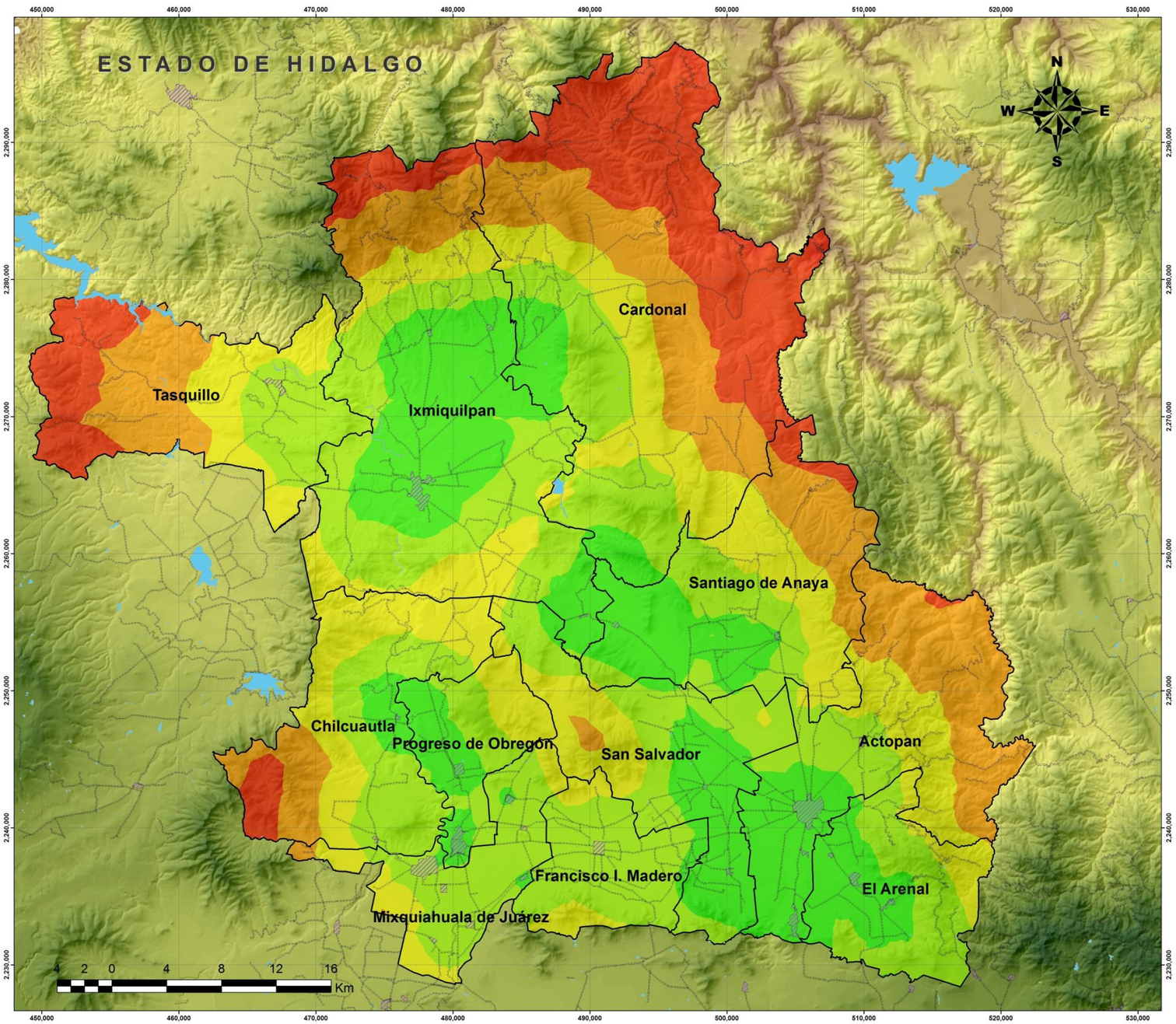
- Distancia a centros de población (centros de consumo)

La mayoría de los sistemas de producción acuícola en el país no se encuentran dentro de los centros de población, esto debido a la disponibilidad de espacio, ocupaciones de suelo ligadas al uso habitacional y la ausencia de cuerpos de naturales o artificiales. Sin embargo, si se considera el factor de distribución y venta, lo más conveniente para la factibilidad económica de los proyectos acuícolas es que se encuentren cercanos a centros de consumo y que dicha distancia permita el desarrollo de la actividad de manera que los costos asociados al transporte, almacenamiento o refrigeración no representen grandes limitantes. Para el caso de la acuicultura rústica, caracterizada por sistemas de producción extensivos con rendimientos bajos y medios, los centros de consumo están asociados a los centros de población rurales donde se establece un sistema de mercado local. Existe diferencia en cuanto a la valoración de la distancia ideal a los centros de población entre el sector acuícola rústico y tecnificado, ya que para el primero el mercado y distribución potencial se desarrolla a un nivel local debido a que la producción de los sistemas tradicionales o extensivos generan rendimientos que varían entre 0.45 y 2.45 ton/ha/año, en función de la densidad de siembra (Hernández-Avilés y Peña, 1992), mientras que en sistemas semi-intensivos, como el caso de la granja integral de Tezontepec de Aldama, se obtienen rendimientos que oscilan entre 1.5 y 4.25 ton/ha/año (Hernández-Avilés *et al.,* 2007). Esta diferencia propicia que para la acuicultura rustica los mercados sean de tipo local, y por consiguiente la valoración de este atributo se encuentra acotada a los centros de población rural con un comportamiento como el que manifiesta la gráfica de la **Gráfica 22**, donde el rango ideal de distancia a los centros de población (entre 1 y 0.8) se manifiesta hasta los 1000 metros.



Gráfica 22. Función de valoración para el atributo distancia a centros de población. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a centros de población en el sector acuícola rústico.

En el **Mapa 12** se presenta el gradiente de aptitud en la región Ixmiquilpan para el sector acuícola.



LOCALIZACIÓN



APTITUD ACUICULTURA

LEYENDA

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 12. Aptitud para la acuicultura en la Región Ixmiquilpan

III.5 SECTOR FORESTAL MADERABLE

Aunque la presencia de bosques con características dasométricas aprovechables comercialmente en la zona de estudio es escasa, de acuerdo con los datos del Estudio Regional Forestal, Valle del Mezquital[15], y la presencia de un aprovechamiento forestal es en su mayoría de categoría media, se incluyó el análisis de aptitud para el sector forestal maderable, debido a que en la región existen zonas donde aún se presenta rodales sanos de bosque de encino.

Por otra parte en los talleres participativos el sector forestal definió como objetivo el aumento de la superficie forestal en lugar de incrementar la producción de bienes tanto maderables y no maderables, esto debido a que los integrantes de dicho sector consideran que un aumento en la superficie forestal incidirá en el incremento de las posibilidades de aprovechamiento forestal maderable y no maderable. Para alcanzar el objetivo o meta planteada en los talleres participativos se consideró indispensable la localización de áreas en las que se pueda realizar la reforestación mediante la introducción de especies nativas; por tal razón, los atributos ambientales se encuentran relacionados con sitios ideales para llevar a cabo una reforestación con especies nativas y como consecuencia se obtendría el incremento del potencial de aprovechamiento forestal. Así mismo, se consideró apropiado establecer un mapa de aptitud para los aprovechamientos maderables y los no maderables, pues si bien tienen atributos de valoración común, también existen atributos en los que su valoración, en términos de aptitud, difiere considerablemente, atributos como la temperatura, precipitación y altitud son los que muestran diferencia en la forma de ser valorados de acuerdo con el tipo de aprovechamiento. Los atributos ambientales utilizados para la determinación de la aptitud forestal de la región se presentan en la **Tabla 19**.

Tabla 19. Atributos ambientales definidos para el sector forestal.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Tipo de suelo	0.289959
Zonas con especies nativas	0.220702
Zonas erosionadas	0.149999
Accesibilidad a zonas forestales	0.122711
Precipitación	0.114036
Temperatura	0.038441
Pendiente	0.034798

[15] Estudio Regional Forestal, Valle del Mezquital, Hidalgo. UMAFOR 1304, Asociación de Silvicultores de la Región del Valle del Mezquital A. C, 2010.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Altitud	0.029353

La matriz resultante de la comparación pareada realizada en el software Super Decisions y que dio origen a los valores presentados en la tabla anterior se muestra en el **Cuadro 13.**

Cuadro 13. Matriz de valoraciones pareadas para el sector forestal maderable. Se muestran los valores de comparación pareada que dan origen a la ponderación de atributos del sector forestal.

ATRIBUTOS	Altitud	Pendiente	Precipitación	Temperatura	Tipo de suelo	Accesibilidad	Zonas con especies nativas	Zonas erosionadas
Altitud	1	1.1742	0.2491	1.4015	0.1327	0.1427	0.1263	0.1245
Pendiente	0.8516	1	0.825	0.3342	0.1681	0.2467	0.1435	0.1660
Precipitación	4.0151	1.2121	1	3.0303	0.33	1.8182	0.6769	0.88
Temperatura	0.7135	2.9924	0.33	1	0.1427	0.1419	0.1985	0.2015
Tipo de suelo	7.5379	5.9470	3.0303	7.0076	1	3.9773	1.5151	2.4242
Accesibilidad	7.0076	4.0530	0.55	7.0455	0.2514	1	0.3342	0.7765
Zonas con especies nativas	7.9177	6.9697	1.4773	5.0379	0.66	2.9924	1	2.0076
Zonas erosionadas	8.0303	6.0227	1.1364	4.9621	0.4125	1.2879	0.4981	1

A continuación se presenta la valoración intrínseca de cada atributo.

- Tipo de suelo

Es el atributo de mayor importancia para el sector forestal maderable, sin embargo su valoración en términos de aptitud forestal es compleja debido a que generalmente los suelos que no tienen interés para la agricultura por presentar alguna limitante potencial, ya sea física o química, son los que se han destinado al uso forestal. Debido a esto para la valoración de los suelos en cuanto a su aptitud para el aprovechamiento forestal, se obtuvo la superficie de cada unidad edafológica en los tipos de vegetación forestal con información de fechas distintas, obteniendo que cerca del 51.74% de la superficie forestal actual se encuentra en suelos de tipo Litosol (I), en segundo lugar se encuentra el suelo de tipo Feozem háplico (Hh) ocupando el 37.2% de la superficie forestal (**Tabla 20**)

Tabla 20. Superficie por tipo de suelo en la vegetación forestal de la zona de estudio.

Tipo de suelo	Clave	Superficie	Porcentaje
Cambisol calcárico	Bc	29.80	0.12%
Cambisol eutrico	Be	191.47	0.76%
Cambisol cálcico	Bk	1.26	0.01%
Rendzinas	E	266.71	1.07%
Feozem calcárico	Hc	549.76	2.20%
Feozem háplico	Hh	9,315.52	37.20%
Feozem lúvico	Hl	332.99	1.33%
Litosol	I	12,956.89	51.74%
Luvisol crómico	Lc	59.14	0.24%
Regosol calcárico	Rc	37.91	0.15%
Regosol eutrico	Re	134.16	0.54%
Vertisol pélico	Vp	1,164.45	4.65%
Total general		25,040.06	100.00%

Dados los resultados de la tabla anterior los tipos de suelos con mayor valor para la aptitud forestal dentro de la región de estudio son aquellos de tipo Litosol (I) y Feozem háplico (Hh) que cuenten con vegetación de tipo forestal. Cabe mencionar que el tipo de uso de suelo y vegetación representa un factor importante a tomar en cuenta para la valoración de este atributo, ya que existen tipos de suelo que no presentan ningún limitante físico o químico para el establecimiento de aprovechamientos forestales, sin embargo se ven limitados por el uso que poseen actualmente, por ejemplo, en gran parte de las zonas agrícolas los suelos son de tipo Vertisol con alta fertilidad y condiciones que no limitan el desarrollo de vegetación forestal, sin embargo los niveles de producción agrícola que se presentan hacen imposible la conversión a usos forestales. Considerando, tanto los tipos de suelos en vegetación forestal y los tipos de suelos en usos de suelo distintos se llevó a cabo la valoración como se presenta en el **Cuadro 14**, donde se presentan los valores para cada interacción suelo-vegetación.

Cuadro 14. Valoración del atributo suelo en base al tipo de vegetación y uso de suelo.

	AH	BQ	DV	MC	MDR	PI	RA	RAS	TA	TAP	VSa/BQ	VSa/MC
Bc		0.7				0.7			0.7		0.7	

	AH	BQ	DV	MC	MDR	PI	RA	RAS	TA	TAP	VSa/BQ	VSa/MC
Be				0.6	0.7	0.7		0.5	0.7		0.7	0.7
Bk				0.7					0.7	0.7		
E	0.7			0.52		0.58		0.60	0.60	0.7	0.5	0.61
Hc	0.7		0.7	0.69		0.7		0.66	0.69	0.7		0.7
Hh	0.71	0.7	0.66	0.65	0.5	0.67	0.2	0.64	0.66	0.69	0.7	0.63
Hl		1				0.8	0.3	0.24	0.7		0.7	0.7
I	0.46	1	0.46	0.62	1	0.61	0.45	0.58	0.58	0.75	0.80	0.80
Je							0.5	0.7	0.7			0.7
Lc		1				0.8	0.25		0.7		0.7	
Rc				0.7		0.7			0.7	0.7		
Re				0.7		0.65		0.65	0.7		0.7	0.7
Vc						0.7	0.7		0.7			0.7
Vp	0.35	0.7		0.67	0.01	0.67	0.7	0.63	0.64	0.52	0.7	0.59
Wm						0.01			0.001	0.001		

*AH= Asentamiento humano, BQ= Bosque de encino, MC= Matorral crassicaule, MDR= Matorral desértico rosetófilo, PI= Pastizal inducido, RA= Agricultura de riego, RAS= Agricultura de riego de ciclo anual permanente, TA= Agricultura de temporal, TAP= Agricultura de temporal de ciclo anual permanente, VSa/BQ= Vegetación secundaria arbustiva derivada de bosque de encino, VSa/MC= Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral crassicaule.

- Zonas con especies nativas

Las zonas con presencia de especies nativas de la región representan un atributo importante para el alcance del objetivo determinado por el sector, ya que funcionan como bancos de germoplasma de donde es posible obtener semillas ya sea por recolección o por dispersión natural. Cabe mencionar que para establecer un marco de referencia concreto y adecuado se consideró como vegetación forestal aquella que la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) en su Capítulo II, Artículo 7, apartado XLVIII define como: El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales[16].

Para el sector forestal maderable las zonas con especies nativas corresponden a los rodales existentes de bosque de encino y los tipos de vegetación secundaria derivados de este. Una vez determinados dichos rodales se estableció una zona de influencia de dispersión de semillas difusa, cuya intensidad es mayor dentro de los primeros 150 metros de distancia a

[16] Fracción recorrida DOF 16-11-2011, 04-06-2012

los bordes de la vegetación de bosque de encino y por último se definió un mapa de valoración binaria.

- Zonas erosionadas

De acuerdo al mapa de Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana elaborado por la SEMARNAT y el Colegio de Postgraduados en 2002, en la región de estudio se presentan seis grados de erosión: suelo estable, erosión leve, erosión moderada, erosión moderada con riesgo, erosión fuerte y erosión extrema. De acuerdo con Arriaga *et al.* (1994)[17], para el adecuado desarrollo de proyectos de reforestación o restauración es necesario que los sitios a reforestar no presenten una degradación severa que limite considerablemente el desarrollo de los nuevos individuos, de tal forma que lo ideal es considerar estados de degradación entre moderados y leves. Sin embargo en la región de estudio los sitios con vegetación forestal (definida ésta de acuerdo al concepto que marca la LGDFS) se encuentran principalmente en zonas con erosión en la categoría de leve y fuerte, mientras que los sitios que presentan erosión moderada se encuentran prácticamente en su totalidad dentro de las superficies agrícolas irrigadas y de temporal.

Para la representación cartográfica de este atributo se consideraron aptas aquellas zonas cuya erosión es leve y fuerte, siendo esta última una categoría en la cual la erosión no se desarrolla en un nivel crítico que impida el desarrollo de renuevo forestal y por lo tanto tiene, junto con la categoría de leve, un valor de 1 en la escala de ideales. Cabe señalar que el resto de las áreas con otra categoría de erosión poseen el valor de 0 en la escala de ideales.

- Accesibilidad a zonas forestales

La producción y aprovechamiento forestal maderable es una actividad en la cual es de suma importancia no sólo contar con caminos y carreteras de acceso, sino también que dichos caminos y carreteras integren una red que permita hacer eficiente el transporte de los productos y materias primas necesarias para el desarrollo de las actividades propias del sector. Por ello como atributo ambiental se considera la accesibilidad, la cual se expresa como una medida del grado de acceso que se tiene a una zona a través de la presencia de caminos y el tiempo o eficiencia en el recorrido de dichos caminos, lo cual estará, en la mayoría de los casos, definido por el estado de los mismo y la facilidad de tránsito vehicular.

La representación espacial de la accesibilidad se lleva a cabo mediante un modelo de costo y fricción (Farrow y Nelson, 2001); el modelo cartográfico de accesibilidad calculado mediante dicho modelo de costo y fricción consiste en dar valores de fricción a la red de carreteras y caminos según el tipo de vía (Gómez, 2011). Los valores de fricción propuestos por Gómez fueron adaptados a los tipos de carreteras y caminos existentes en la zona de influencia de la región Ixmiquilpan (**Tabla 21**). Para efecto de entender este componente,

[17] Arriaga M., V. Cervantes y A. Vargas. 1994. Manual de reforestación con especies nativas. Colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Desarrollo Social. México, D.F.

fricción significa valor adimensional de impedancia para recorrer una vía asignado en base a la apreciación del tipo y condición de la vía. El valor de fricción será menor cuando la carretera o camino sea una vía que tenga las condiciones necesarias para hacer más eficiente el recorrido.

Tabla 21. Valores de fricción asignados a los tipos de vías de comunicación existentes en el área de influencia de la región Ixmiquilpan.

TIPO DE VÍA	FRICCIÓN
Autopista	1
Carretera de dos carriles	2
Carretera de un carril	3
Brecha	7
Terracería	50
Vereda	50

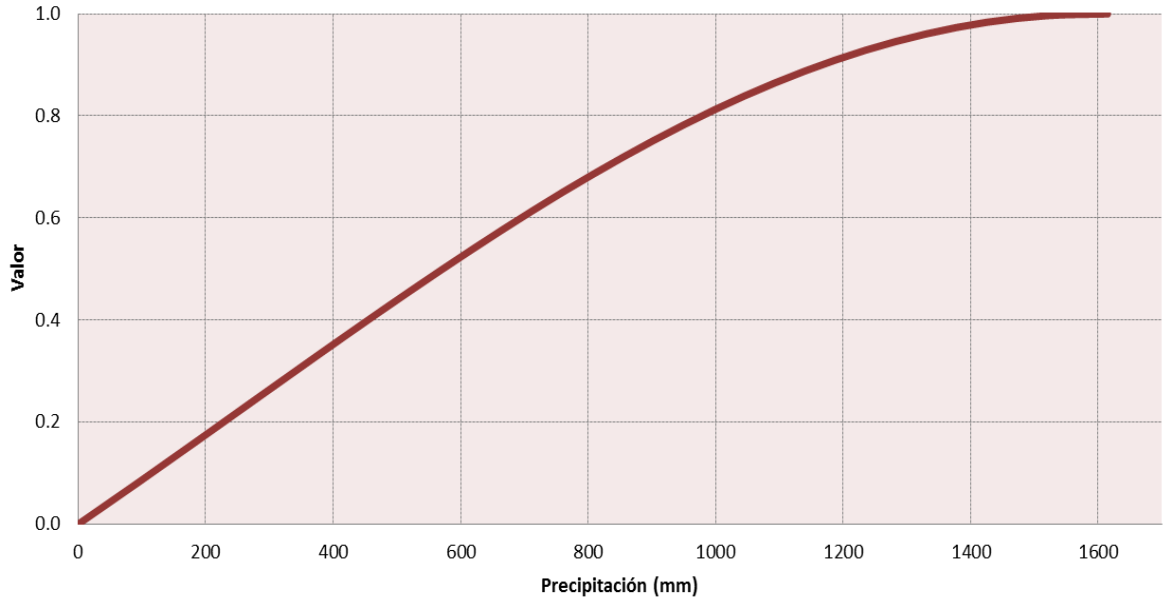
Después de dar valores de fricción a cada tipo de vía se procedió a realizar el cálculo de costo en términos de tiempo empleado en segundos para desplazarse desde cada núcleo urbano por carretera, para ello se emplea como variable la superficie de origen constituida por polígonos correspondientes a las zonas forestales existentes en el la región de estudio y la superficie de fricción (generada en la asignación de valores de fricción a las carreteras y caminos). A éste costo de desplazamiento a lo largo de la red viaria, hay que sumarle el costo de llegar a un punto cualquiera en la región desde los centros urbanos, para lo cual se calcula una distancia euclidiana hacia cada vía con su correspondiente valor de costo y la distancia calculada se asigna espacialmente a los valores de costo calculado para obtener el costo de desplazamiento hacia cualquier punto desde los núcleos urbanos, los valores de accesibilidad se obtienen sumando los costos de desplazamiento por la red viaria y los costos de desplazamiento hacia los sitios forestales desde cualquier punto, es decir, la accesibilidad, bajo éste marco, una función de costo total de desplazamiento influido por la fricción hacia los sitios con vegetación forestal.

- Precipitación

Muchas de las especies que se encuentran en el tipo de vegetación forestal presentan una distribución espacial en rangos de precipitación específicos. Para las especies dominantes en el bosque de encino, como el *Quercus rugosa*, el rango de precipitación ideal para su distribución es de 1,230 a 1,619 mm anuales, de acuerdo con las fichas técnicas del Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF). Sin embargo en la región Ixmiquilpan es

posible encontrar bosques de encino con esta especie en zonas donde la precipitación llega a ser de hasta 600 mm anuales, aunque la talla del arbolado es significativamente menor.

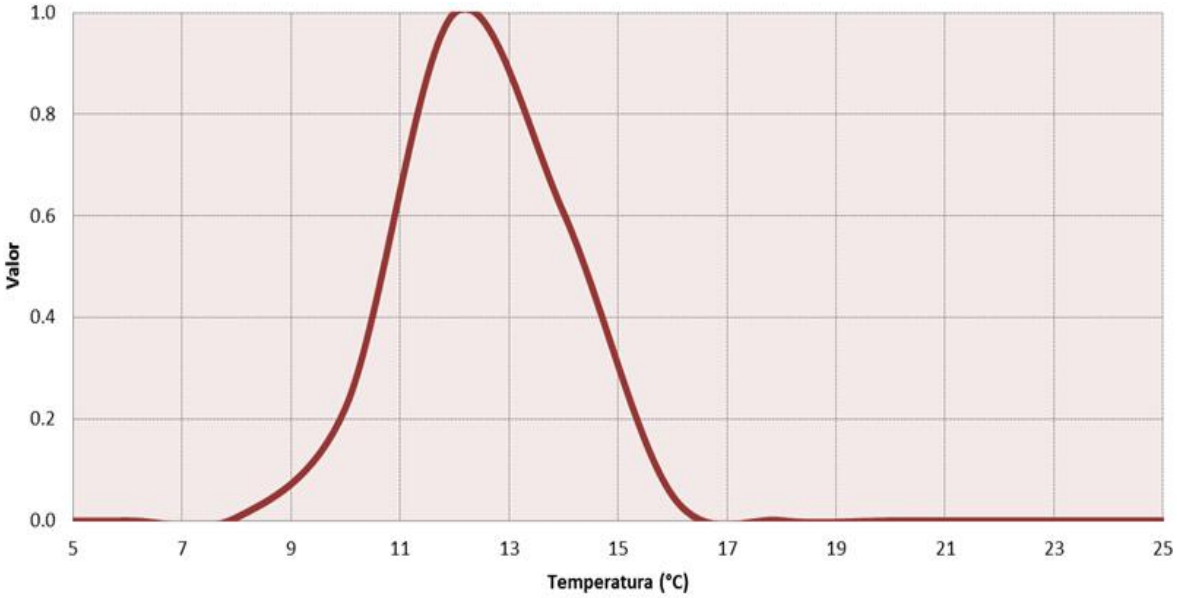
Derivada de la los datos anteriores se concluye que la valoración de la precipitación en términos de aptitud para el sector forestal maderable es directamente proporcional al incremento de la precipitación, aunque presenta un valor pico en el rango de los 1,600 mm. Considerando esto se llevó a cabo el diseño de una función de valor ajustada al rango ideal identificado, de modo que el grado de idoneidad del atributo en comento mantiene un comportamiento directamente proporcional al incremento de la precipitación tal y como se muestra en la **Gráfica 23.**



Gráfica 23. Función de valoración para el atributo precipitación. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo precipitación en el sector forestal maderable.

- Temperatura

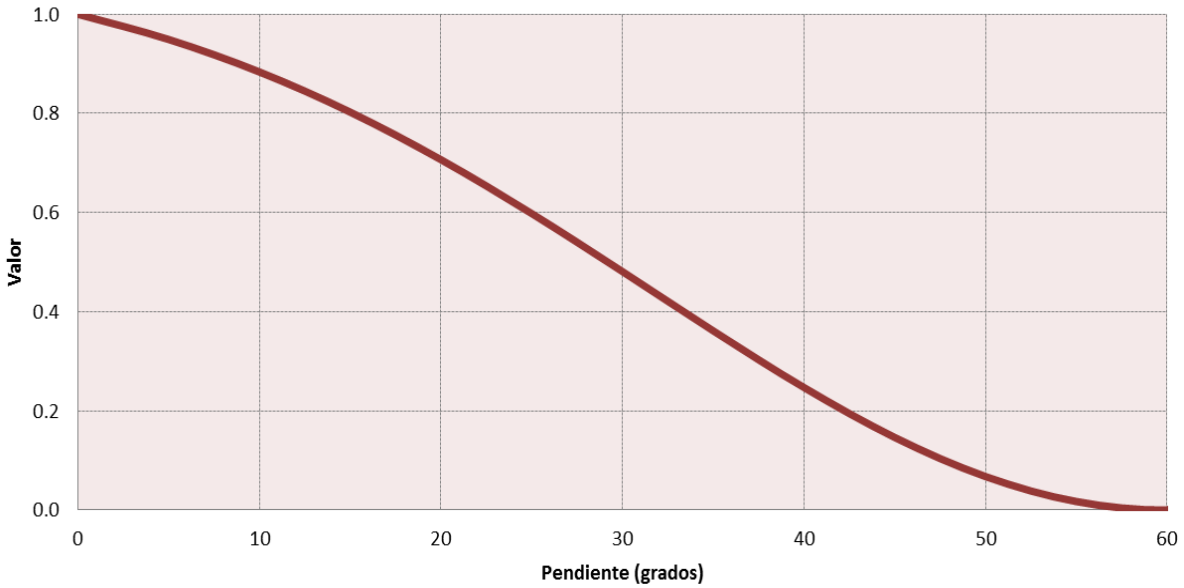
De acuerdo con las fichas técnicas del SNIF el rango de temperatura media anual en el cual se distribuyen especies del bosque de encino como el *Quercus rugosa* es de 12 a 13 °C, con una mínima de 9.3 °C y una máxima de 22.6 °C. Dicho intervalo fue valorado a través de una función de valor, con el fin de establecer la valoración del atributo conforme a los datos mostrados (**Gráfica 24**).



Gráfica 24. Función de valoración para el atributo temperatura. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo temperatura en el sector forestal maderable.

- Pendiente

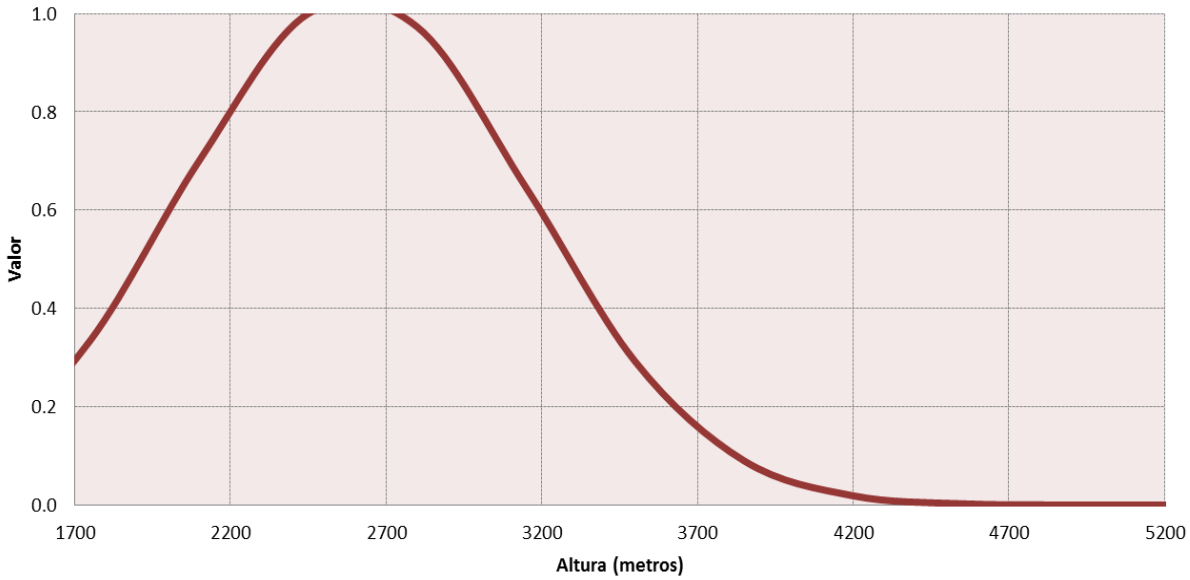
Este atributo tiene una relación directa con la altitud y el riesgo de erosión ya que al aumentar el grado de inclinación del terreno se incrementa el riesgo de erosión hídrica. Además, la pendiente es un atributo que se encuentra indirectamente relacionado con la accesibilidad, ya que una menor pendiente permitirá una mayor facilidad en las actividades de reforestación y extracción de los productos forestales maderables; por lo que pendientes abruptas o escarpadas limitan las actividades del sector, aun cuando en dichas pendientes se encuentren recursos forestales aprovechables. Dado lo anterior, se concluye que la valoración en escala de valores ideales para el atributo pendiente es inversamente proporcional al aumento de la misma, de tal forma que grados o porcentajes de pendientes bajos a ondulados permitirán una mayor facilidad en el desarrollo de las actividades del sector, por lo cual estarán asociados a valores ideales entre 0.8 y 1. Por el contrario, pendientes escarpadas con gradientes altos tendrán valores en escala de ideales cercanos a cero. Dicho comportamiento se muestra en la gráfica de la **Gráfica 25.**



Gráfica 25. Función de valoración para el atributo pendiente. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo pendiente en el sector forestal maderable.

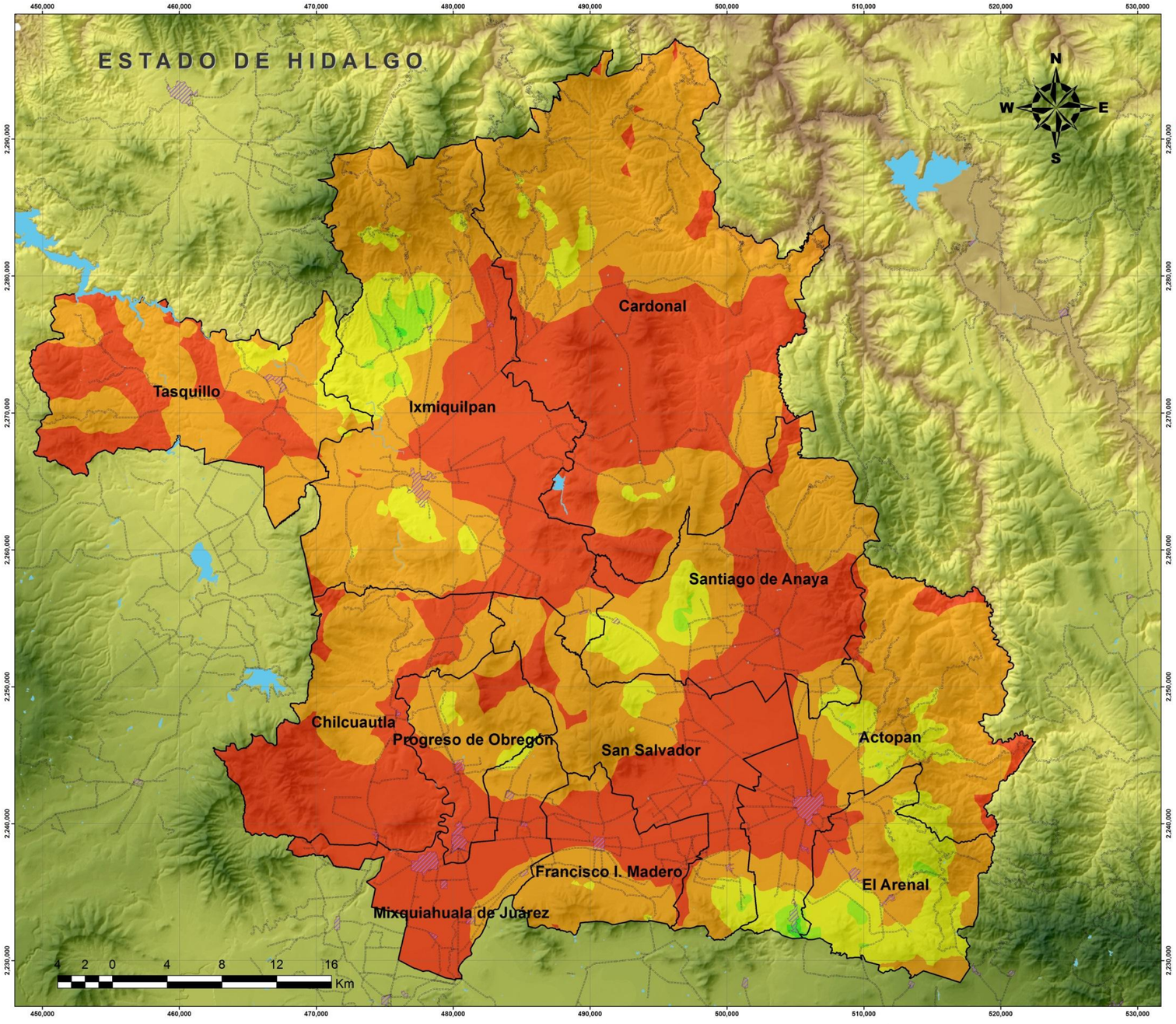
- Altitud

La variación altimétrica en conjunto con el relieve es un atributo que contribuye a la distribución de los tipos de vegetación ya que el gradiente térmico altitudinal de manera general indica que la temperatura disminuye 0.6 °C por cada 100 metros que aumenta la altitud, condición que afecta a las características de los tipos de vegetación. En la región de estudio el bosque de encino se ubica desde los 2,164 hasta los 3,000 msnm en las regiones colindantes, por lo que su distribución altitudinal es amplia, aunque las fichas técnicas para la mayoría de las especies presentes en este tipo de vegetación indican que el rango de altura ideal para su distribución es de los 1,800 a 2,800 msnm. Tomando en cuenta dichos argumentos se desarrolló una función de valor que representara los rangos ideales de distribución altitudinal ideal para el desarrollo de especies forestales de interés maderable (**Gráfica 26**).



Gráfica 26. Función de valoración para el atributo altura. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo altura en el sector forestal maderable.

A continuación en el **Mapa 13** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades forestales maderables.





APTITUD FORESTAL MADERABLE

LEYENDA

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 13. Aptitud forestal maderable en la Región Ixmiquilpan

III.6 SECTOR FORESTAL NO MADERABLE

Existen otro tipo de actividades llevadas a cabo dentro del gremio forestal relacionadas con aprovechamientos no maderables; de acuerdo al Censo Agrícola, Ganadero y Forestal de INEGI durante 2007 todos los Municipios que comprenden la zona de estudio, exceptuando al Municipio Progreso de Obregón, reportaron cortes de árboles y recolección de productos forestales no maderables. El número y tipo de atributos considerados para la determinación de este sector es similar al sector forestal maderable ya que ambos poseen actividades muy semejantes, de modo tal que el valor de ponderación entre atributos se mantuvo, sin embargo la valoración intrínseca de cada atributo varió en función de las diferentes necesidades ambientales de los tipos de vegetación indispensables el desarrollo de las actividades forestales no maderables; por tal razón los atributos que muestran diferencia en cuanto a su valoración en términos de aptitud son la precipitación, la temperatura y la altitud. Factores como la pendiente no muestran variación debido a que es un atributo que se relaciona más con la facilidad de acceso y facilidad en el desarrollo de las actividades, las cuales no son considerablemente diferentes dado que en la región los aprovechamientos forestales maderables no son a escala industrial. A continuación se describe cada uno de los atributos ambientales que se diferencian en su valoración de aptitud con respecto al sector forestal maderable.

- Precipitación

Dado que la vegetación forestal no maderable incluye comunidades vegetales de climas secos y templados fue necesario ajustar los rangos de valoración de este atributo en base los tipos de vegetación de la zona de estudio, incluyendo lo matorrales xerófilos. De acuerdo con Vera y Dorantes (2003)[18] lo matorrales xerófilos son comunidades que se desarrollan en climas muy secos, algunos cálidos y templados. El rango de distribución en cuento a precipitación es menor a los 700 mm de promedio anual. Muchas de las especies que se encuentran en los tipos de vegetación forestal en la región de estudio presentan una distribución espacial en rangos de precipitación específicos, por tal razón fue analizada la distribución de los tipos de vegetación útiles para el sector forestal no maderable y la distribución de la precipitación en la región, los rangos encontrados se muestran en el **Cuadro 15.**

Cuadro 15. Rangos de precipitación por tipos de vegetación para el sector forestal no maderable.

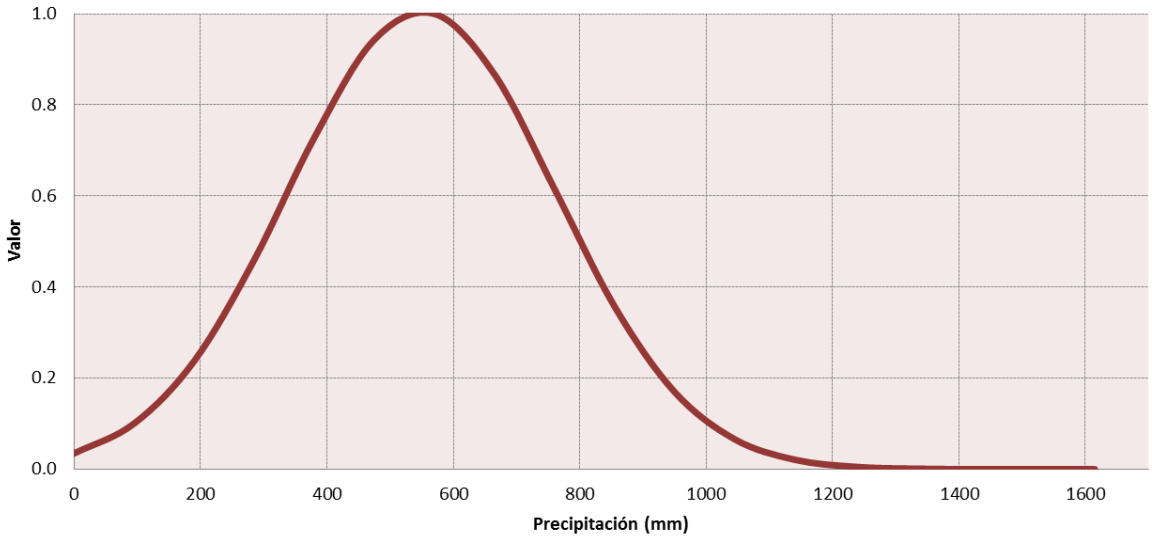
TIPO DE VEGETACIÓN	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio
Bosque de encino	474.67	836.61	361.94	637.58

[18] Vera, C.G. y Dorantes, L.J 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Sur y Sureste de México. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/61S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (Inédito).

TIPO DE VEGETACIÓN	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio
Bosque galería	452.18	838.27	386.09	626.06
Matorral crassicaule	427.08	885.61	458.53	569.94
Matorral desértico rosetófilo	430.29	448.84	18.54	439.06
Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral crassicaule	423.27	672.87	249.60	518.99

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas con influencia en la región, obtenidas del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III).

Considerando la información citada para los ecosistemas xerófilos y los rangos de precipitación en los cuales se distribuyen los tipos de vegetación forestal en la región Ixmiquilpan, fue diseñada una valoración de idoneidad, la cual se representa como una función de valor en forma de campana donde el valor ideal de precipitación es de 600 mm anuales (**Gráfica 27**).



Gráfica 27. Función de valoración para el atributo precipitación. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo precipitación en el sector forestal no maderable.

- Temperatura

Al igual que el atributo precipitación, la valoración del atributo temperatura se encuentra relacionada con las necesidades de las especies presentes en las comunidades vegetales que son utilizadas por el sector forestal no maderable, por tal razón fueron obtenidos de los

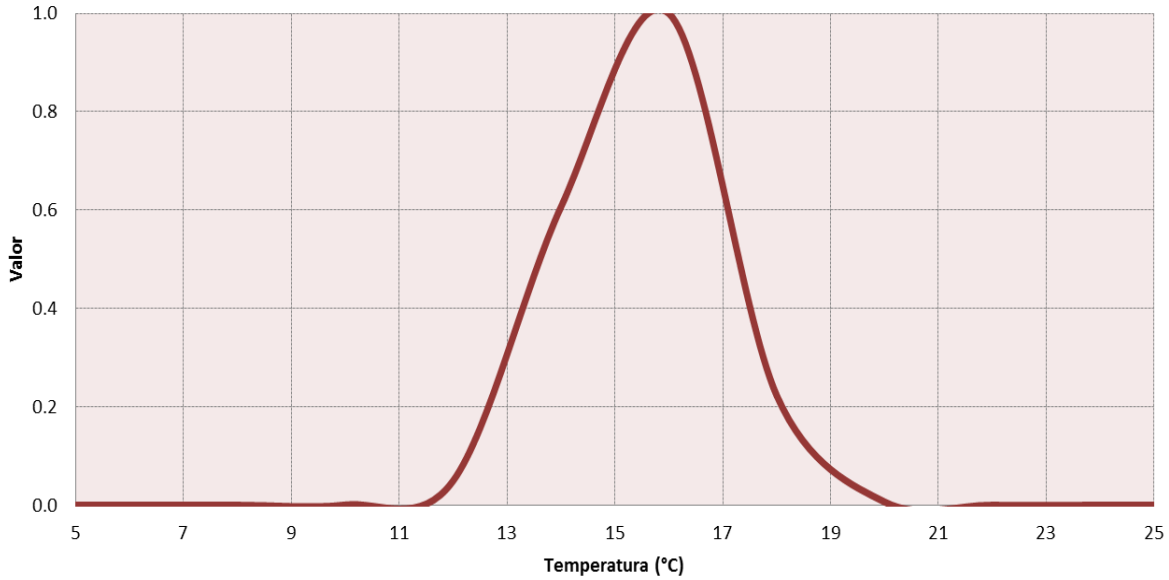
rangos de temperatura en los cuales se distribuyen las comunidades vegetales de importancia para dicho sector (**Tabla 22**)

Tabla 22. Rangos de temperatura por tipos de vegetación para el sector forestal no maderable.

TIPO DE VEGETACIÓN	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio
Bosque de encino	11.95	16.20	4.25	14.12
Bosque galería	15.05	17.23	2.18	16.21
Matorral crassicaule	13.50	17.06	3.55	15.71
Matorral desértico rosetófilo	14.52	16.73	2.21	15.74
Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral crassicaule	14.06	17.13	3.07	15.89

Fuente: Elaboración propia a partir de la representación espacial de los datos obtenidos del ERIC III.

En base a los datos presentados en la tabla anterior se diseñó una función de valor que se ajustara a los rangos ideales de temperatura media anual en los cuales se distribuyen los tipos de vegetación que son de interés para el sector forestal no maderable, dicha función se presenta de forma gráfica en la **Gráfica 28**, en donde, el valor máximo ideal corresponde a una temperatura media anual de 15.5 °C, 3 °C por encima del máximo ideal definido para el sector forestal maderable.



Gráfica 28. Función de valoración para el atributo temperatura. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo temperatura en el sector forestal no maderable.

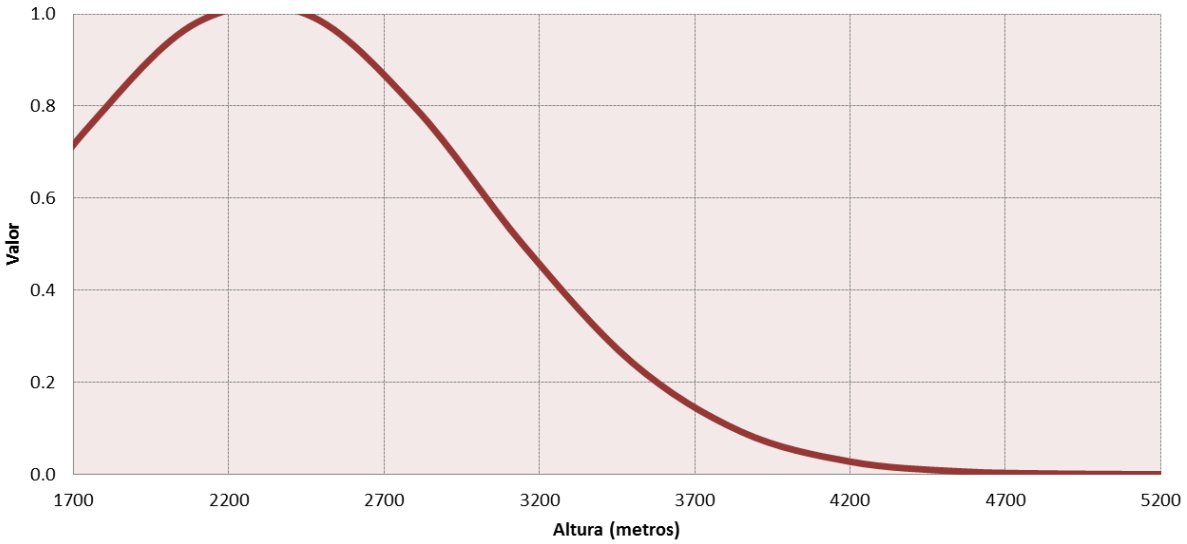
- Altitud

El rango de altitud para el sector forestal no maderable es ligeramente más amplio y el mayor valor de aptitud es para una altura menor en comparación con el sector forestal maderable, esto debido a que los tipos de vegetación considerados para el desarrollo de este sector poseen especies con rangos altitudinales más amplios de adaptación. La **Tabla 23** muestra los rangos de altura encontrados por cada tipo de vegetación forestal en la región de estudio.

Tabla 23. Rangos de altura por tipos de vegetación para el sector forestal no maderable.

TIPO DE VEGETACIÓN	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio
Bosque de encino	2,164	3,014	850	2,579
Bosque galería	1,959	2,395	436	2,162
Matorral crassicaule	1,993	2,704	710	2,262
Matorral desértico rosetófilo	2,058	2,501	443	2,256
Vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral crassicaule	1,978	2,593	614	2,225

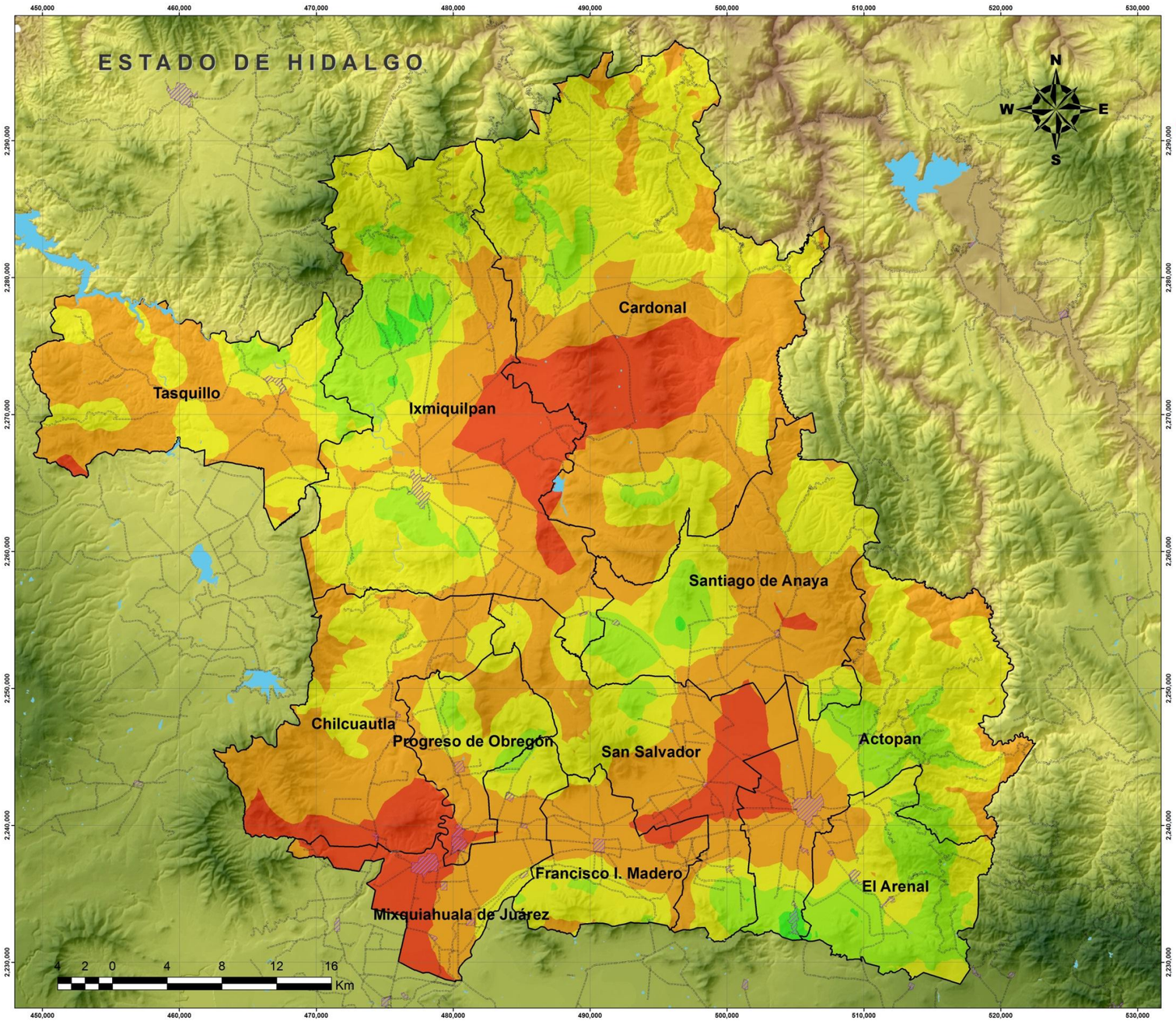
Considerando los rangos altitudinales de distribución de los tipos de vegetación mostrados en la tabla anterior, se llevó a cabo la integración de la función de valor ajustada para la representación del rango de altura ideal para los tipos de vegetación considerados en el sector forestal no maderable, en dicha función el valor máximo de aptitud está relacionado con una altura al nivel medio del mar de 1,300 metros. El comportamiento de los valores de aptitud con respecto a la altura media sobre el nivel del mar en el sector forestal no maderable se presenta de forma gráfica en la **Gráfica 29.**



Gráfica 29. Función de valoración para el atributo altitud. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo altitud en el sector forestal no maderable.

Dado los atributos anteriores las zonas de la región Ixmiquilpan con mayor aptitud forestal (de acuerdo con el objetivo definido en los talleres) son aquellas que se encuentran cercanas a bancos de germoplasma de especies nativas con cercanía a caminos de acceso y que cumplen con los parámetros ambientales de temperatura, precipitación y altura.

A continuación en el **Mapa 14** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades de forestales no maderables.



LOCALIZACIÓN



APTITUD FORESTAL NO MADERABLE

LEYENDA

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 14. Aptitud forestal no maderable en la Región Ixmiquilpan

III.7 SECTOR INDUSTRIA DE LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES Y MINERÍA

La aptitud de este sector se encuentra altamente relacionada con la disponibilidad de material geológico cuyas características permitan realizar un aprovechamiento extractivo; en la región Ixmiquilpan es abundante el material que puede ser aprovechado para la elaboración de cal y cemento usados en la construcción, además de tener abundancia de material pétreo como el basalto y la andesita.

En la zona en estudio la mayor aptitud para el desarrollo de actividades relacionadas con este sector se presenta en las áreas que cuentan con materiales que pueden ser utilizados en la construcción, tales como arenisca, limo, arcilla y roca caliza y en las zonas mineras, principalmente de los municipios de Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón, y en menor proporción, en los Municipios de Cardonal, Chilcuautla, Ixmiquilpan, Santiago de Anaya y Tasquillo. La abundancia de yacimientos de caliza fomentó en la región el desarrollo de la industria calera y cementera, en los últimos años se instalaron nuevas pequeñas plantas de micronizado de carbonato de calcio, producción de agregados pétreos y materias primas para cal y cemento[19].

En la **Tabla 24** se presentan los atributos ambientales utilizados para la definición del nivel de aptitud que presenta la región con respecto al sector en comento, así como sus respectivos valores de prioridad definidos en los talleres participativos y el panel de expertos consultado.

Tabla 24. Atributos ambientales definidos para el sector forestal.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Distancia a vías de comunicación	0.317655
Bancos de material (geología)	0.413952
Distancia a caleras y cementeras	0.122455
Distancia a centros de población	0.077931
Distancia a cuerpos de agua limpios	0.030354
Distancia a vías férreas	0.037653

En la **Cuadro 16** se presentan los resultados de la matriz de interacciones pareadas que dieron origen a los valores de la tabla anterior.

[19] Programa especial de minería del Estado de Hidalgo 2005-2011.

Cuadro 16. Matriz de valoraciones pareadas para el sector industria de la extracción de materiales y minería. Se muestran los valores de comparación pareada que dan origen a la ponderación de atributos del sector industria de la extracción y minería.

	Distancia a vías de comunicación	Bancos de material (geología)	Distancia a caleras y cementeras	Distancia a centros de población	Distancia a cuerpos de agua limpios	Distancia a vías férreas
Distancia a vías de comunicación	1	0.7135	4.4697	5.98483	7.27273	6.43939
Bancos de material (geología)	1.40154	1	6.17425	6.96971	7.76518	8.74998
Distancia a caleras y cementeras	0.22373	0.16196	1	3.0303	3.97727	5
Distancia a centros de población	0.16709	0.14348	0.33	1	2.99242	5.07576
Distancia a cuerpos de agua limpios	0.1375	0.12878	0.25143	0.33418	1	0.4125
Distancia a vías férreas	0.15529	0.11429	0.2	0.19701	2.42424	1

A continuación se describen los atributos del sector de la industria de la extracción de materiales y minería.

- Bancos de material

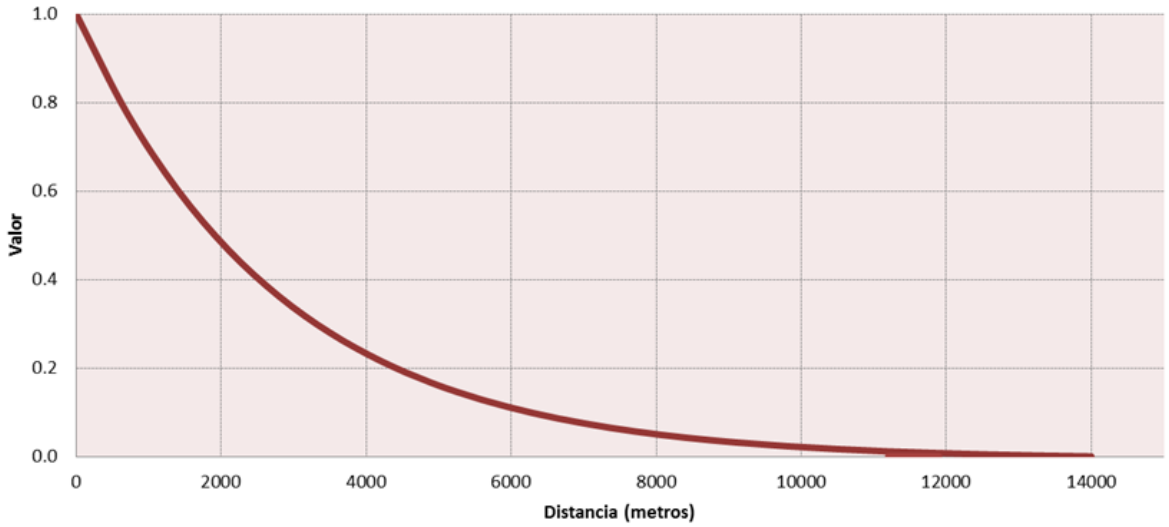
Para éste atributo se consideró el aprovechamiento en función de la derrama económica que aportan los materiales de acuerdo a su naturaleza geológica, de acuerdo a la Dirección General de Minas en el estado de Hidalgo la producción minera no metálica obtiene una mayor ganancia que la de minerales metálicos; en función de los datos anteriores resultaron de mayor importancia la utilización favorable como bancos de material, materiales pétreos y de la construcción.

Debido a la presencia significativa de tobas, basaltos, andesitas, areniscas, limos, arcillas y conglomerados el uso predominante de los bancos de material de la región es el favorable como material de construcción. Las rocas calizas de los municipios de Mixquiahuala de Juárez y Progreso de Obregón otorgan a esas áreas un uso extractivo como bancos de material, mientras que las rocas basálticas con asociación a andesitas le brindan a los Municipio de Santiago de Anaya y Tasquillo un uso extractivo de material pétreo.

- Distancia a vías de comunicación

En el desarrollo de las actividades del sector de la industria extractiva y minera es importante contar con vías de comunicación que permitan transportar los materiales hacia los centros de construcción, aprovechamiento y exportación por lo cual entre más cercanas se encuentren las zonas de extracción a las vías de comunicación mayor será el potencial de comercialización de los productos. De lo anterior resulta que las zonas con mayor potencial para el desarrollo de las actividades de extracción de materiales y minería se encuentran relacionadas con la cercanía a la infraestructura de caminos; condición que genera que el rango de distancia ideal de las zonas de extracción a las vías de comunicación existentes no sea muy amplio ya que mientras más alejadas se encuentren las áreas de aprovechamiento de los caminos, mayor será la inversión necesaria para transportar los materiales, principalmente en casos en lo que se requiriese implementar nuevas vías de comunicación, tomando en cuenta que tanto el peso como el volumen de los materiales que se trasladan es grande y que parte de los materiales son transportados fuera del estado, se consideró a las carreteras pavimentadas, las de más de dos carriles y al arco Norte como las principales vías de distribución y con base en las distancias entre las vías de comunicación de la región Ixmiquilpan se determinó el rango de distancia a las vías de comunicación como de 0 a 14,000 metros.

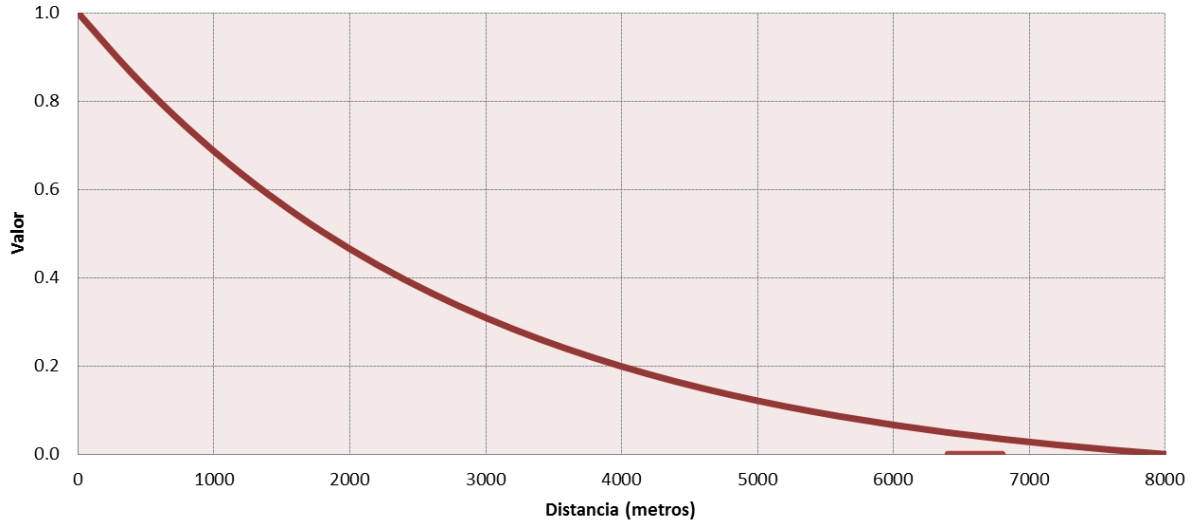
Para este atributo, el nivel de idoneidad es inversamente proporcional a la distancia a caminos y carreteras, es decir que entre mayor sea la distancia a los caminos y carreteras menor será el potencial de desarrollo de las actividades del sector de la industria de la extracción, dicho comportamiento se muestra en la gráfica presentada en la **Gráfica 30**, donde se muestra que el rango de distancia entre 0 y 700 metros es el que posee un nivel de idoneidad mayor con valores superiores a 0.8 en la escala normalizada.



Gráfica 30. Comportamiento de la valoración del atributo distancia a vías de comunicación. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a vías de comunicación en el sector de la industria extractiva de materiales y minería. En el eje de las "x" se representa la distancia a las vías de comunicación en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a cementeras y caleras

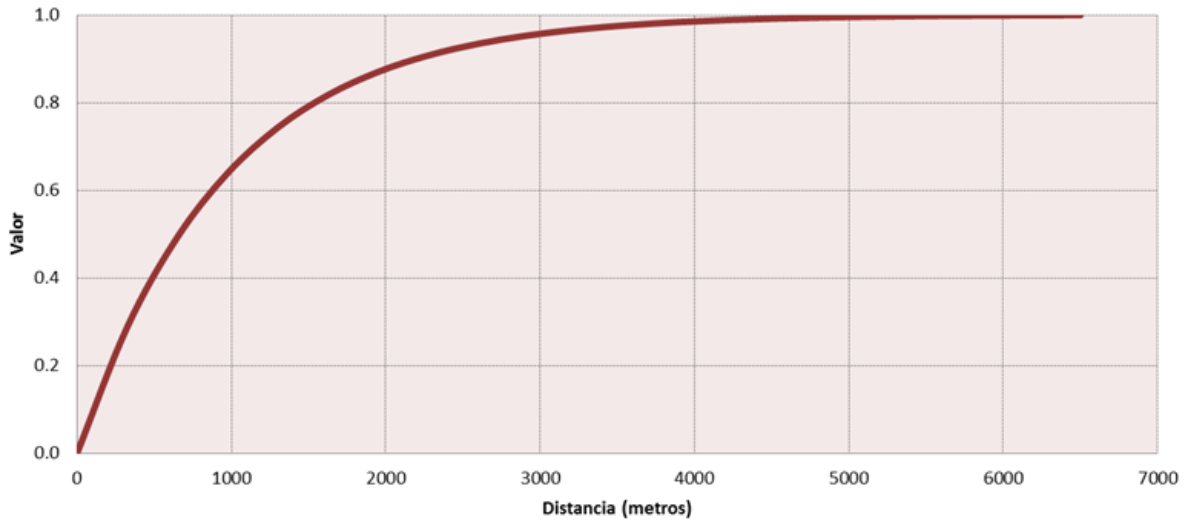
La presencia de caleras y cementeras en la región Ixmiquilpan, en los municipios de Mixquiahuala de Juárez y Progreso de Obregón, tiene una relación directa con las actividades del sector de la industria extractiva de materiales, motivo por el cual la distancia hacia ellas resulta importante en la ubicación de zonas aptas para el desarrollo de las actividades de éste sector. La comercialización de cemento y cal para la construcción es una actividad que otorga a la región altos beneficios económicos por lo cual las zonas más cercanas a las caleras y cementeras tienen una mayor aptitud en este sector; condición que genera que el rango de distancia ideal de las caleras y cementeras existentes no sea muy amplio; bajo el supuesto de que mientras más alejadas se encuentren las áreas de aprovechamiento, mayor será la inversión necesaria para transportar los materiales se consideró un rango de distancia de 0 a 8,000 metros como límite para contener a los valores deseables resultado de la distancia entre caleras y cementeras presentes en la zona de estudio, dicho rango también tiene relación con el radio a partir del punto central de los sitios demarcados como bancos potenciales de extracción de materiales; como para este atributo, el nivel de idoneidad es inversamente proporcional a la distancia a las caleras y cementeras, es decir que entre mayor sea la distancia a éstas, menor será el potencial de desarrollo de las actividades del sector de la industria de la extracción, puede observarse en la **Gráfica 31** que el rango de distancia entre 0 y 1000 metros es el que posee un nivel de idoneidad mayor con valores superiores a 0.7 en la escala normalizada de los valores de distancia a las caleras y cementeras.



Gráfica 31. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a caleras y cementeras. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a caleras y cementeras para el sector de la industria extractiva de materiales y minería. En el eje de las "x" se representa la distancia a las caleras y cementeras en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a centros de población

La ubicación de los centros urbanos es uno de los atributos con menor peso dentro de la definición del sector de la industria de la extracción de materiales y minería, pero debe considerarse para proponer zonas potencialmente aptas para desempeñar actividades del sector en comento ya que el polvo producido durante las actividades realizadas por caleras y cementeras produce contaminantes que quedan suspendidos en la atmósfera que causan un potencial riesgo de enfermedades principalmente bronco-respiratorias en la población (Ibarra et al 2004). La relación entre la distancia de las áreas en las que pueden desarrollarse actividades de éste sector y los centros urbanos se encuentra en un rango que va de los 0 a los 7000 metros, dicho rango de distancias se planteó considerando la distancia de los centros de población, en las áreas cercanas a dichos centros urbanos se incrementa el riesgo de enfermedades para los habitantes por lo que se plantea una distancia de al menos 2 Km desde los centros de población como apta para el establecimiento de zonas en las que puedan realizarse actividades del sector de la industria extractiva y minera ya que de acuerdo a la **Gráfica 32** a partir de esa distancia se manifiesta un valor elevado (>0.9) dentro de la escala normalizada, por lo que en el rango de 0 a 2 km se manifiestan valores indeseables.



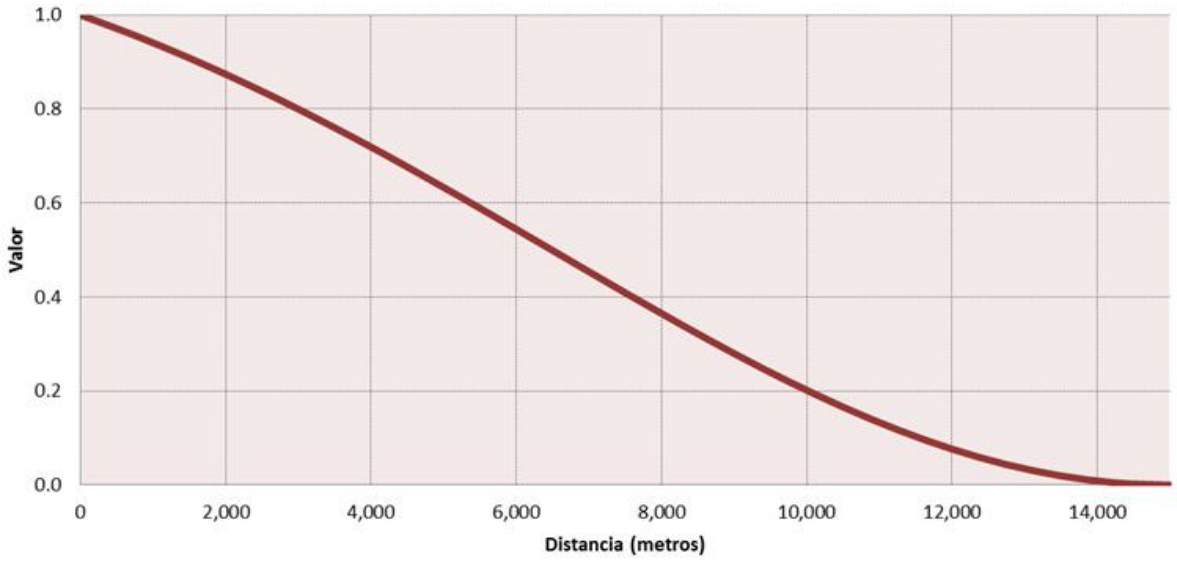
Gráfica 32. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a centros urbanos. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia centros urbanos para el sector de la industria extractiva. En el eje de las "x" se representa la distancia a los centros urbanos en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a vías férreas

La importancia de éste atributo presente en los municipios de Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón, Santiago de Anaya, Tasquillo, Ixmiquilpan, Cardonal y Chilcuautla radica en que la red ferroviaria presente en la región Ixmiquilpan es usada como apoyo a la

industria cementera para el transporte de los productos de la extracción conectando a la región con la red ferroviaria de carga de los estados de México y Tlaxcala[20]. En el área de estudio hay 4 rutas de ferrocarril: el ferrocarril México-Ciudad Juárez; México-Piedras Negras; Tula-Pachuca y el más moderno y electrificado llamado tren bala cuya ruta es Querétaro-Tula-México, que si bien aún no entra en servicio ya tiene tránsito de trenes rápidos de pasajeros y de carga[21].

En este atributo el nivel de idoneidad es inversamente proporcional a la distancia a las vías férreas, por lo que entre mayor sea la distancia hacia ellas el potencial de desarrollo de las actividades del sector de la industria extractiva será menor ya que se incrementa el costo de transporte vía terrestre de los materiales desde los sitios de extracción hacia las estaciones de la red ferroviaria. De acuerdo al análisis de distancia de las vías férreas del área en estudio se obtuvo un rango de valores de 0 a 14,000 metros para éste atributo, en la **Gráfica 33** se observa que el rango de distancia entre los 0 y 2000 metros posee un nivel de idoneidad mayor a 0.8 en la escala de valores estandarizados, lo cual hace a ese rango de distancia el más deseable desde las zonas aptas para la extracción de materiales y minería a las vías férreas.

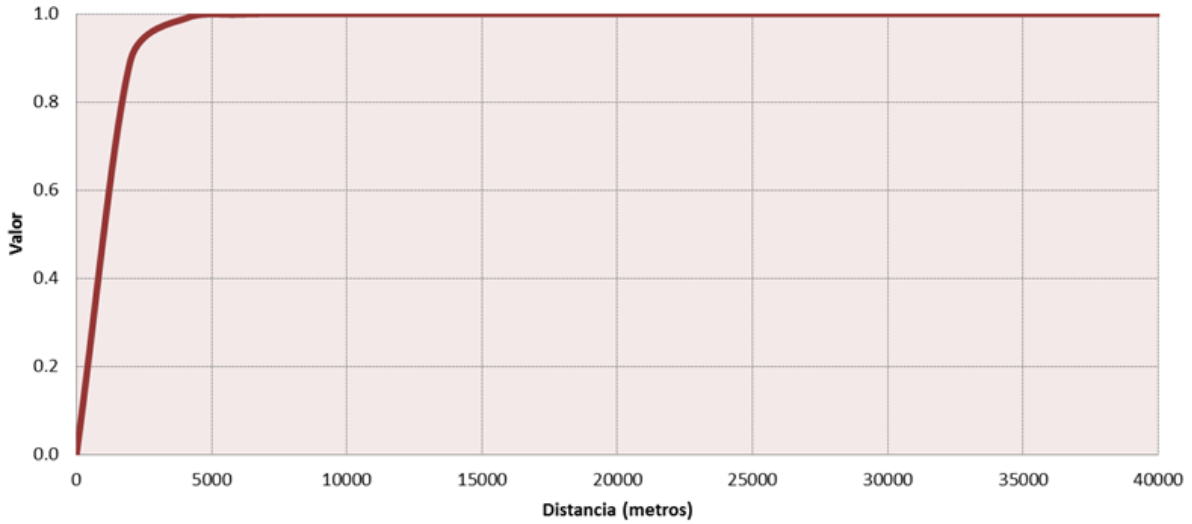


Gráfica 33. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a vías férreas. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a vías férreas para el sector de la industria extractiva. En el eje de las "x" se representa la distancia a las vías férreas y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a cuerpos de agua limpios

[20] Panorama minero del Estado de Hidalgo, 2011. Servicio Geológico Mexicano-Secretaría de Economía.
[21] Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Hidalgo, Municipio de Tula de Allende.

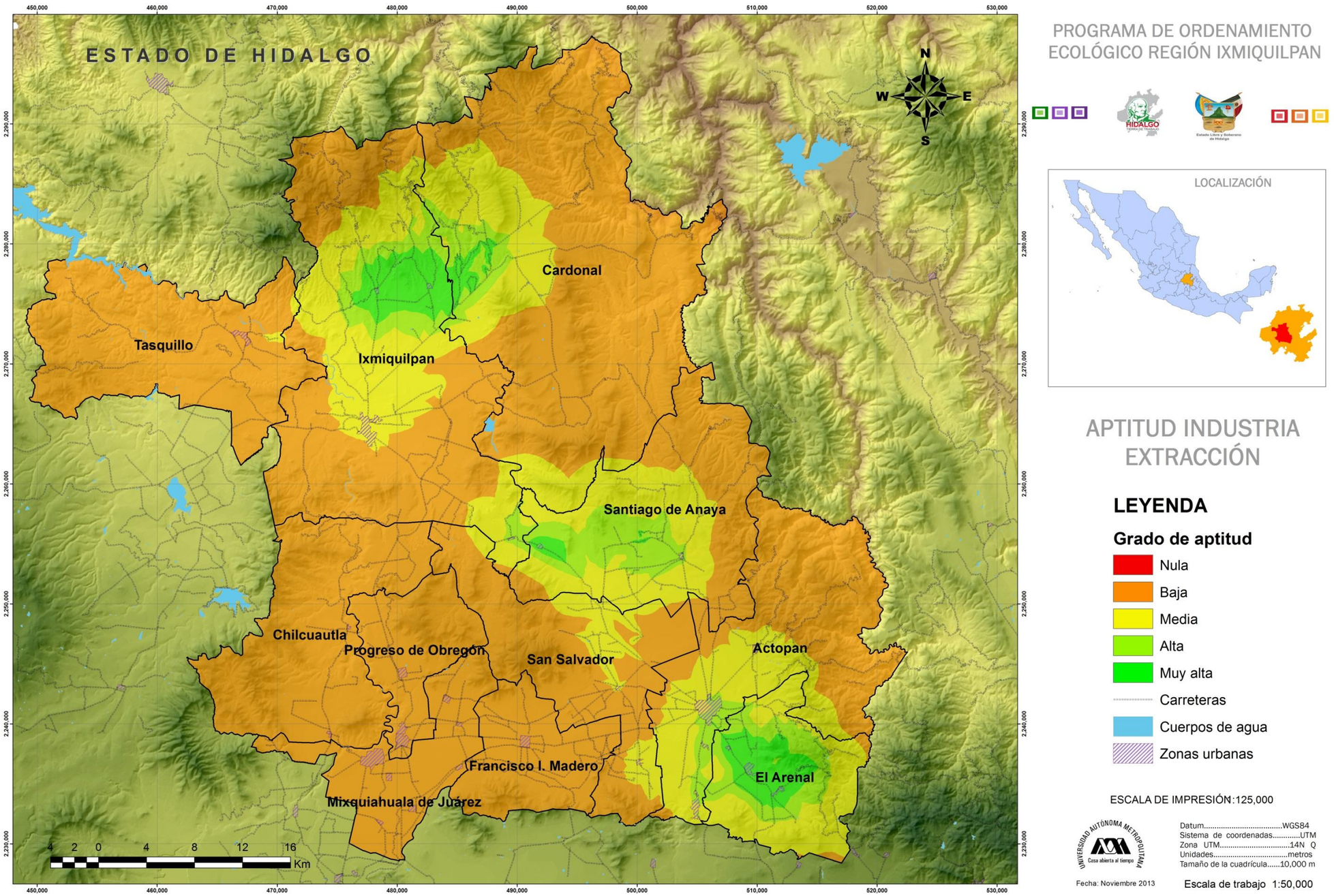
Debido a que las actividades del procesamiento de las plantas cementeras y caleras generan partículas contaminantes (principalmente PM 10 y 2.5) se considera que la presencia de este tipo de empresas aunque requiere de agua para el desarrollo de sus actividades, deben de encontrarse a una distancia de por lo menos 2,000 metros de cuerpos de agua limpios, esto presenta un comportamiento directamente proporcional en relación al nivel de idoneidad de los valores estandarizados. Como puede observarse en la **Gráfica 34** es a partir de los 2,000 metros que se incrementa el valor en la escala normalizada (>0.9) para generar una curva asíntota a partir de los 5,000 metros en el valor más alto de la escala estandarizada para los valores de distancia a cuerpos de agua limpios.



Gráfica 34. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a cuerpos de agua limpios. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a cuerpos de agua limpios para el sector de la industria extractiva. En el eje de las "x" se representa la distancia a la presa y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

De acuerdo con los atributos anteriores las zonas de la región Ixmiquilpan que presentan mayor aptitud para el desarrollo de actividades relacionadas con la industria de la extracción de materiales y la minería son aquellas que poseen materiales que pueden ser utilizados en la construcción como las calizas y areniscas. Cabe mencionar que las zonas con menor aptitud corresponden a aquellas que son ares naturales protegidas, las cuales fueron añadidas como restricciones netas en lugar de atributos ambientales del sector.

A continuación en el **Mapa 15** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades mineras y de extracción de materiales.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN

APTITUD INDUSTRIA EXTRACCIÓN

LEYENDA

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 15. Aptitud para la industria de la extracción de materiales y minería en la Región Ixmiquilpan.

III.8 SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA

En la región Ixmiquilpan la industria manufacturera se basa fundamentalmente en la producción de alimentos y tiende a desarrollarse en las actividades industriales extensivas en mano de obra barata poco calificada, (Ortiz, 1996).

El nivel de aptitud para el desarrollo de sus actividades tiene una relación estrecha con los factores limitantes que restringen su distribución, los atributos con mayor influencia para el desarrollo de las actividades concernientes al sector de la industria de la manufactura son la distancia a industrias existentes, pozos con uso para agua potable y a la presa Requena y cuerpos de agua no contaminados. De acuerdo con las condiciones ambientales encontradas en la región Ixmiquilpan, las zonas más aptas para el desarrollo de la industria manufacturera son aquellas que se encuentran alejadas de pozos de uso potable y que se encuentran a una distancia tal de los centros de población que no representan riesgos a la salud y que a la vez permite que los trabajadores puedan tener acceso al centro de trabajo (industrias). Los municipios con mayor superficie apta para el desarrollo de esta actividad, de acuerdo con los atributos definidos son Actopan, Mixquiahuala, Cardonal, Ixmiquilpan, San Salvador y Santiago de Anaya.

En la **Tabla 25** se presentan los atributos utilizados para determinación del nivel de aptitud para el desarrollo de las actividades del sector en comento.

Tabla 25. Atributos ambientales definidos para el sector industria manufacturera.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Distancia a centros de población	0.039525
Distancia a industrias	0.334774
Distancia a pozos de uso potable	0.291411
Distancia a presa requena y cuerpos de agua no contaminados	0.255185
Distancia a vías de comunicación	0.079105

En el **Cuadro 17** se presentan los resultados de la matriz de interacciones pareadas que dieron origen a los valores de la tabla anterior.

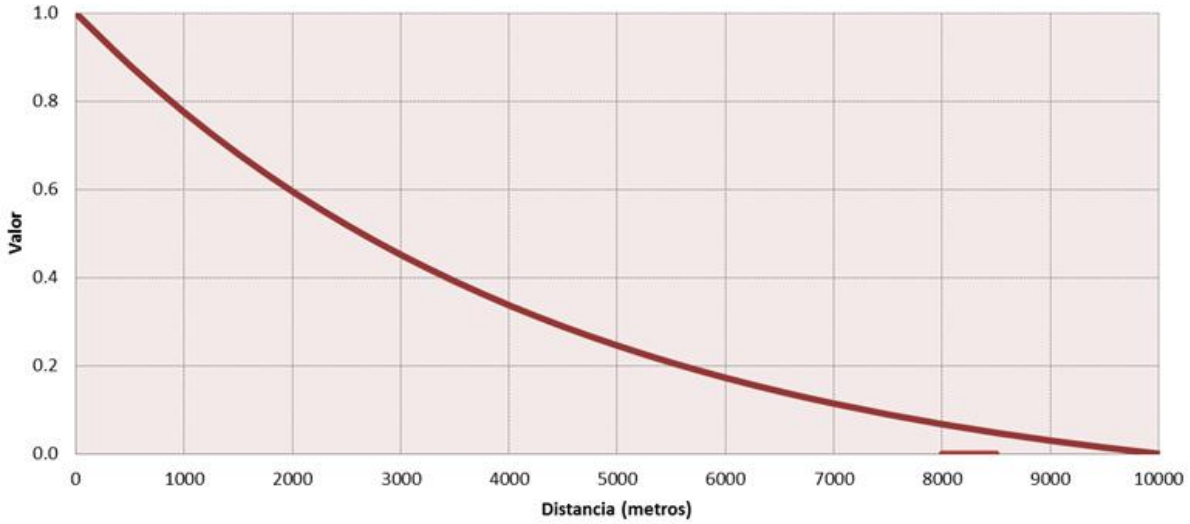
Cuadro 17. Matriz de valoraciones pareadas para el sector industria manufacturera. Se muestran los valores de comparación pareada que dan origen a la ponderación de atributos del sector industria manufacturera.

	Distancia a centros de población	Distancia a industrias	Distancia a pozos de uso potable	Distancia a presa requena y cuerpos de agua limpios	Distancia a vías de comunicación
Distancia a centros de población	1	0.1119	0.1985	0.20153	0.25143
Distancia a industrias	8.9366	1	1.21212	1.21212	5
Distancia a pozos de uso potable	5.03788	0.825	1	1.40152	5
Distancia a presa requena y cuerpos de agua limpios	4.96211	0.825	0.71351	1	5
Distancia a vías de comunicación	3.97727	0.2	0.2	0.2	1

A continuación se describen los atributos del sector de la industria de la manufactura.

- Distancia a industrias

Este atributo es el de mayor importancia para localizar áreas aptas en las que sea factible implementar al sector de la industria manufacturera; la cercanía a las industrias existentes implica un alto grado de idoneidad en el territorio debido a que ya se cuenta con la infraestructura necesaria así como con las redes de comercialización y distribución de los productos. En la **Gráfica 35** se presenta la gráfica del comportamiento de este atributo que es inversamente proporcional entre la distancia a las industrias; el rango se obtuvo en base al análisis de la imagen de satélite con las distancias medias a las que se encuentran las industrias, resultando un rango de 0 a 10, 000 metros. Como se aprecia en la gráfica es el intervalo de 0 a 1,000 metros en el que se presentan los valores más altos de acuerdo a la escala normalizada de la distancia para las industrias con valores superiores a 0.8.

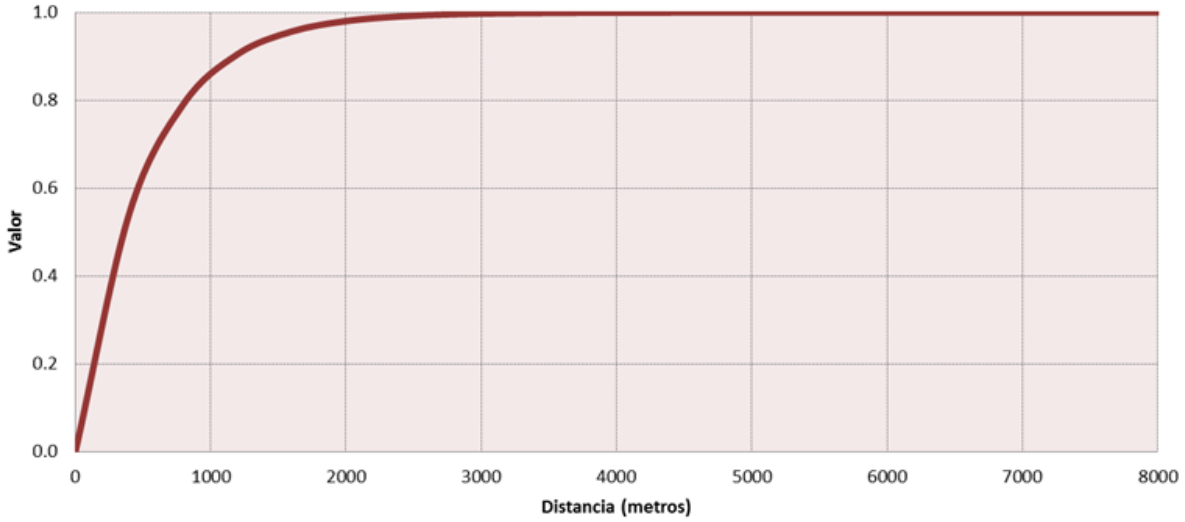


Gráfica 35. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a las industrias. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a las industrias para el sector de la industria de la manufactura. En el eje de las "x" se representa la distancia a las industrias y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a pozos de uso potable

En el caso de este atributo el comportamiento es contrario al anterior ya que la presencia de pozos de agua potable hace menos asequible al territorio para establecer industrias de actividad manufacturera, siendo la potencial contaminación del agua y del suelo por los desechos industriales la principal causa de la naturaleza limitante del atributo.

Se estableció un rango de distancia de 0 a 8,000 metros para la distancia a los pozos de agua potable en base al análisis de distancias entre pozos encontradas en la región Ixmiquilpan elaborado mediante el Software Idrisi Taiga, de acuerdo a la valoración cuantitativa del nivel de idoneidad del atributo como puede observarse en la **Gráfica 36** el rango de valores no es muy amplio ya que a partir de 800 m de distancia los valores de idoneidad son más cercanos a la unidad (>0.8) por lo que son más deseables, esto se traduce en que mientras más alejados se encuentren los pozos de agua potable, el territorio es más apto para establecer industrias del sector manufacturero.



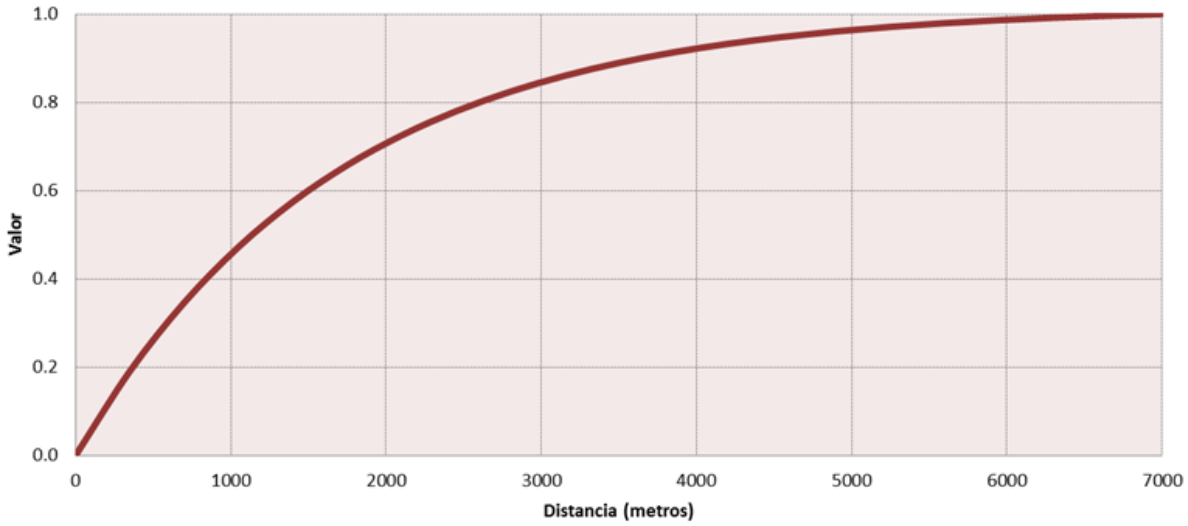
Gráfica 36. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a los pozos de uso potable. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a los pozos de uso potable para el sector de la industria de la manufactura. En el eje de las "x" se representa la distancia a los pozos de uso potable y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a la Presa Requena y cuerpos de agua no contaminados

La presencia de metales pesados en los cuerpos de agua se debe en parte a los procesos industriales que generan contaminantes de naturaleza metálica (Ibarra et al 2004). De acuerdo a un estudio de la concentración de metales pesados en el agua, peces y sedimento de la presa Requena, existen concentraciones de Plomo que rebasan el límite estipulado por las Normas Mexicanas tanto en agua como en peces debido en parte a los desechos tóxicos de las diferentes industrias presentes en la región Ixmiquilpan, motivos por los que existe ya un riesgo en el nivel salud más allá de la zona en estudio dada la comercialización de las especies piscícolas[22].

Debido a este riesgo de contaminación latente en la valoración cuantitativa del nivel de idoneidad del atributo distancia a los cuerpos de agua no contaminados y la presa Requena se estableció un rango de distancia de 0 a 6,000 metros para este atributo que fue definido en base al análisis de distancia entre cuerpos de agua en la región Ixmiquilpan elaborado mediante el Software Idrisi Taiga; con base a este rango como puede observarse en la **Gráfica 37**. Los valores de distancia superiores a 2,500 metros poseen un valor de idoneidad superior a 0.8, mientras que valores de 2,000 metros poseen un valor de idoneidad que hace a ese rango de distancia menos apto para el establecimiento de industrias del sector manufacturero.

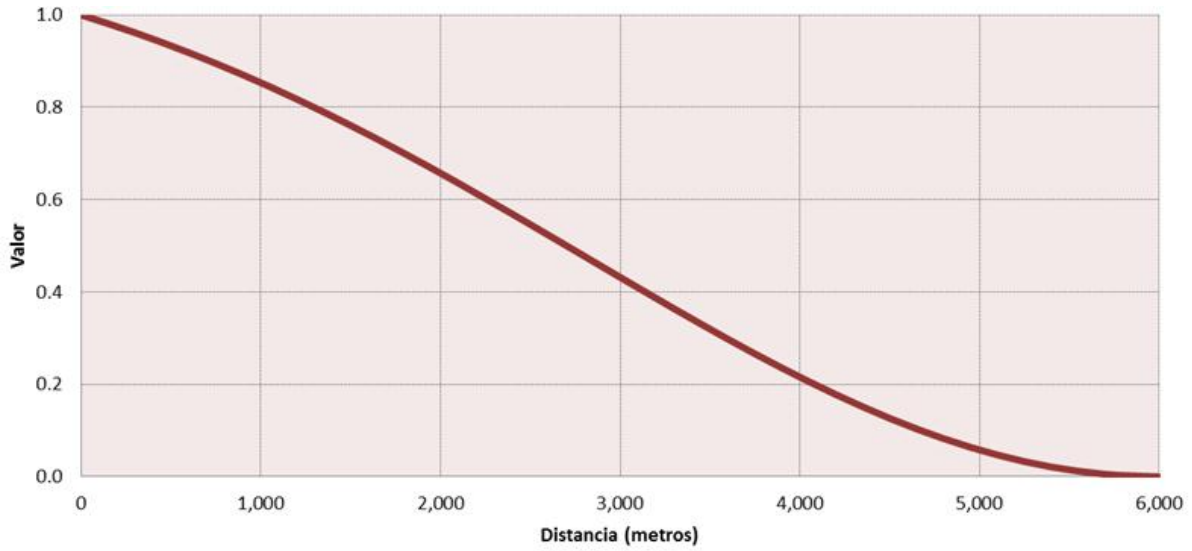
[22] Concentración de metales pesados (Pb^{2+} y Cd^{2+}) en la Presa Requena, de Tepeji del Río de Ocampo en el Estado de Hidalgo, México.



Gráfica 37. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a la presa Requena y cuerpos de agua no contaminados. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a la presa Requena y cuerpos de agua no contaminados para el sector de la industria de la manufactura. En el eje de las "x" se representa la distancia a la presa Requena y cuerpos de agua no contaminados y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a vías de comunicación

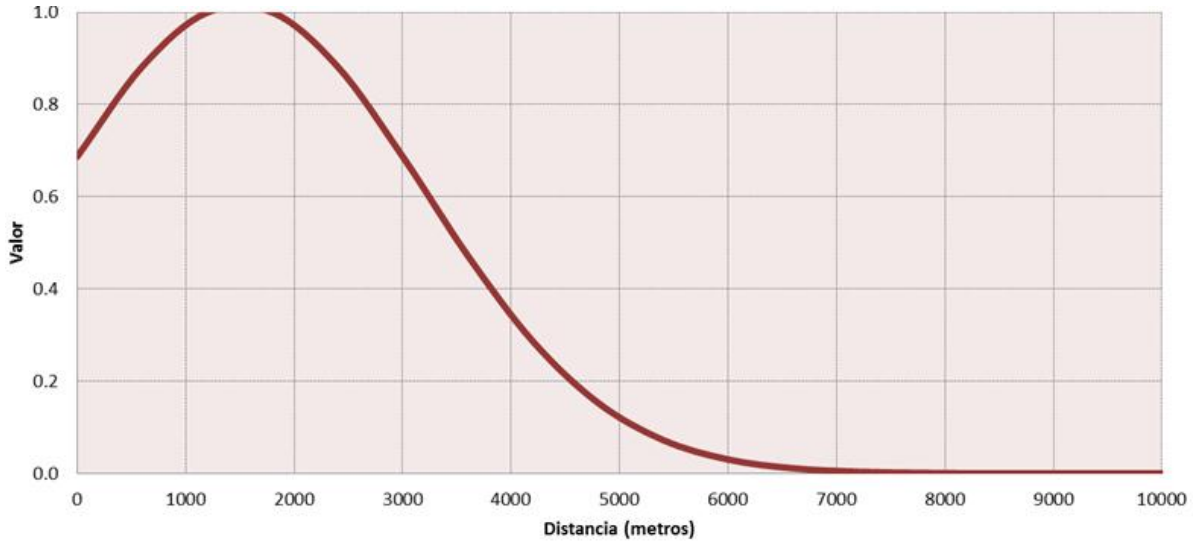
Para el desarrollo de las actividades realizadas por este sector, es importante contar con caminos de acceso, debido a la necesidad de transporte de los productos e insumos necesarios para su fabricación; bajo el supuesto de que entre más cercanas estén las zonas de producción a los caminos y carreteras mayor será el potencial de comercialización las zonas con mayor potencial para el desarrollo de las actividades de la industria de la manufactura estarán relacionadas con la cercanía a caminos y carreteras; condición que genera que el rango de distancia ideal de las zonas de producción a los caminos y carreteras existentes sea estrecho, este rango fue determinado en base a la distancia entre caminos para la región Ixmiquilpan siendo de 0 a 6,000 metros. Para este atributo, el nivel de idoneidad es inversamente proporcional a la distancia a caminos y carreteras, es decir, entre mayor sea la distancia a los caminos y carreteras menor será el potencial de desarrollo de las actividades del sector de la industria de la manufactura; dicho comportamiento se muestra en la gráfica presentada en la **Gráfica 38**, en la que se manifiesta que el rango de distancia entre 0 y 700 metros es el que posee un mayor nivel de idoneidad (>0.9), después de 4 kilómetros los valores son indeseables para el establecimiento de áreas aptas para el desarrollo del sector de la industria manufacturera.



Gráfica 38. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a las vías de comunicación. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a las vías de comunicación para el sector de la industria de la manufactura. En el eje de las "x" se representa la distancia a las vías de comunicación y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a centros de población

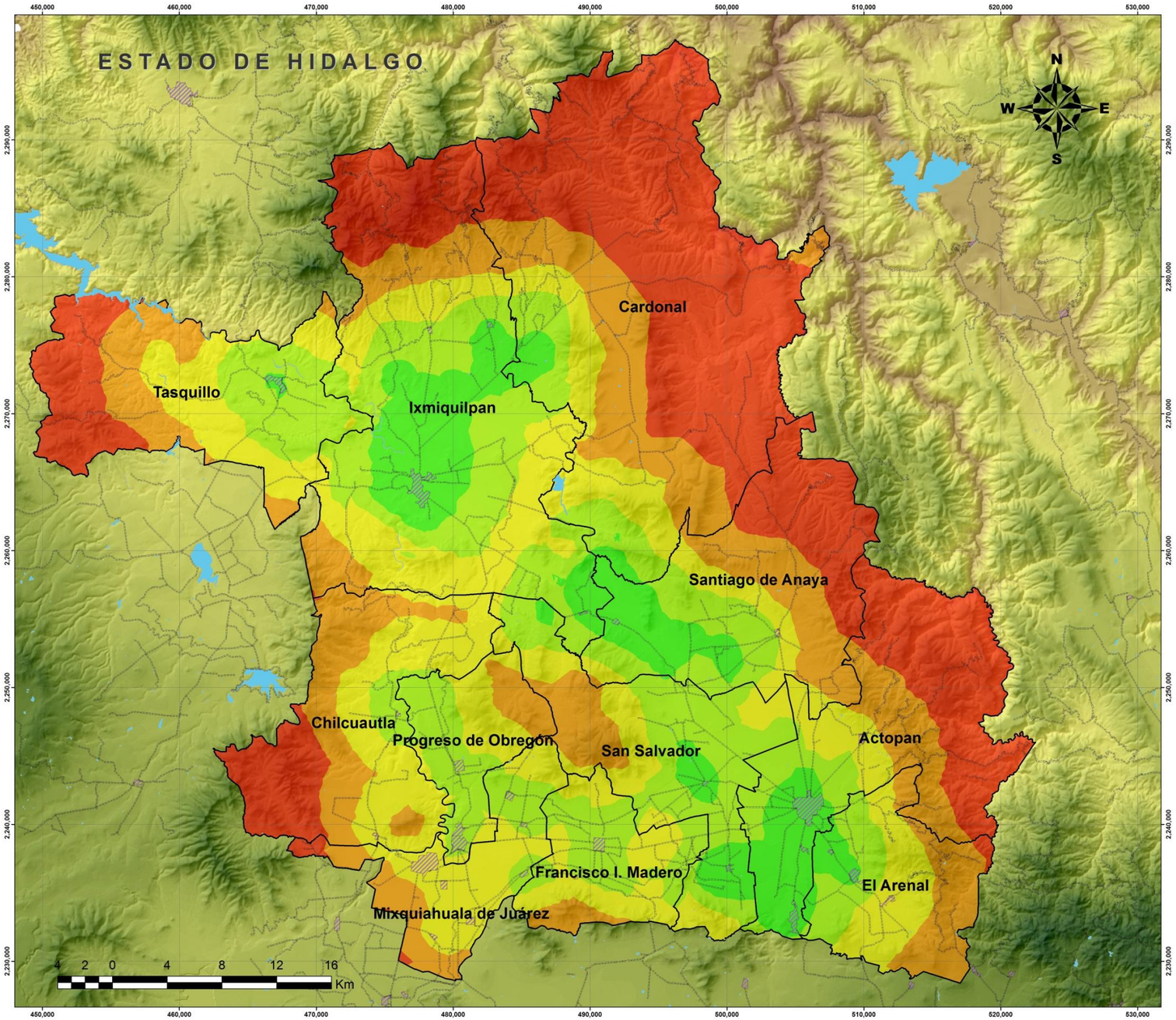
La ubicación y distribución de los centros de población resulta importante para el fortalecimiento de las cadenas de comercialización, sin embargo éste atributo es el que tiene menor valor de importancia con respecto a los otros atributos ambientales definidos para el sector de la industria de la manufactura por lo que su influencia es menor en la definición del nivel de aptitud del sector ya que los productos son transportados hacia los centros de consumo y la red de infraestructura vial en la región facilita el traslado de las mercancías desde los centros de producción. Considerando al factor de venta en un contexto local, lo más conveniente para la comercialización de productos de la industria de la manufactura son los sitios que se encuentran cercanos a centros de consumo. Se estableció un rango de distancias de 0 a 10, 000 metros basado en las distancias entre los centros de población presentes en la región Ixmiquilpan, dentro de ese rango la distancia ideal del atributo en cuestión es amplia ya que va de los de 600-a los 3,000 metros. Considerando que los valores de idoneidad de aptitud en el rango de 0.8 a 1 de la escala de valores estandarizada de la distancia a los centros de población, mientras que los valores indeseables se manifiestan a partir de los 4000m. (**Gráfica 39**).



Gráfica 39. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a centros de población. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a centros de población para el sector de la industria de la manufactura. En el eje de las "x" se representa la distancia a centros de población y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción

De acuerdo con las condiciones ambientales encontradas en la región Ixmiquilpan, las zonas aptas para el desarrollo de la industria manufacturera son aquellas que se encuentran alejadas de pozos de uso potable y que se encuentra a una distancia tal de los centros de población que no representa riesgos a la salud y que a la vez permite que los trabajadores puedan tener acceso al centro de trabajo (industrias). Los municipios con mayor superficie apta para el desarrollo de esta actividad, de acuerdo con los atributos definidos son Ixmiquilpan, Santiago de Anaya y Actopan.

En el **Mapa 16** se muestra la distribución de los niveles de aptitud del sector industrial manufacturero en la región Ixmiquilpan.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN



APTITUD MANUFACTURA

LEYENDA

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 16. Aptitud para la industria de la manufactura en la Región Ixmiquilpan

III.9 SECTOR TURISMO

En la región Ixmiquilpan el turismo se desarrolla de forma localizada, dependiendo de la presencia y distribución de atractivos turísticos como los balnearios y aguas termales. Sin embargo, la escasa ocurrencia especial de dos o más atractivos turísticos genera que el nivel de aptitud en la región se distribuya de forma tal que en zonas donde existe un sólo atractivo turístico rentable, este carezca de la suficiente importancia como para reflejar un nivel de aptitud alto. En la **Tabla 26** se presentan los atributos ambientales de los cuales depende la aptitud turística y que fueron determinados en los talleres sectoriales y posteriormente ajustados por un panel de expertos.

Tabla 26. Atributos ambientales definidos para el sector turismo.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Distancia a balnearios	0.512125
Distancia a servicios turísticos (hotelería)	0.259435
Distancia sitios de interés histórico	0.052914
Distancia cuerpos de agua con atractivo turístico	0.053099

El **Cuadro 18** presenta las comparaciones pareadas que dieron origen a los valores de ponderación presentados en la tabla anterior.

Cuadro 18. Matriz de valoraciones pareadas para el sector industria manufacturera. Se muestran los valores de comparación pareada que dan origen a la ponderación de atributos del sector industria manufacturera.

	Distancia a balnearios	Distancia a servicios turísticos	Distancia a sitios de interés histórico	Distancia a cuerpos de agua con atractivo turístico
Distancia a balnearios	1	2.9545	7.00758	7.00758
Distancia a servicios turísticos	0.33847	1	4.96211	5
Distancia a sitios de interés histórico	0.1427	0.20153	1	0.97778
Distancia a cuerpos de agua con atractivo turístico	0.1427	0.2	1.02273	1

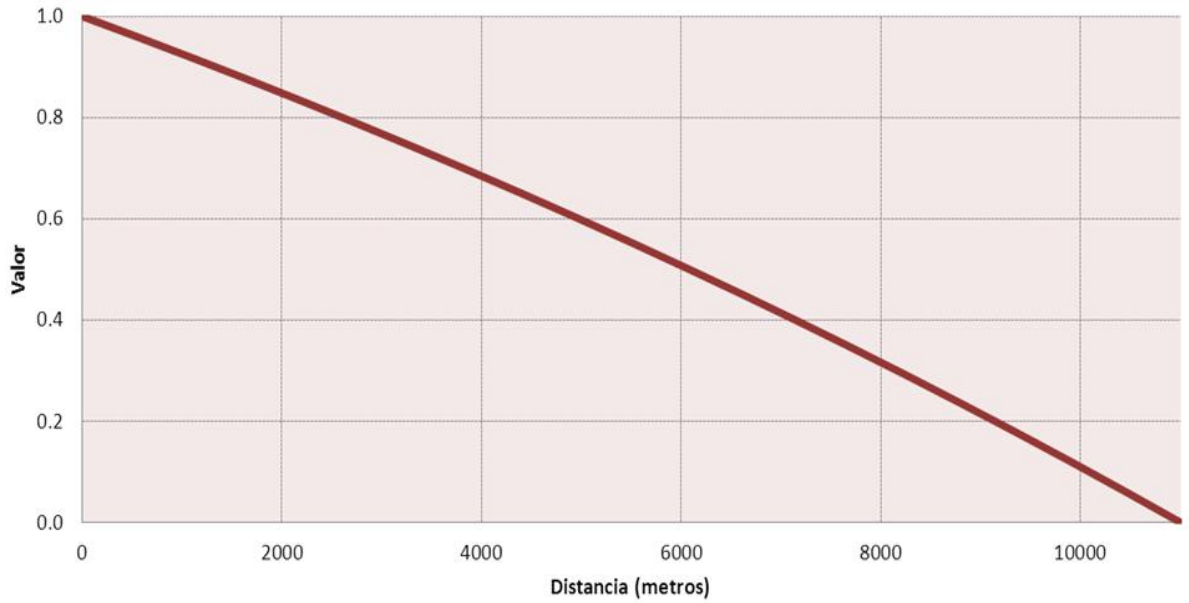
El **Mapa 17** muestra la distribución del gradiente de aptitud que se presenta en la región Ixmiquilpan con respecto a los atributos ambientales mencionados, en dicho mapa se puede observar que las zonas con menor aptitud son aquellas con menor accesibilidad y menor ocurrencia espacial de dos o más atractivos turísticos.

- Distancia a balnearios

Los balnearios son los centros turísticos de mayor relevancia en la región debido a que en dicha zona existe presencia de aguas termales aprovechadas con fines turísticos. Existen cooperativas ejidales que administran tales lugares de esparcimiento, generalmente aprovechados por habitantes de las ciudades aledañas a ellos.

La distancia hacia los balnearios es un factor muy importante que incide en la fluctuación de la afluencia de turistas a ellos, una menor distancia de las zonas urbanas es deseable para una buena taza de llegada de visitantes.

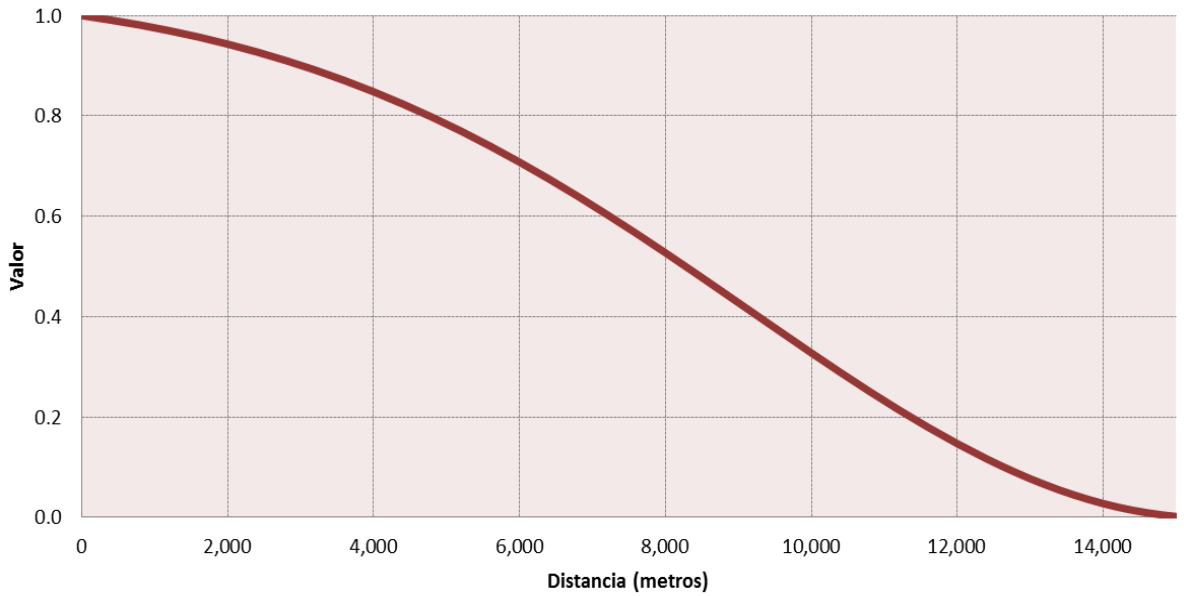
Para el cálculo de éste factor se calculó la distancia euclidiana existente a partir de los balnearios existentes en la región hacia cualquier punto distribuido dentro del área regional y se normalizó mediante una función linear con decremento monotónico (**Gráfica 40**).



Gráfica 40. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a balnearios. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a balnearios para el sector turismo. En el eje de las "x" se representa la distancia a centros de población y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a servicios turísticos

Éste atributo se refiere principalmente a la distancia existente entre los hoteles y los destinos turísticos más concurridos, éste atributo no tiene mucho peso debido a que por la naturaleza de los atractivos turísticos y la cercanía con ciudades muy pobladas el tipo de turismo que se desarrolla en la región no es de estancias largas, si bien en el caso de balnearios, estos en varios casos tienen espacios de alojamiento para los visitantes de sus respectivos centros. La distancia a los servicios turísticos fue calculada a partir de la fórmula de Euclides. Los valores de distancia a servicios turísticos fueron normalizados mediante una función linear con decremento monotónico (**Gráfica 41**), obteniendo así el mapa de distancia a servicios turísticos.



Gráfica 41. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a servicios turísticos. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a servicios turísticos para el sector turismo. En el eje de las "x" se representa la distancia a centros de población y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

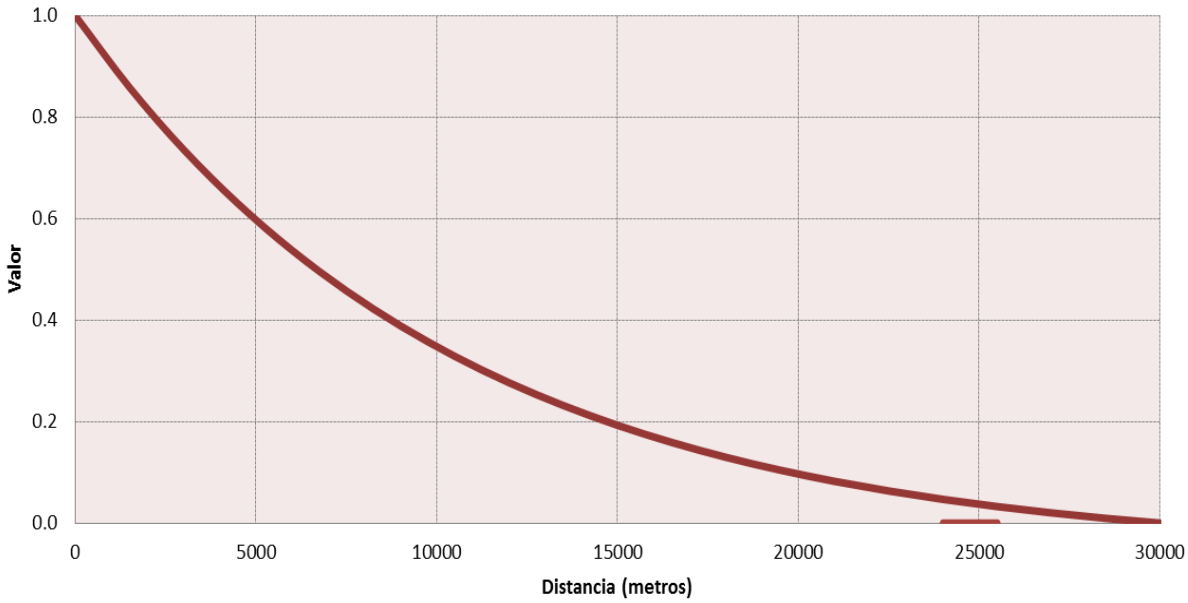
- Distancia a sitios de interés histórico

Los sitios de interés histórico abarcan todos aquellos monumentos y construcciones realizadas en la época de la colonia hasta aquellas construidas a principios del siglo XX, en éste tipo de monumentos arquitectónicos se contemplan iglesias, templos, haciendas y construcciones que tienen gran relevancia en los puntos temporales claves tanto para la historia de la región y la del país.

La distancia es un factor clave considerado para tener una buena afluencia de visitantes en éstos sitios, por lo cual es también un buen indicador de accesibilidad. Una distancia corta hacia los centros urbanos más importantes de la región da como resultado una afluencia

deseable de turistas. Para el cálculo de éste factor se modeló la distancia euclidiana existente desde las zonas de interés histórico hasta los puntos representados por un pixel distribuidos en la región de estudio.

La distancia obtenida fue normalizada mediante una función linear con decremento monotónico (**Gráfica 42**).

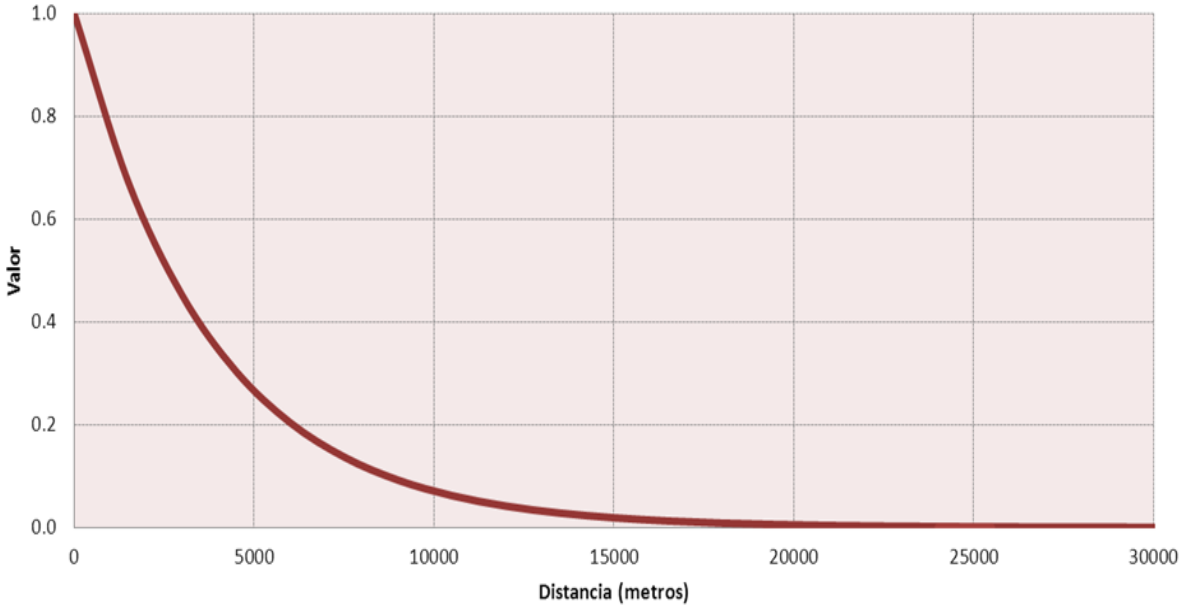


Gráfica 42. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a sitios de interés histórico. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a sitios de interés histórico para el sector turismo. En el eje de las "x" se representa la distancia a centros de población y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a cuerpos de agua con atractivo turístico

Según información obtenida a partir de la consulta ciudadana realizada en talleres participativos, existen diversos cuerpos de agua con gran importancia para la población como una fuente de atracción de turistas incluso en la actualidad se han llevado a cabo actividades de interés turístico por lo que es un sitio con potencial para el desarrollo de actividades turísticas. Es por ello, que la distancia hacia estos cuerpos de agua es considerada un atributo de gran importancia.

La distancia fue modelada mediante una fórmula euclidiana con las que se obtuvieron valores de trayecto hacia los puntos distribuidos en la región de estudio. Estos valores fueron normalizados mediante una función de curva J con decremento monotónico (**Gráfica 43**).

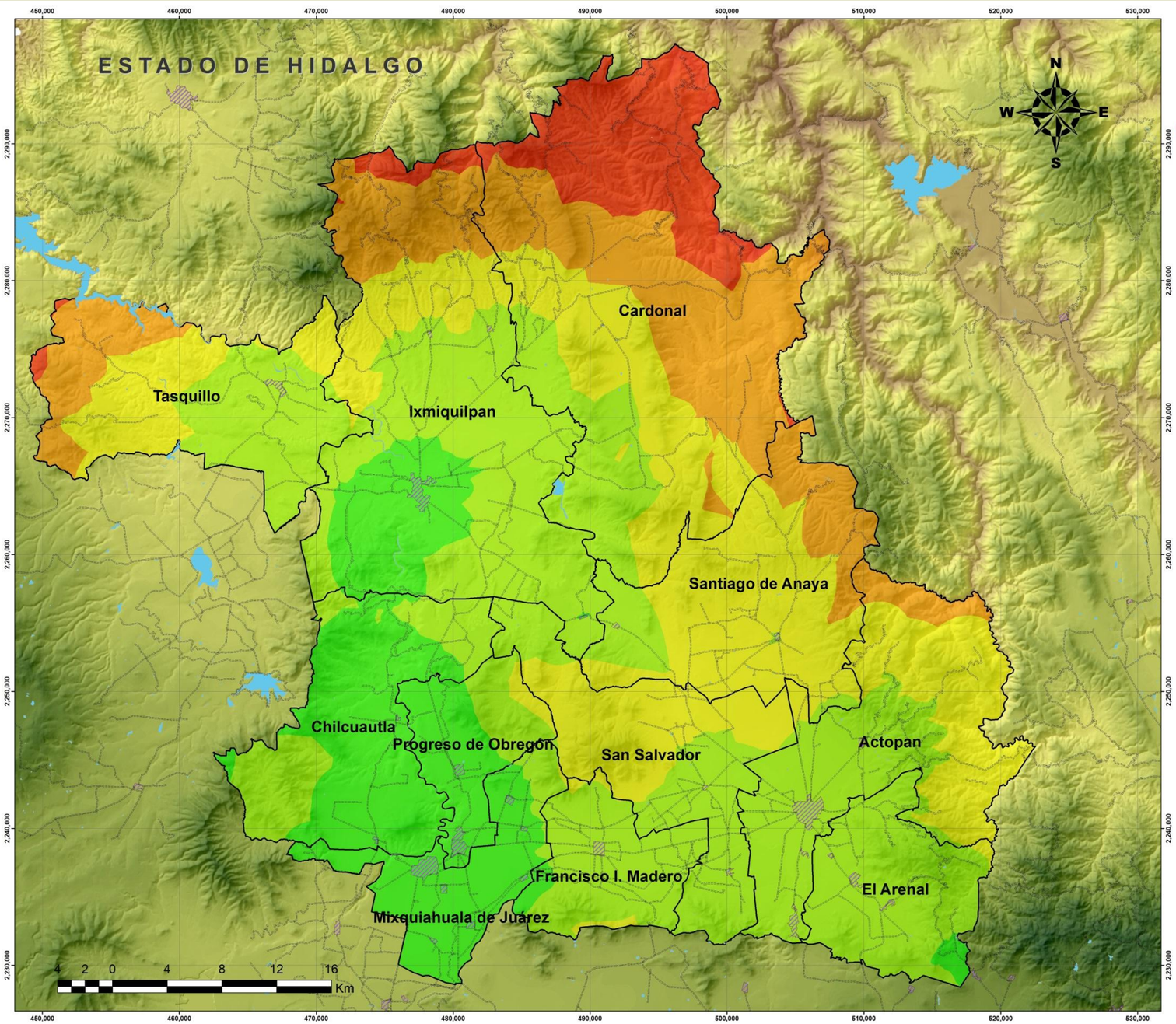


Gráfica 43. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a cuerpos de agua con atractivo turístico. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a cuerpos de agua con atractivo turístico para el sector turismo. En el eje de las "x" se representa la distancia a centros de población y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

Mediante una suma lineal ponderada de los factores antes mencionados se obtuvo un mapa de aptitud. Para hacer el mapa de adecuación para el sector turístico, se tomó en cuenta el riesgo de contaminación que sin lugar a dudas es un factor que disminuye la factibilidad del desarrollo turístico al exponer a los visitantes a dichos riesgos. Los riesgos mencionados fueron considerados por medio del mapa de riesgo de contaminación atmosférica, ya que una mala calidad de aire no es deseable para el turismo. Las parcelas de aptitud obtenidas mediante la sumatoria lineal ponderada fueron tratadas con un análisis de distancia al punto ideal en conjunto con la cartografía de riesgos por contaminación atmosférica. En el cálculo de la distancia al punto ideal, se asume que para cada pixel existe un valor de aptitud y uno de riesgo y el punto ideal debería se aquel cuyo valor de aptitud sea 1 y su valor de riesgo sea cero, así es posible calcular la distancia existente hacia dicho punto para cada pixel. Dicha distancia se calculó mediante la fórmula:

$$Adecuación\ final = \sqrt{(Aptitud - 1)^2 + Riesgos^2}$$

Para obtener el mapa de adecuación final para el sector turístico se normalizó la distancia obtenida en éste análisis, mediante una función linear con decremento monotónico con el fin de darle mayor valor de adecuación a los pixeles que tienen menor distancia al punto ideal. A continuación en el **Mapa 18** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades turísticas.





APTITUD TURSIMO

LEYENDA

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 18. Aptitud para el turismo en la Región Ixmiquilpan.

III.10 SECTOR DESARROLLO URBANO

Si bien el sector desarrollo urbano tiene una alta influencia en el manejo y disposición del territorio y en los consecuentes cambios en el uso de suelo, mismo que se encuentra bajo la influencia directa de diversos agentes económicos y sociales, no representa un sector productivo como tal; sin embargo la aptitud de dicho sector se encuentra relacionada con diversos atributos que favorecen o restringen su expansión en pro de que su desarrollo sea sustentable. Los atributos ambientales considerados para la definición de la aptitud del sector desarrollo urbano se presentan en la **Tabla 27.**

Tabla 27. Atributos ambientales definidos para el sector turismo.

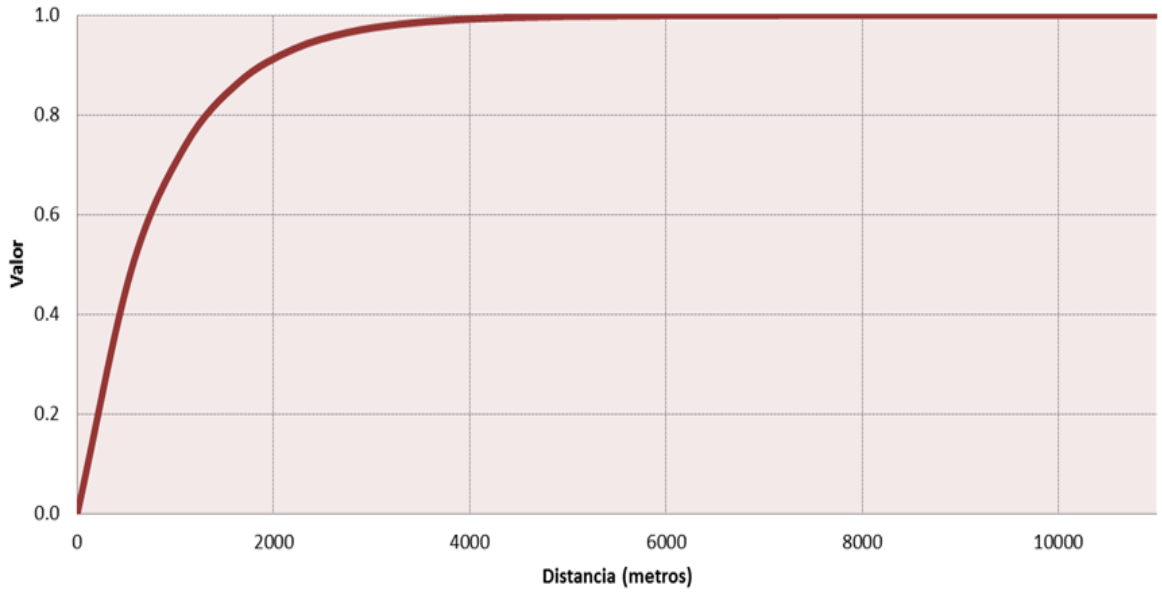
ATRIBUTO	PRIORIDAD
Distancia a industria manufacturera	0.052505
Distancia a cuerpos de agua contaminados	0.242583
Distancia a cuerpos de agua limpios	0.017928
Pendiente	0.035590
Distancia a fallas y fracturas	0.169226
Distancia a ductos de PEMEX	0.089896
Accesibilidad	0.076486
Distancia a cementeras y caleras	0.129201
Zonas de uso agrícola de riego	0.015865

A continuación se describen los atributos del sector de desarrollo urbano.

- Distancia a zonas industriales

Este atributo aunque no tiene un valor alto en la ponderación, ayuda a localizar las áreas aptas en las que sea factible implementar infraestructura para el progreso del sector de desarrollo urbano; la cercanía a las industrias existentes hace poco deseables a las zonas de sus inmediaciones ya que en ellas el ruido y exposición a contaminantes desprendidos de los procesos de la industria de la manufactura es mayor. Se estableció un rango de distancia de 0 a 10,000 metros para la distancia a las industrias del ramo manufacturero en base al análisis de distancias entre éstas industrias de la región Ixmiquilpan mediante el Software Idrisi Taiga; de acuerdo a la valoración cuantitativa del nivel de idoneidad resulta que el rango de valores óptimo para la distancia a las industrias de la manufactura en

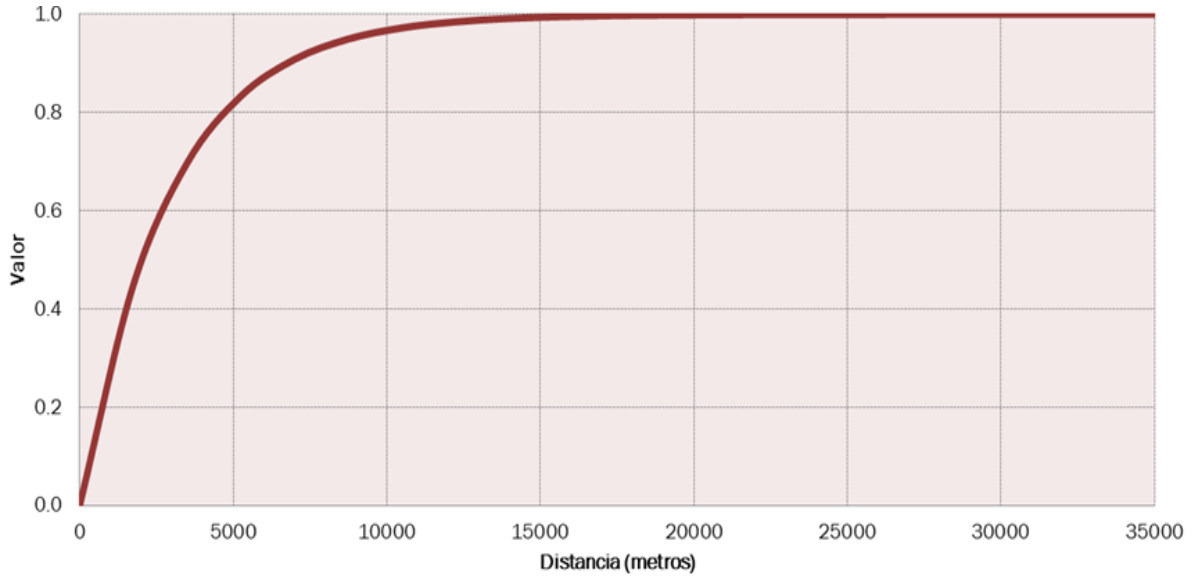
relación al sector de desarrollo urbano se presenta a partir de los 1,000 metros (**Gráfica 44**) ya que es a partir de esa distancia que los valores de distancia se acercan a los valores más altos en la escala normalizada (> 0.8)



Gráfica 44. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a las zonas industriales. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para la distancia a las zonas industriales para el sector desarrollo urbano. En el eje de las "x" se representa la distancia a las zonas industriales y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a cuerpos de agua contaminados

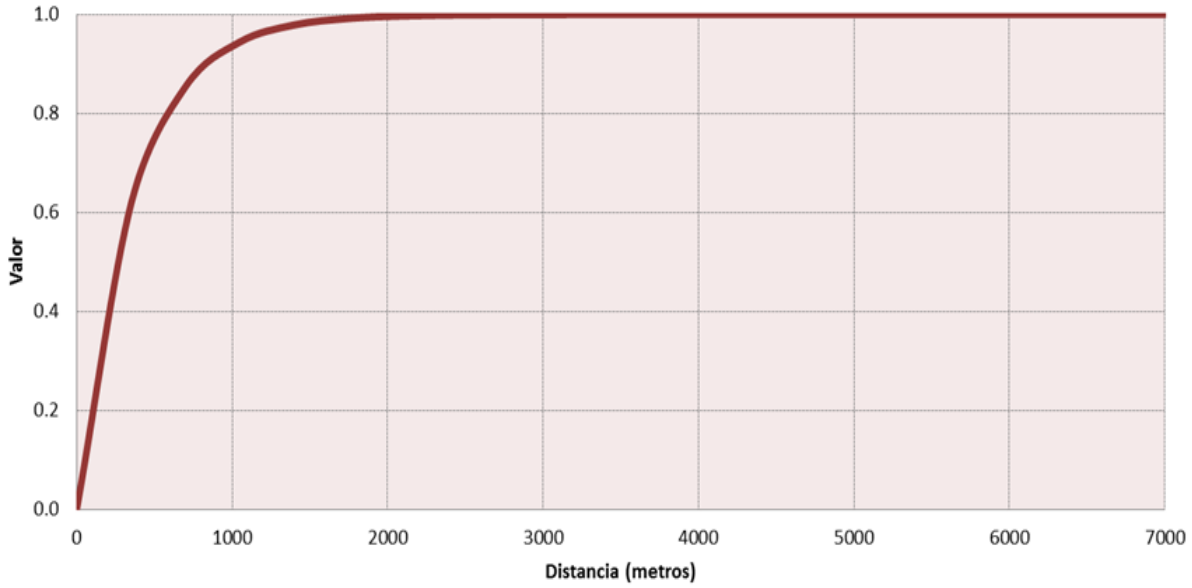
Este atributo es el de mayor peso en la ponderación para establecer la aptitud del territorio para el desarrollo del sector urbano, ya que los cuerpos de agua contaminados, que contiene aguas residuales de la zona metropolitana del valle de México (ZMVM) representa un foco de contaminación que genera problemas de salud pública para los habitantes (Cifuentes et al 1993) El rango de distancia para este atributo se definió en base al análisis de distancias entre los cuerpos de agua contaminados presentes en la región Ixmiquilpan, resultando de 0 a 35,000 metros. De acuerdo a la **Gráfica 45** los valores de distancia superiores a 5,000 metros poseen un nivel de "idoneidad" mayor de acuerdo a la escala de valores estandarizada, es a partir de éste valor que se incrementa su valía en la escala de proporción siendo a partir de los 10, 000 metros en adelante más aptos los sitios para establecer áreas urbanas en relación a la distancia de cuerpos de agua contaminados.



Gráfica 45. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a cuerpos de agua contaminados. Gráfica de la función de valor utilizada para la distancia a los cuerpos de agua contaminados para el sector desarrollo urbano. En el eje de las "x" se representa la distancia a los cuerpos de agua contaminados y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a cuerpos de agua limpios

En el caso del sector de desarrollo urbano, la importancia de este atributo radica en el suministro de agua que representan estos cuerpos de agua para las zonas urbanas, sin embargo no es benéfico que las áreas urbanas se encuentren muy cercanas a los cuerpos de agua ya que las urbes desprenden desechos y contaminantes que dañan a este atributo y es precisamente debido a este riesgo de contaminación latente que en la valoración cuantitativa del nivel de idoneidad del atributo distancia a los cuerpos de agua limpios se estableció un rango de distancia de 0 a 7,000 metros, mismo que fue definido en base al análisis de distancia entre los cuerpos de agua limpios de la región Ixmiquilpan; con base a este rango como puede observarse en la **Gráfica 46** los valores de distancia superiores a 700 metros poseen un valor de idoneidad superior a 0.8, mientras que a partir de los 1,400m de distancia la "idoneidad" se incrementa de acuerdo a la escala de valores estandarizada para la distancia a los cuerpos de agua limpios.



Gráfica 46. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a los cuerpos de agua limpios. La figura muestra la gráfica de la función de valor utilizada para la distancia a los cuerpos de agua limpios para el sector de desarrollo urbano. En el eje de las "x" se representa la distancia a los cuerpos de agua limpios y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Pendiente

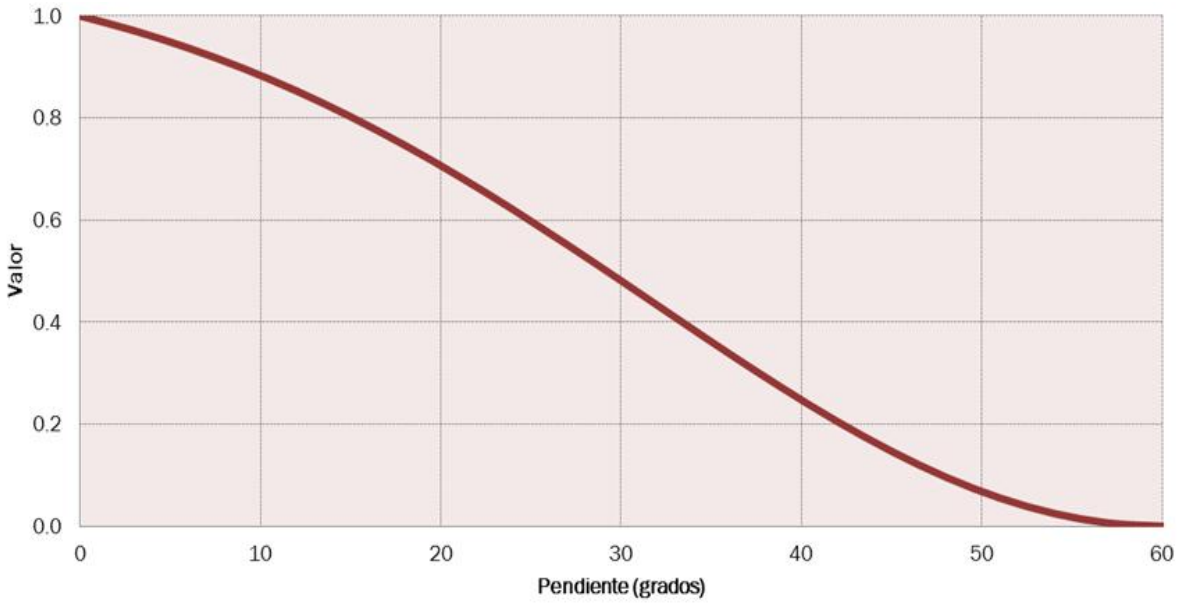
En el establecimiento de las áreas aptas para el desarrollo urbano resulta importante que no exista un grado considerable en la pendiente del terreno ya que ello causa complicaciones y eleva el costo de la construcción de los centros urbanos además de que dificulta la implementación de la infraestructura requerida para su establecimiento. Por tal motivo se han considerado únicamente viables a las áreas con una pendiente catalogada como plana a inclinada (Hofstee-Brussel 1999). Los rangos de pendiente en grados así como su nivel de aptitud se muestran en la **Tabla 28.**

Tabla 28. Valoración de la pendiente para uso urbano.

NIVEL DE APTITUD	RANGO DE PENDIENTE (EN GRADOS)
Plana	0–7
Inclinada	7-15
Escarpada	>15

Fuente: (Hofstee-Brussel 1999. "Análisis de aptitud para la expansión urbana")

La valoración final de este parámetro, en una escala estandarizada se presenta en la **Gráfica 47**, donde los valores de pendiente por arriba de los 30 grados poseen valores de menores a 0.6.

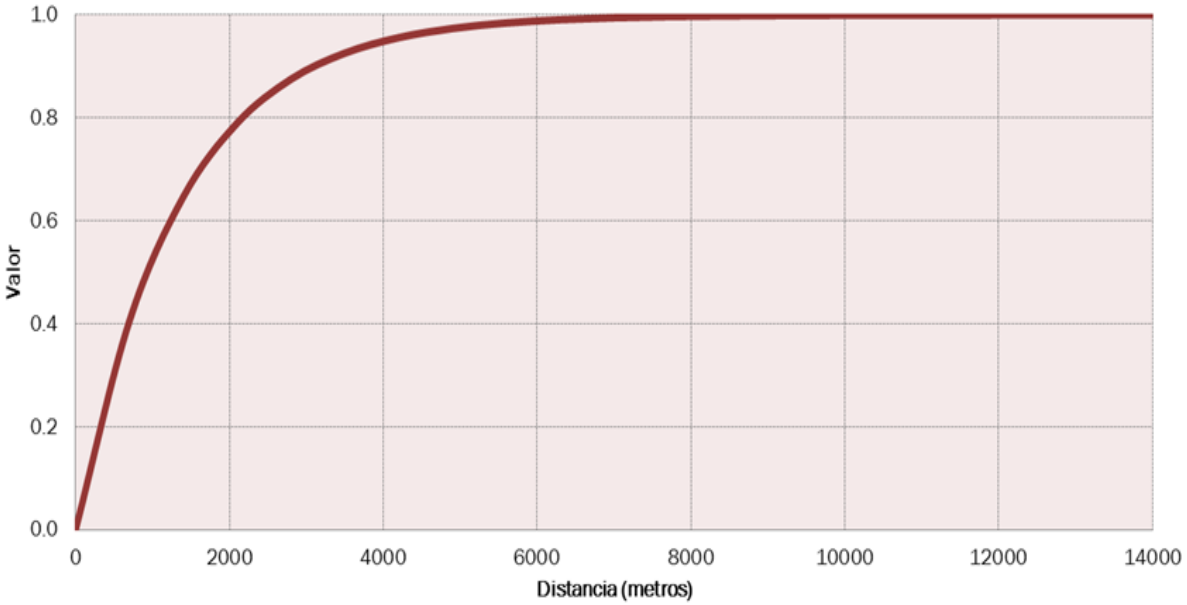


Gráfica 47. Comportamiento de idoneidad del atributo pendiente. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo pendiente en el sector desarrollo urbano. En el eje de las "x" se representa la pendiente en grados y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Distancia a fallas y fracturas

La presencia de fallas y fracturas geológicas representa un riesgo para el desarrollo de actividades del sector urbano ya que es posible que se presenten hundimientos en el suelo lo cual representa un riesgo para la infraestructura de las viviendas y los habitantes que en ellas residan, lo cual convierte a las zonas de esos municipios en no aptas para el establecimiento de áreas urbanas.

El comportamiento de este atributo es directamente proporcional con los valores más altos en la escala estandarizada, lo cual implica que al aumentar la distancia a las fallas y fracturas geológicas se incrementan los valores de "idoneidad" en la escala de proporción, acercándose a el valor más alto, esto quiere decir que mientras más alejadas se encuentren las áreas de las fallas y fracturas geológicas mayor es su aptitud para el desarrollo de las actividades de desarrollo urbano. El rango de distancia fue delimitado en base a las distancias entre las fallas y fracturas del área en estudio siendo de 0 a 14,000 metros, como puede apreciarse en la **Gráfica 48** a partir de los 1,500 m los valores son mayores a 0.8 lo cual los hace más deseables para implementar actividades de desarrollo urbano.



Gráfica 48. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a fallas y fracturas. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a fallas y fracturas en el sector desarrollo urbano. En el eje de las "x" se representa distancia a fallas y fracturas en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

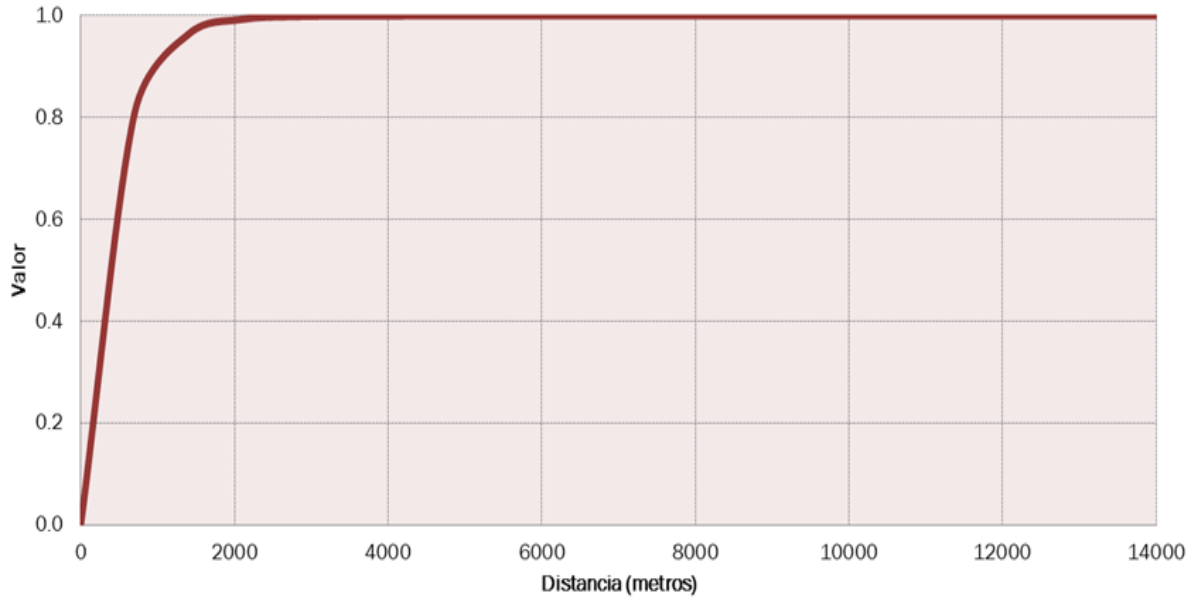
- Distancia a ductos de PEMEX

De acuerdo al Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1990-1994 en los criterios sobre usos industriales y ductos se establece que en el caso de plantas de almacenamiento de derivados del petróleo, (entre 100 y 30,000 barriles), se deberá guardar una distancia mínima con respecto al desarrollo urbano, que varía entre 75 y 400 metros de acuerdo con el nivel de riesgo de los diferentes productos. En grandes ciudades, se deberá desconcentrar el almacenamiento masivo de productos en un sistema de depósitos, cercanos a la zona de mayor consumo.

El sexto criterio que se refiere a los ductos y poliductos transportadores de derivados del petróleo. No se permitirá el desarrollo urbano sobre su sección y trayecto de derecho de vía, dado su carácter de zona federal. Además, no se permitirá el tránsito no controlado de transportes o maquinaria pesada sobre su tendido, ni la excavación a cualquier profundidad cercana a la tubería. Cuando se requiera instalar una red de infraestructura urbana cercana a los ductos, o la construcción de una vía o dispositivo vial cercano al tendido, se deberá concertar y coordinar, de manera obligatoria, su proyecto y construcción bajo la supervisión de PEMEX. La distancia mínima de resguardo a usos urbanos a partir del eje de la tubería, será de 35 metros. (UNAM, 2011).

Con base en la información anterior queda definido que en lo concerniente al comportamiento de este atributo la relación es directamente proporcional ya que cuanto mayor sea la distancia desde los ductos de PEMEX, mayor será la aptitud del territorio para establecer áreas urbanas; el rango de distancia se determinó en base a las distancias entre

los ductos presentes en la región Ixmiquilpan, (0 a 14, 000 metros) y mediante el análisis cuantitativo en una escala estandarizada de los valores se obtuvo que a partir de una distancia de 700 metros se incrementa el valor con respecto a la escala normalizada para los valores de distancia a los ductos de PEMEX lo cual hace a las áreas más alejadas de los ductos dentro de ese rango más deseables para el establecimiento de obras de desarrollo urbano (**Gráfica 49**).



Gráfica 49. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a ductos de PEMEX. Gráfica de la función de valor utilizada para el atributo distancia a ductos de PEMEX en el sector desarrollo urbano. En el eje de las "x" se representa distancia a ductos de PEMEX en metros y en el eje de las "y" su correspondiente valor en escala de "ideales" o escala de proporción.

- Accesibilidad

La accesibilidad puede definirse como la capacidad de interactuar o de hacer contacto con sitios en que existen oportunidades económicas o sociales (IMT, 2005); ahora bien, este concepto intuitivo ha sido expresado de muchas maneras por diversos autores. Así Goodall (1987) se refiere a la accesibilidad como la facilidad con la que se puede llegar a un sitio desde otras localidades, Geertman (1995), concluye que el concepto de accesibilidad puede utilizarse en la política de desarrollo rural como un indicador de carencia y como una variable en el análisis comparativo de localidades.

En un proyecto de desarrollo urbano se debe garantizar una buena comunicación con los centros ya poblados y dotados de servicios y equipamientos, para su óptimo funcionamiento, así se evita aumentar el número de desplazamientos y de forma indirecta, los problemas de contaminación debido al aumento del tráfico (Gómez, 2011).

La representación espacial de la accesibilidad se lleva a cabo mediante un modelo de costo y fricción (Farrow y Nelson, 2001); el modelo cartográfico de accesibilidad calculado mediante costo y fricción consiste en dar valores de fricción a la red de carreteras y caminos según el tipo de vía (Gómez, 2011). Los valores de fricción propuestos por Gómez Delgado fueron adaptados a los tipos de carreteras y caminos existentes en la zona de influencia de la región Ixmiquilpan (**Tabla 29**). Para efecto de entender este componente, fricción significa valor adimensional de impedancia para recorrer una vía asignado en base a la apreciación del tipo y condición de la vía. El valor de fricción será menor cuando la carretera o camino sea una vía que tenga las condiciones necesarias para hacer más eficiente el recorrido.

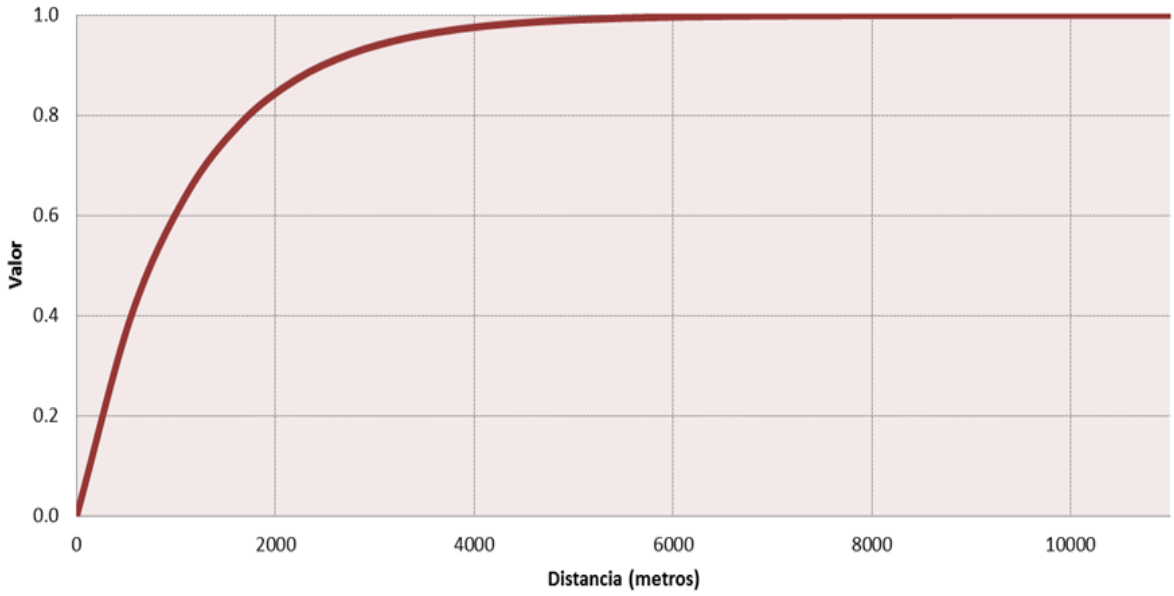
Tabla 29. Valores de fricción asignados a los tipos de vías de comunicación existentes en el área de influencia de la región Ixmiquilpan.

TIPO DE VÍA	FRICCIÓN
Autopista	1
Carretera de dos carriles	2
Carretera de un carril	3
Brecha	7
Terracería	50
Vereda	50

Después de dar valores de fricción a cada tipo de vía se procedió a realizar el cálculo de costo en términos de tiempo empleado en segundos para desplazarse desde cada núcleo urbano por carretera, para ello se emplea como variables la superficie de origen constituida polígonos correspondientes a las zonas urbanas existentes en el la región de estudio y la superficie de fricción (generada en la asignación de valores de fricción a las carreteras y caminos). A éste costo de desplazamiento a lo largo de la red viaria hay que sumarle el costo de llegar a un punto cualquiera en la región desde los centros urbanos, para lo cual se calcula una distancia euclidiana hacia cada vía con su correspondiente valor de costo y la distancia calculada se asigna espacialmente a los valores de costo calculado para obtener el costo de desplazamiento hacia cualquier punto desde los núcleos urbanos, los valores de accesibilidad se obtienen sumando los costos de desplazamiento por la red viaria y los costos de desplazamiento hacia los sitios turísticos desde cualquier punto, es decir, la accesibilidad por tanto, bajo éste marco una función de costo total de desplazamiento influido por la fricción hacia los futuros desarrollos urbanos.

- Distancia a cementeras y caleras

Este atributo tiene una relación directa con los contaminantes que se desprenden de la extracción de materiales y el riesgo que representan para la salud de los habitantes la distancia hacia ellas es un factor que ayuda a demarcar las áreas aptas para el sector de desarrollo urbano; bajo el supuesto de que mientras más alejadas se encuentren las áreas de aprovechamiento de cal y cemento, menor será el riesgo de enfermedades, principalmente bronco respiratorias, se consideró un rango de distancia de 0 a 10,000 metros como límite para contener a los valores deseables resultado de la distancia entre caleras y cementeras presentes en la zona de estudio. Como para este atributo, el nivel de idoneidad es directamente proporcional a la distancia a las caleras y cementeras, puede observarse en la **Gráfica 50** que el rango de distancia entre 0 y 1,000 metros es el que posee un nivel de idoneidad mayor con valores superiores a 0.7 en la escala normalizada de los valores de distancia a las caleras y cementeras.



Gráfica 50. Comportamiento de idoneidad del atributo distancia a las cementeras. Gráfica de la función de valor utilizada para la distancia a las cementeras para el sector desarrollo urbano. En el eje de las "x" se representa la distancia a las cementeras y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción

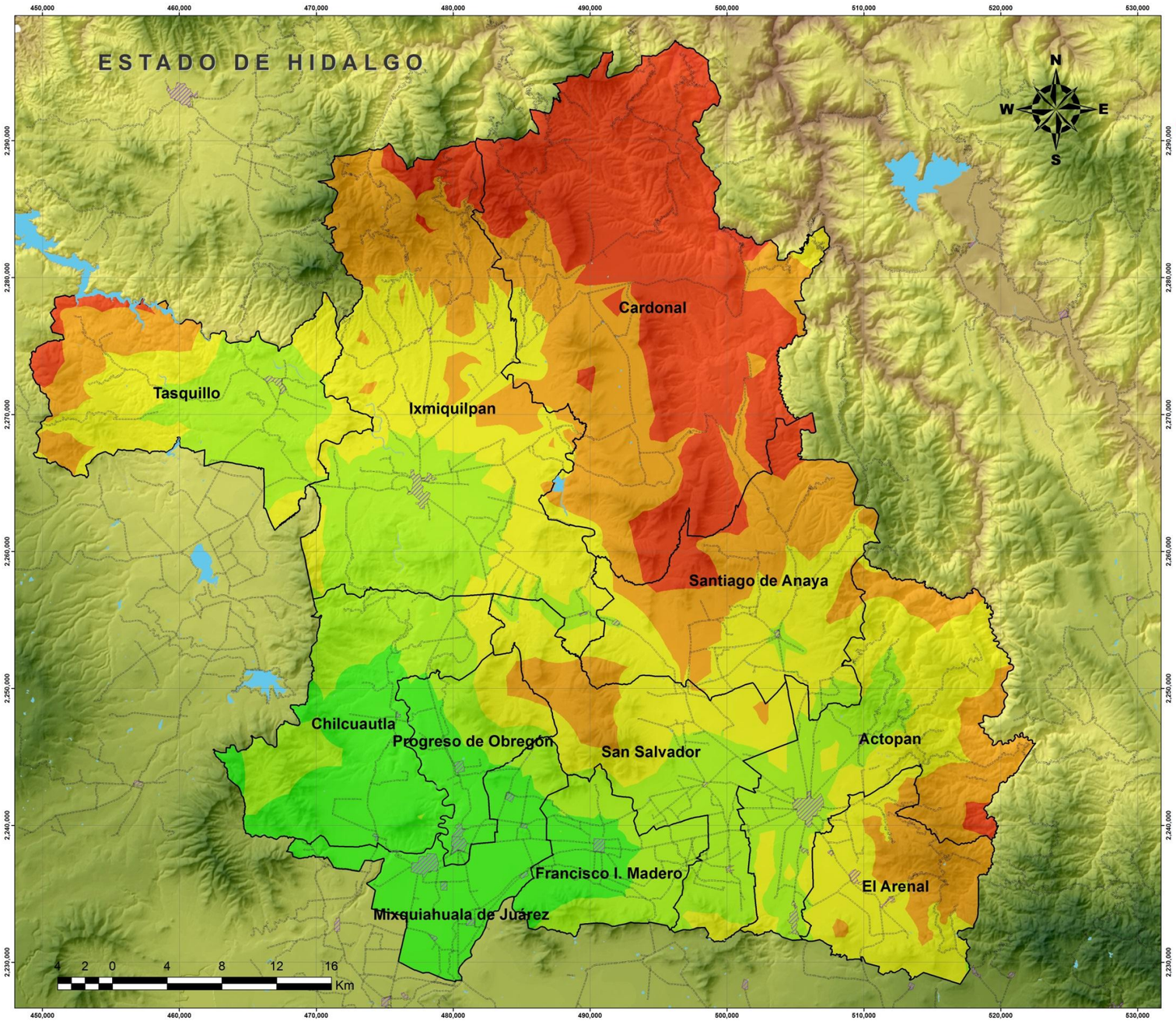
- Zonas agrícolas de riego

Entre los retos que enfrentan las ciudades actuales, está la escasez de agua para el uso doméstico, siendo quizá uno de los más urgentes por resolver el volumen de riego agrícola que se requiere para cubrir las necesidades alimentarias de la población. Una solución para este conflicto radica principalmente en la reutilización de las aguas residuales provenientes del valle de México, no obstante del riesgo sanitario que ello implica para los habitantes.

De acuerdo a un estudio de problemas de salud asociados al riego agrícola con agua residual en México, en el distrito de riego 03-Tula la población rural de ésta zona presentó enfermedades diarreicas e infecciones estomacales (Cifuentes et al 1993).

Sin embargo debido a que el uso agrícola en el Distrito de riego funciona como un elemento que limita el establecimiento de áreas urbanas debido a la necesidad de satisfacer la demanda alimenticia de los habitantes y su función como fuente de sustento para los habitantes de las comunidades rurales también fue considerado dentro de los atributos ambientales que generan la aptitud para el sector de desarrollo urbano.

A continuación en el **Mapa 19** se presenta la aptitud del territorio para el desarrollo urbano.



Mapa 19. Aptitud para el desarrollo urbano en la Región Ixmiquilpan

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN



APTITUD DESARROLLO URBANO

LEYENDA

- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

III.11 SECTOR CONSERVACIÓN

Aunque la conservación no representa un sector productivo como tal, esta incide en el manejo y apropiación de los recursos naturales, así como en la protección de los elementos naturales y ecosistemas. En la región Ixmiquilpan existe una intensa presencia de industrias, lo cual ha generado un panorama desfavorable para la protección de los sistemas naturales, sin embargo, existen algunos rasgos y elementos naturales que presentan un valor ecológico a considerar. Para la determinación de la aptitud del sector conservación fueron definidos seis atributos ambientales, los cuales fueron establecidos con base en la información disponible. Las áreas naturales protegidas fueron seleccionadas como atributo ambiental, debido a su importancia legal y ecológica. Además de las áreas de protección decretadas oficialmente, así como las zonas definidas como prioritarias por instancias federales, fueron considerados como atributos de importancia algunos tipos de vegetación como el bosque de galería compuesta principalmente por especies de ahuehuete y sauces y las zonas que aun presentan vegetación primaria de bosque de encino, matorral crassicaule y matorral desértico rosetófilo.

Por otra parte con la intensión de tomar en cuenta parte de los servicios ambientales aun prevalecientes en la región de estudio fue considerado como atributo la fijación de carbono llevada a cabo por la vegetación y suelos de la región. Y por último La **Tabla 30** muestra los atributos ambientales definidos para el sector conservación así como sus respectivos valores de prioridad.

Tabla 30. Atributos del sector conservación.

ATRIBUTO	PRIORIDAD
Áreas Naturales Protegidas	0.320004
Fijación de CO_2	0.242455
Vegetación primaria	0.178331
Zonas de protección decretadas por ordenamientos locales	0.182822
Región hidrológica prioritaria	0.076387

- Áreas naturales protegidas

Éste atributo fue considerado dentro de los factores de aptitud territorial para conservación debido al peso legal y la importancia ecológica que éste tipo de áreas protegidas tiene, se le dio el mayor peso prioritario a causa de ser espacios que naturalmente y legalmente tienen que ser considerados como espacios de conservación sin dar paso a argumentos contrarios. El factor de áreas naturales protegidas como factor de aptitud de conservación se refiere a la presencia de espacios protegidos sean estos la categoría que tengan dentro del marco de categorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Así, se asignó un

valor de 1 al área correspondiente a espacios protegidos mediante una normalización de tipo booleana

- Fijación de CO_2

La fijación de dióxido de carbono es un servicio ambiental que proporcionan los espacios naturales, este servicio trae como beneficio la disminución de gases de efecto invernadero en la atmósfera como lo es el CO_2 además éste proceso tiene como resultado un aire más limpio para el uso de las especies animales y el ser humano. Es entonces muy importante conservar aquellos espacios que tienen altos niveles de fijación de CO_2 y muy particularmente en la región Ixmiquilpan éste factor es muy importante debido a la cantidad de industrias que emiten dióxido de carbono a la atmósfera; si se conservan los espacios naturales que toman CO_2 de la atmósfera y devuelve oxígeno limpio para respirar sin lugar a dudad se garantiza elevar la calidad de salud de la población en la región y por consecuencia su calidad de vida.

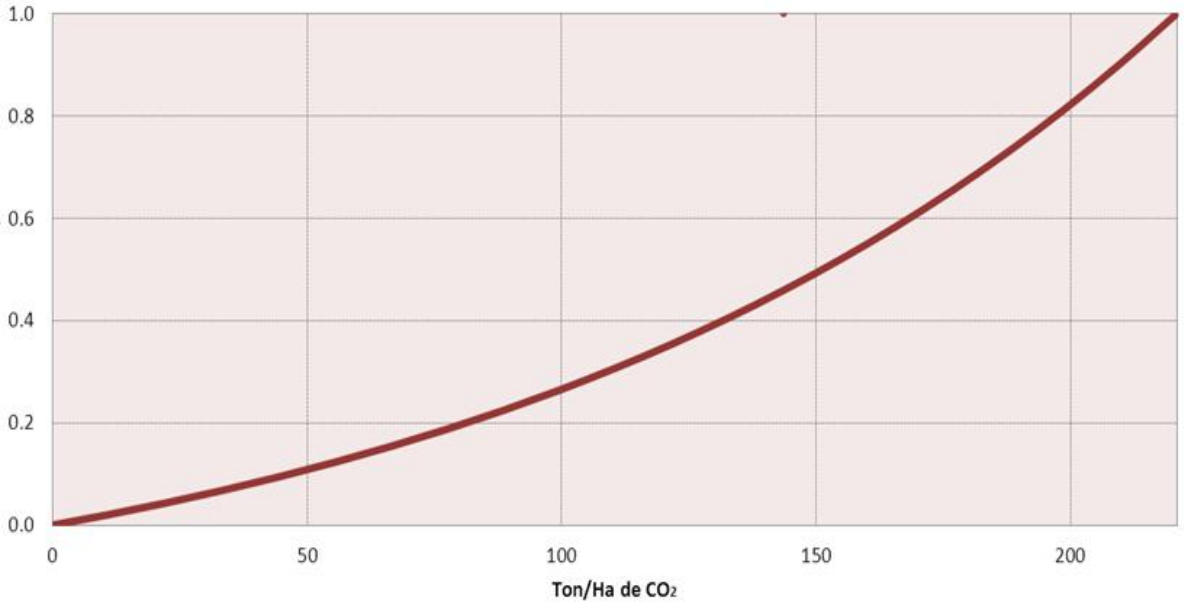
El mapa de fijación de CO_2 presentado en éste trabajo fue elaborado en base a equivalencias de valores estimados de captura de CO_2 por tipos de vegetación, los valores asignados fueron normalizados con una función linear con incremento monotónico (**Gráfica 51**).

- Vegetación primaria

Los espacios con vegetación nativa son de gran importancia para su conservación ya que constituyen un banco de germoplasma vivo para la reproducción de especies nativas de la región. La vegetación primaria tiene numerosas especies que brindan algún producto o servicio a la población aledaña. Derivadas de esas dos razones principales, la vegetación primaria deben ser espacios destinados a la conservación. En la modelación espacial de este factor se determinaron valores de aptitud de forma booleana, en donde los sitios con vegetación primaria se presentan valores de 1 y donde existe ausencia de estas se presentan valores de 0.

- Zonas de protección decretadas por ordenamientos locales

Cada ordenamiento local designa espacios o zonas de protección, el hecho de estar contempladas dentro de un plan de ordenamiento implica un carácter legal y de importancia ecológica también por lo cual se les tiene que considerar como zonas de cierta prioridad para tener un carácter de conservación en futuros planes de ordenamiento a dimensiones mayores que las locales. En la modelación de las zonas de protección como factor de aptitud, se asignaron valores de 1 a los polígonos correspondientes a dichos espacios dándole así el valor más alto de aptitud



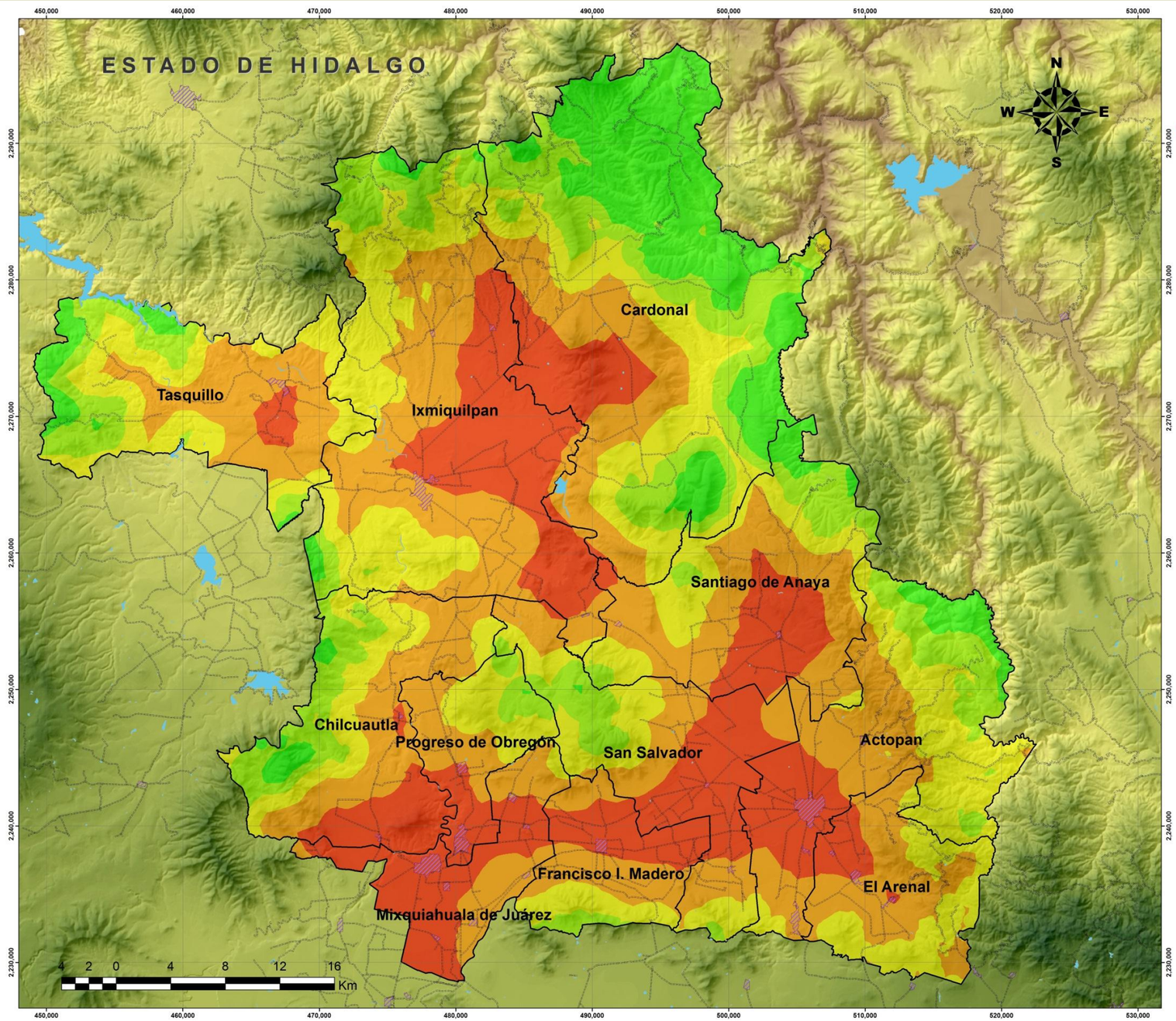
Gráfica 51. Comportamiento de idoneidad del atributo fijación de CO_2. Gráfica de la función de valor utilizada para fijación de CO_2 en el sector conservación. En el eje de las "x" se representa la distancia a la refinería y en el eje de las "y" su correspondiente valor en la escala de "ideales" o escala de proporción.

- Región Hidrológica Prioritaria

La existencia de Regiones Hidrológicas Prioritarias es un factor que le da al territorio ocupado por ésta un carácter de conservación debido a toda la diversidad biológica existente dentro de ella. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad delimitó regiones hidrológicas prioritarias a escala 1:1000000, siendo la región 75 la que se encuentra presente dentro de la región Ixmiquilpan. Para efectos de este estudio, se estimó un área a escala 1:250,000 correspondiente a la región hidrológica prioritaria determinada por CONABIO. Esto último se logró modelando el parteaguas de los afluentes considerados dentro del polígono de la región hidrológica prioritaria tomando como base los patrones de dirección de flujo y acumulación de flujo calculados a partir de un Modelo de Elevación Digital (MDE) proveido por el U.S Geological Survey con resolución de 90 m, la cual es adecuada para obtener información a escala 1:250,000. Dentro del MDE se ubicaron los puntos de inicio de los afluentes considerados en la región delimitada y a partir de ellos se modelaron los parteaguas de los afluentes considerados, la unión de dichos parteaguas constituyeron la Región Hidrológica Prioritaria a escala 1:250,000.

Ésta área delimitada fue valorada mediante una normalización booleana, otorgándole el valor más alto de aptitud.

A continuación en el **Mapa 20** se presenta la aptitud del territorio para la conservación.



LOCALIZACIÓN



APTITUD CONSERVACIÓN

LEYENDA

Grado de aptitud

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 20. Aptitud para la conservación en la Región Ixmiquilpan.

IV. IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS AMBIENTALES

De acuerdo con la SEMARNAT[23] la identificación de conflictos ambientales consta de dos principales pasas, la definición de la interacción sectorial y la definición de conflictos ambientales. La primera etapa consiste en identificar la compatibilidad e incompatibilidad entre los sectores que interactúan en la región, esto a través de la elaboración de talleres sectoriales. La definición de conflictos consiste en la identificación de sectores con concurrencia espacial similar o igual y cuya interacción de actividades los hace incompatibles.

IV.1 INTERACCIÓN ENTRE SECTORES

De acuerdo con los resultados obtenidos en los talleres de atributos ambientales, así como la consulta a expertos realizada posterior a estos, la interacción entre sectores se da de dos formas; cuando la presencia de un sector no altera, ni modifica ni disminuye el desarrollo de otro sector existe una compatibilidad entre sectores, por el contrario, cuando la presencia de un sector disminuye el potencial o desarrollo de otro, ya sea por competencia de espacio, competencia por recursos o diminución de la calidad de producción, existe una incompatibilidad. El **Cuadro 19** señala cada una de las interacciones entre los sectores presentes en la región Ixmiquilpan, las cuales son fundamentales para la identificación de conflictos.

Cuadro 19. Matriz de interacciones entre los sectores presentes en la región Ixmiquilpan.

SECTOR	AGRÍCOLA DE TEMPORAL	AGRÍCOLA DE RIEGO	GANADERO	ACUICULTURA	FORESTAL MADERABLE	FORESTAL NO MADERABLE	INDUSTRIA EXTRACTIVA	INDUSTRIA DE LA MANUFACTURA	TURISMO	DESARROLLO URBANO	CONSERVACIÓN
AGRICULTURA DE TEMPORAL		C	C	C	Nc	Nc	Nc	C	Nc	Nc	Nc
AGRÍCOLA DE RIEGO			C	C	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
GANADERO				C	C	Nc	Nc	C	Nc	Nc	Nc
ACUICULTURA					Nc	Nc	Nc	Nc	C	Nc	C
FORESTAL MADERABLE						C	Nc	Nc	C	Nc	C

[23] SEMARNAT, 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Primera Edición, México, D.F.

SECTOR	AGRÍCOLA DE TEMPORAL	AGRÍCOLA DE RIEGO	GANADERO	ACUICULTURA	FORESTAL MADERABLE	FORESTAL NO MADERABLE	INDUSTRIA EXTRACTIVA	INDUSTRIA DE LA MANUFACTURA	TURISMO	DESARROLLO URBANO	CONSERVACIÓN
FORESTAL NO MADERABLE							Nc	Nc	C	Nc	C
INDUSTRIA EXTRACTIVA								Nc	Nc	Nc	Nc
INDUSTRIA DE LA MANUFACTURA									Nc	Nc	Nc
TURISMO										Nc	C
DESARROLLO URBANO											C
CONSERVACIÓN											

IV.2 DETERMINACIÓN DE CONFLICTOS

Como se mencionó con anterioridad, un conflicto ambiental se presenta cuando dos o más sectores incompatibles convergen o compiten en el mismo espacio. Para la identificación de dichos conflictos se dividió el territorio regional en grupos compuestos de acuerdo con su similitud en los valores de aptitud, esto a través de un análisis de componentes principales (ACP). Posteriormente se comparó la aptitud relativa de cada uno de los sectores dentro de cada uno de los grupos resultantes del ACP, a través de la técnica de "residuales de Gower", con lo cual se obtuvo una comparación de valores residuales que ayudan en la visualización de la aptitud media relativa de cada sector, con relación a cada grupo de aptitud previamente definido.

El ACP establecido dio como resultado la definición de 9 grupos de aptitud dentro de los cuales fueron definidos los valores medios relativos de aptitud de cada sector, los cuales facilitan la discriminación de las actividades preponderantes y la identificación de la concurrencia espacial de actividades incompatibles (conflictos ambientales). Cabe mencionar que el primer análisis de componentes principales generó dos grupos que reflejan una clara diferencia de aptitud entre las zonas montañosas y el valle, esto debido a que las zonas planas del valle tienen mayor influencia de valores altos de aptitud para la mayoría de los sectores industriales y agropecuarios. En la **Figura 8**, a través de un esquema jerárquico, se muestran los 9 grupos generados, ilustrando su proceso de generación. En cada nivel de dicho esquema se llevó a cabo un ACP por cada par de grupos resultantes. Todos aquellos grupos que mostraron homogeneidad en el análisis de varianza son los mismos que se consideraron indivisibles y por lo tanto fueron tomados en cuenta como grupos finales.

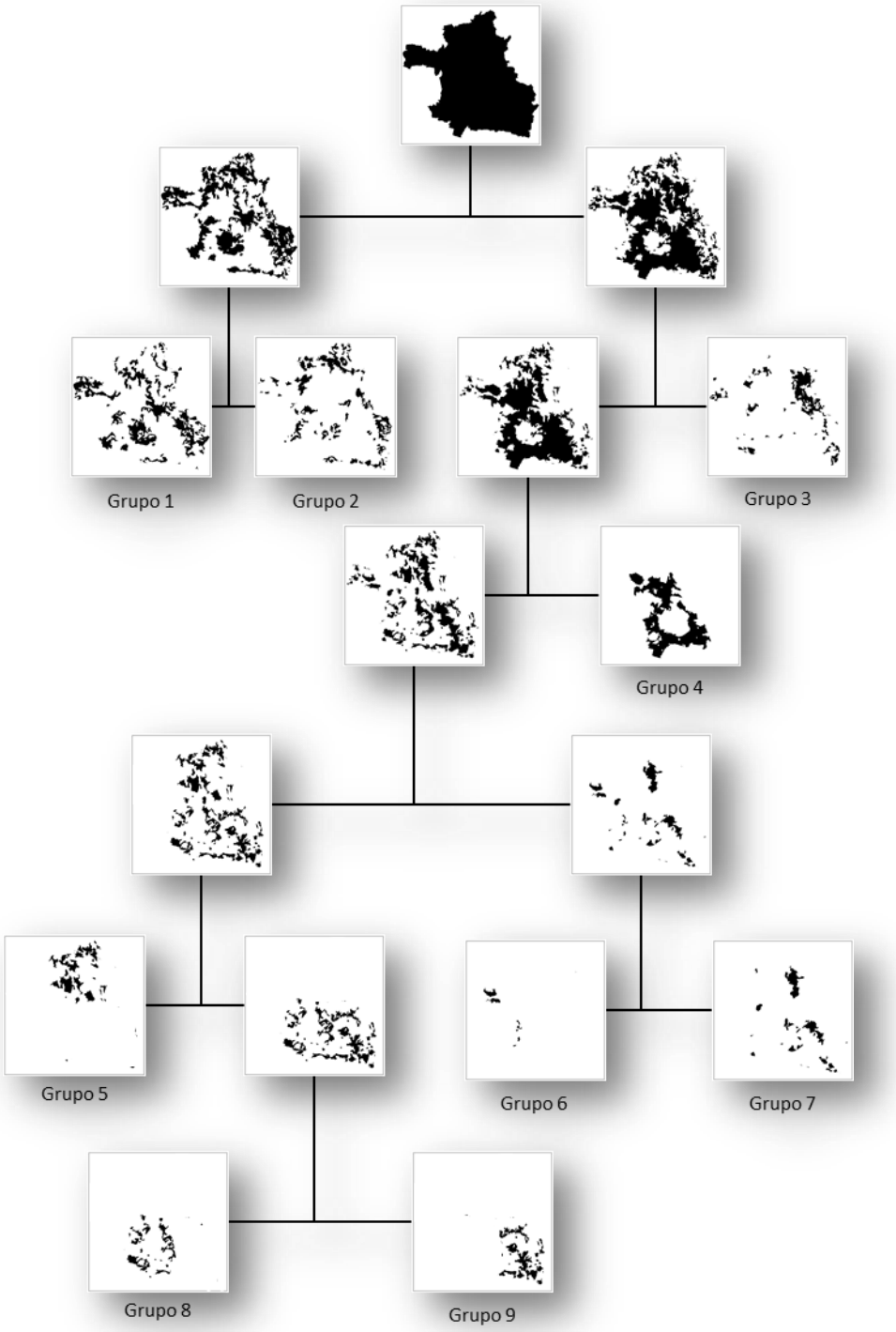
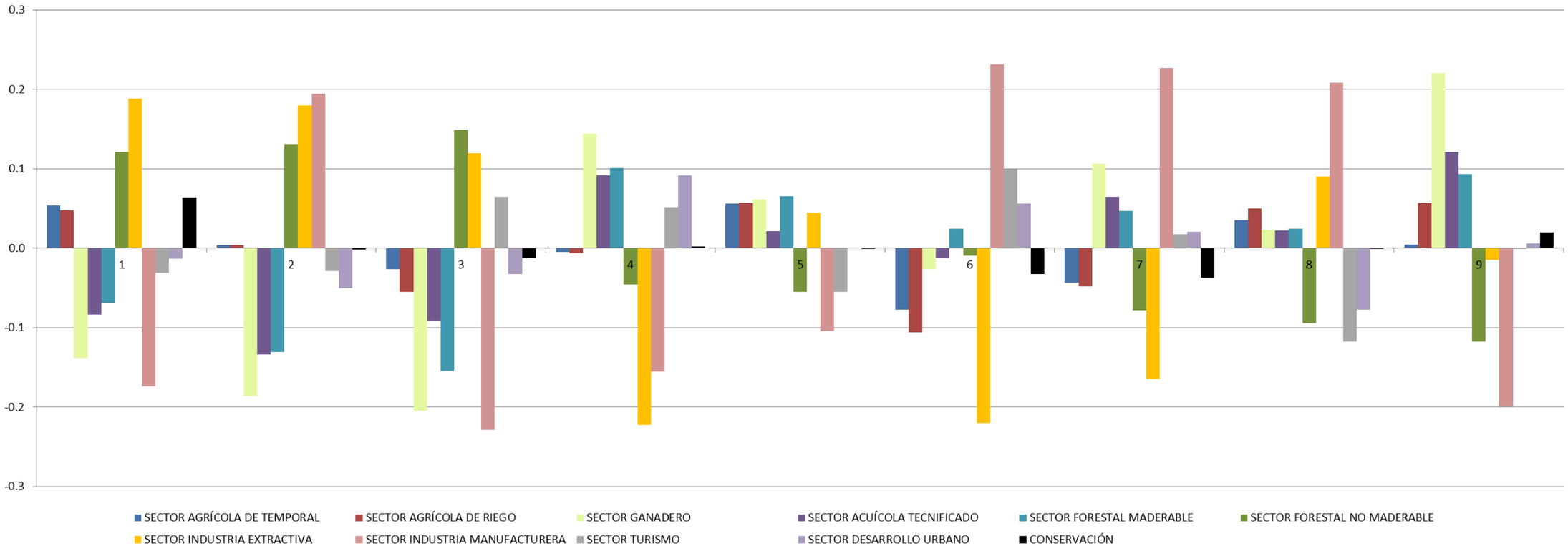
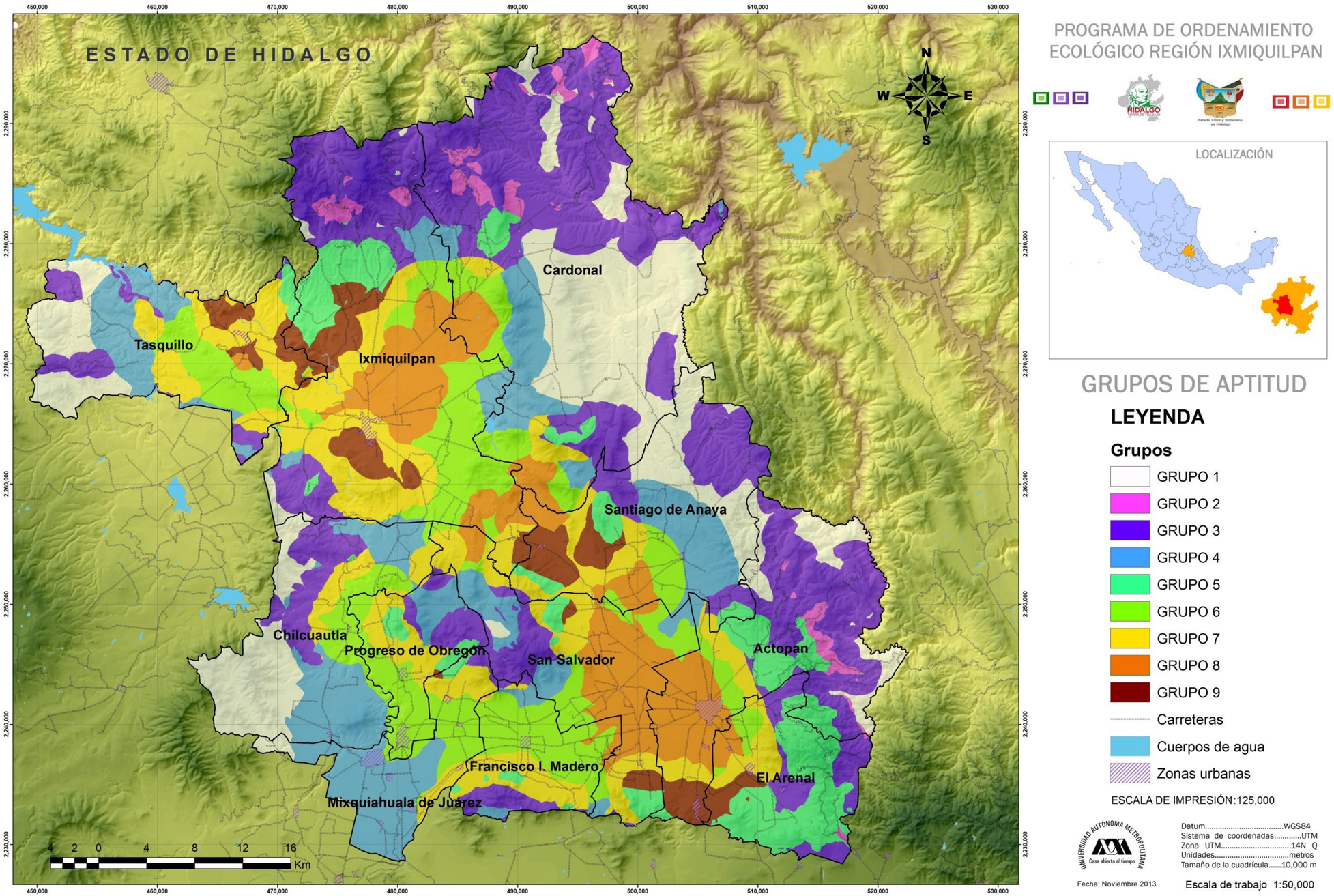


Figura 24. Esquema del proceso de obtención de grupos por medio de ACP. Se muestran los grupos generados a través del ACP y análisis de aumento de homogeneidad o cambio de varianza

En la **Gráfica 52** se muestran los valores residuales de cada sector en cada uno de los grupos definidos mediante el ACP. Así mismo en el **Mapa 21** se presentan los 9 grupos de aptitud derivados del ACP y los sectores preponderantes en cada grupo. En el anexo metodológico se encuentra una explicación a detalle de los procesos realizados y los métodos ocupados.



Gráfica 52. Residuales de Gower. La gráfica muestra los valores medios relativos de cada sector dentro de cada grupo definido por el Análisis de Componentes Principales, los valores positivos más altos indican una mayor aptitud relativa, mientras que los negativos sugieren que el sector posee una menor aptitud relativa dentro del grupo. Fuente: Elaboración propia a partir del ACP realizado con los mapas de aptitud sectorial.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN

GRUPOS DE APTITUD

LEYENDA

Grupos

- GRUPO 1
- GRUPO 2
- GRUPO 3
- GRUPO 4
- GRUPO 5
- GRUPO 6
- GRUPO 7
- GRUPO 8
- GRUPO 9
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA Casa abierta al tiempo

Fecha: Noviembre 2013

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 21. Grupos de aptitud obtenidos y actividades preponderantes por grupo. Fuente: Elaboración propia a partir del ACP realizado con los mapas de aptitud sectorial.

La determinación de la existencia de conflictos ambientales en la región se basa en la identificación de la concurrencia de dos o más sectores incompatibles, de tal modo que en base a los grupos de aptitud generados se tiene que en 6 de ellos los sectores preponderantes son incompatibles.

Dicha incompatibilidad se presenta por diversas razones, en el Grupo 1 se presenta una incompatibilidad entre el sector turismo (segundo sector en nivel de importancia para este grupo) y la industria de extracción de materiales e industria manufacturera, debido a que la naturaleza de las actividades industriales disminuyen el potencial y la calidad de los servicios y atractivos turísticos que la región puede ofrecer.

En el Grupo 2 la incompatibilidad se manifiesta entre el sector ganadero y forestal, ya que a pesar de existir sistemas agrosilvopastoriles exitosos, estos no se practican en ningún municipio de la región, por lo cual ambos sectores compiten por espacio y la presencia de uno limita el desarrollo adecuado del otro.

En el Grupo 3 se manifiestan como preponderantes tres sectores incompatibles ya que todos ellos compiten por espacios y recursos, puesto que la presencia de alguno impide estrictamente el pleno desarrollo de los otros.

En el Grupo 4 existe incompatibilidad entre los sectores agrícolas y el sector industrial, ya que la presencia de este último limita y en ocasiones impide tajantemente el desarrollo de los primeros, en este caso en particular no existe impedimento para que se desarrollen en vecindad, sin embargo la presencia de dicha industria está sujeta a riesgos ambientales derivados de la naturaleza de las actividades que desempeña.

En el Grupo 7 existe conflicto debido a la incompatibilidad entre el sector industria de la extracción de materiales y minería y los sectores agrícolas (de temporal y de riego), puesto que el primero al hacer un aprovechamiento directo de los recursos minerales y pétreos impide que las actividades agrícolas puedan aprovechar los suelos.

Por último en el Grupo 8 existe un conflicto ambiental derivado de la interacción de cuatro sectores, tres de los cuales son incompatibles con la industria de la extracción de materiales, manifestando un tipo de incompatibilidad semejante a la del Grupo 7.

La **Tabla 31** muestra los sectores preponderantes por grupo y señala la manifestación o ausencia de conflicto de acuerdo con lo descrito en párrafos anteriores.

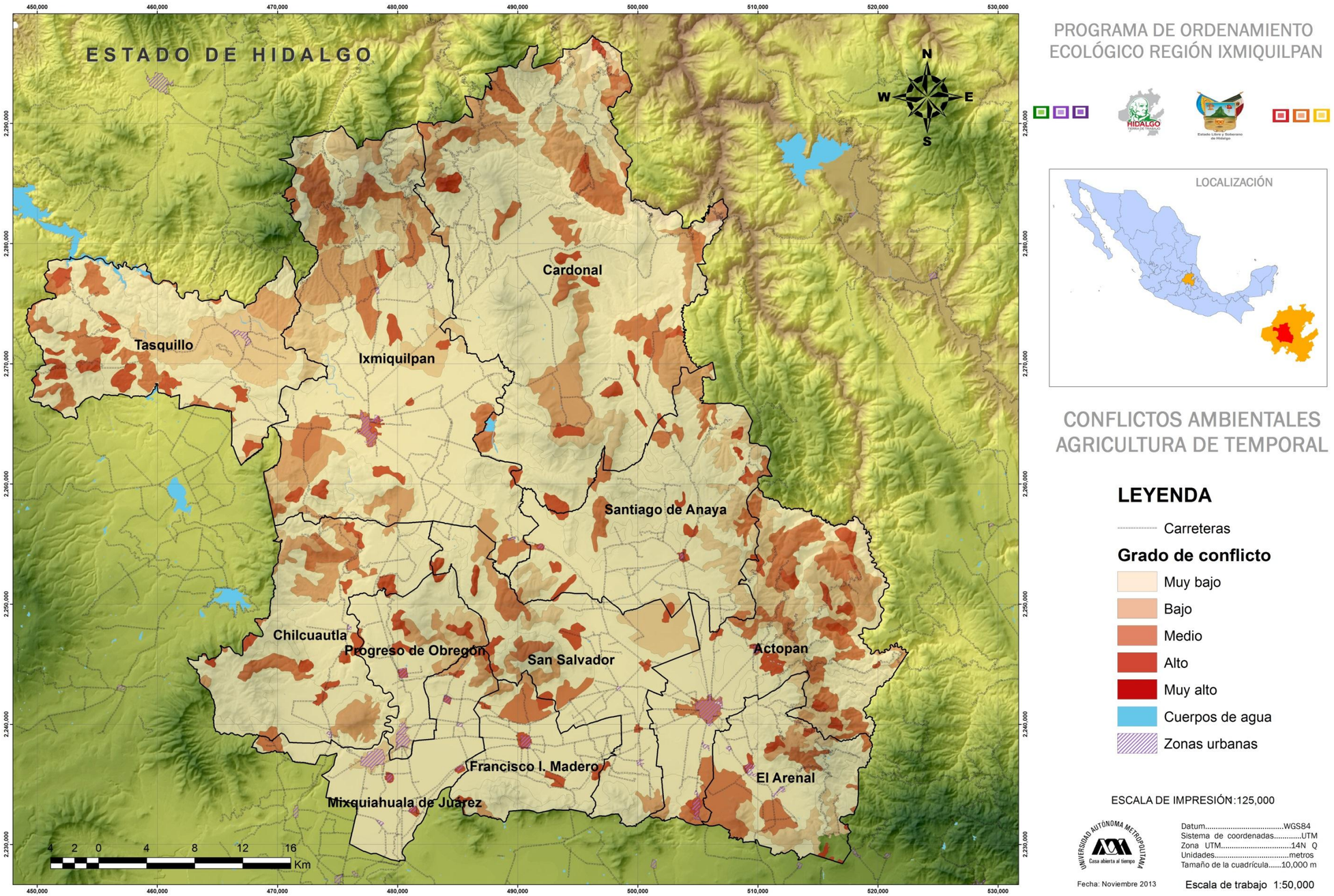
Tabla 31. Presencia de conflicto por grupo de aptitud.

GRUPO	ACTIVIDADES PREPONDERANTES	CONFLICTO
1	Ganadero / Forestal	Conflicto
2	Industria extractiva / Ganadero/ Forestal	Conflicto

GRUPO	ACTIVIDADES PREPONDERANTES	CONFLICTO
3	Conservación / Forestal	Sin conflicto
4	Agricultura de riego /Energético /Agricultura de temporal/	Conflicto
5	Agricultura de riego /Acuícola tecnificado	Conflicto
6	Industria extractiva /Industria manufacturera/Turismo	Conflicto
7	Industria extractiva /Agricultura de riego /Agrícola de temporal	Conflicto
8	Industria extractiva /Ganadería	Conflicto
9	Agricultura de riego /Agricultura de temporal	Conflicto

Fuente: Elaboración propia a partir de los grupos de aptitud resultantes del ACP y la interacción entre sectores

A continuación se presentan los mapas de grado de conflicto para cada uno de los sectores presentes en la región Ixmiquilpan



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

CONFLICTOS AMBIENTALES AGRICULTURA DE TEMPORAL

LEYENDA

Carreteras

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

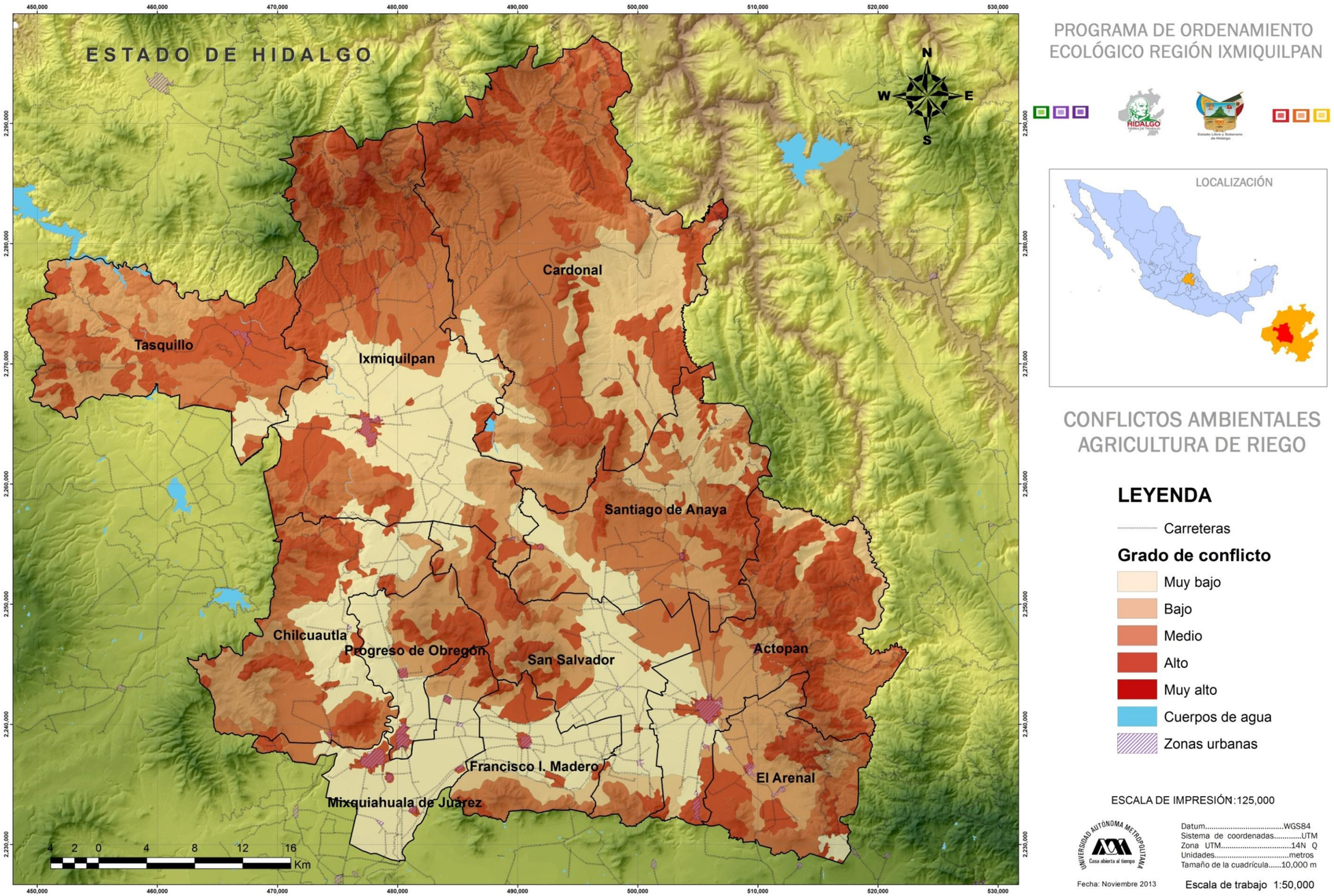
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 22. Conflictos ambientales del sector agricultura de temporal. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

CONFLICTOS AMBIENTALES
AGRICULTURA DE RIEGO

LEYENDA

Carreteras

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

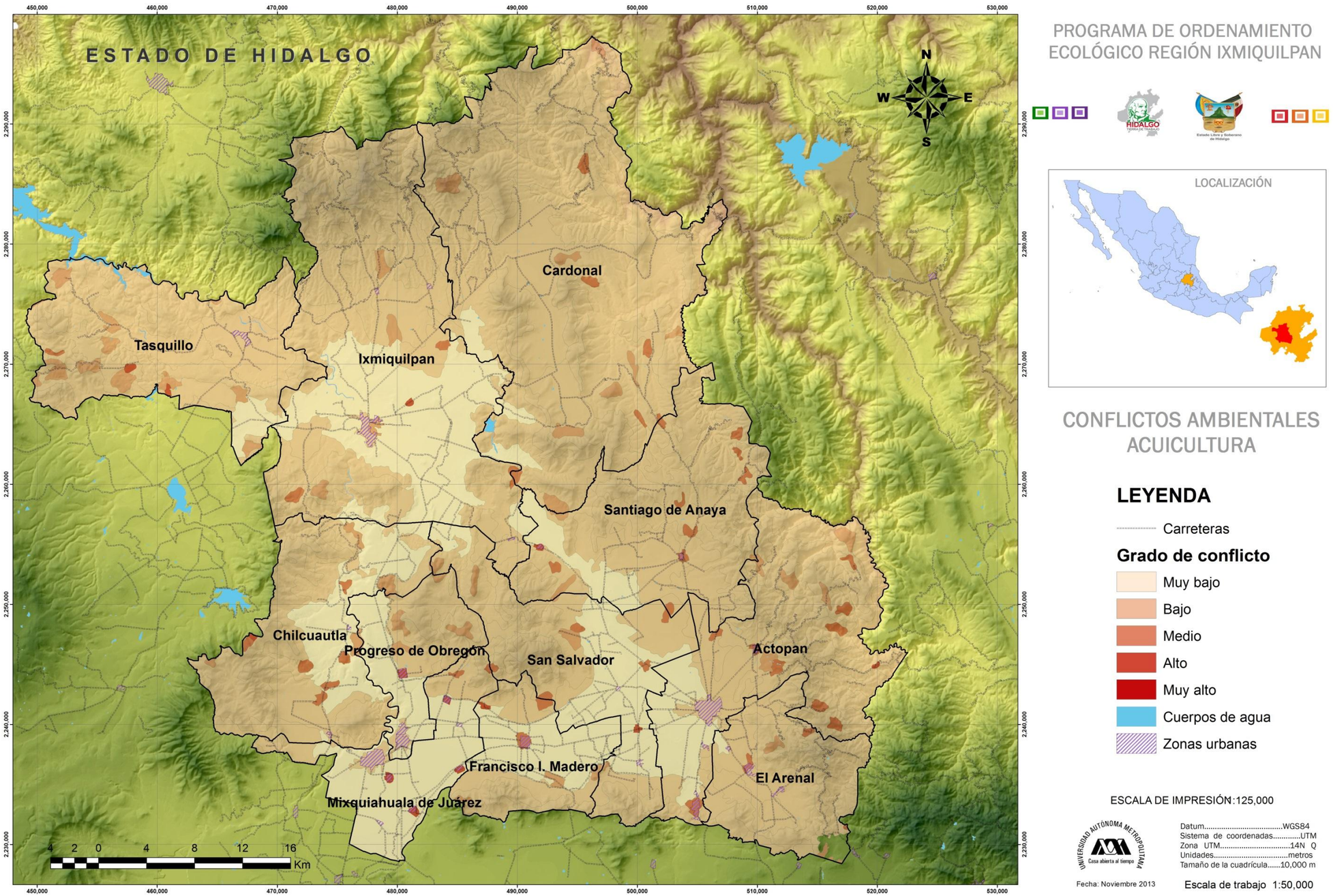
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 23. Conflictos ambientales del sector agricultura de riego. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

CONFLICTOS AMBIENTALES ACUICULTURA

LEYENDA

Carreteras

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

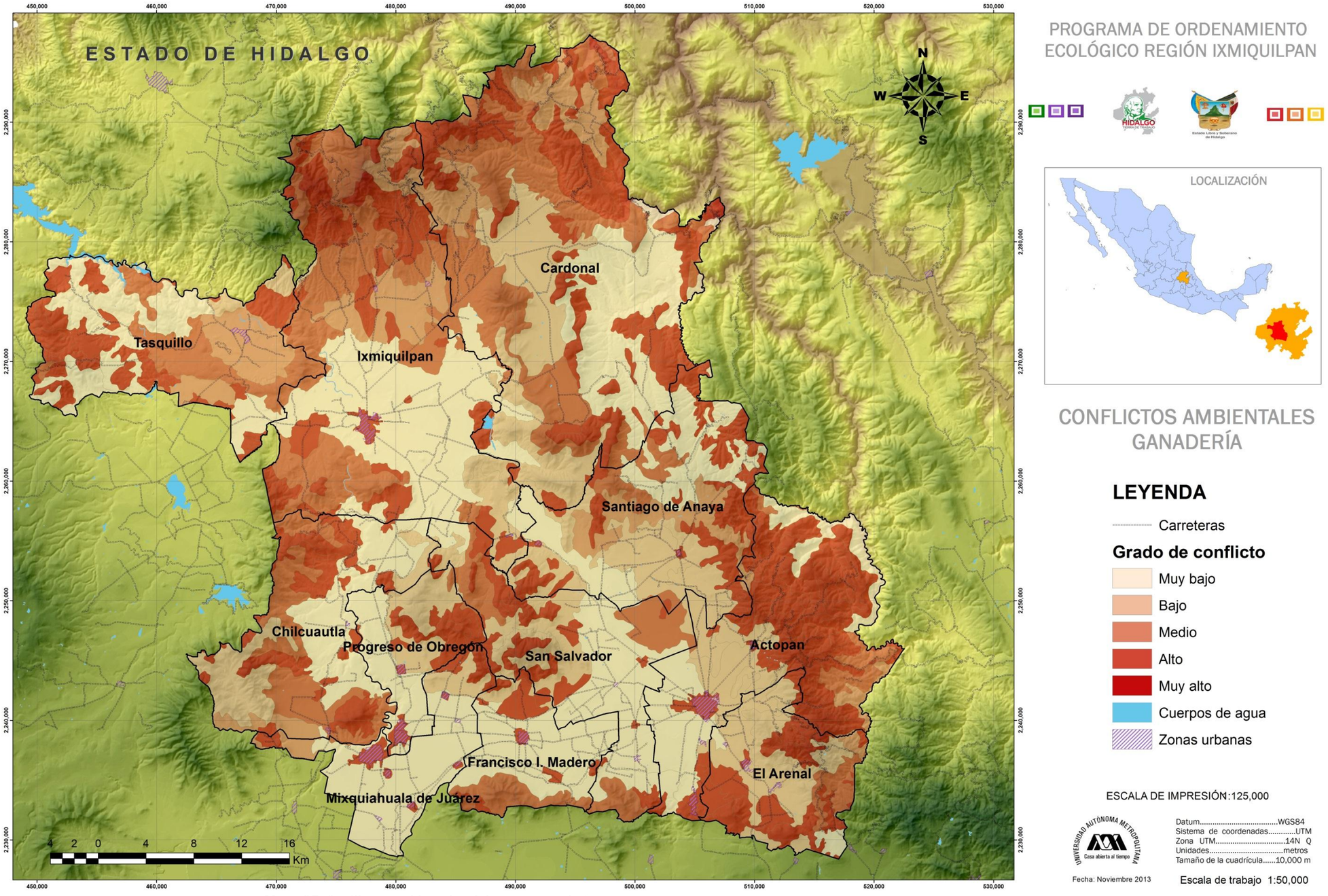
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 24. Conflictos ambientales del sector acuícola. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.



LOCALIZACIÓN

CONFLICTOS AMBIENTALES
GANADERÍA

LEYENDA

Carreteras

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

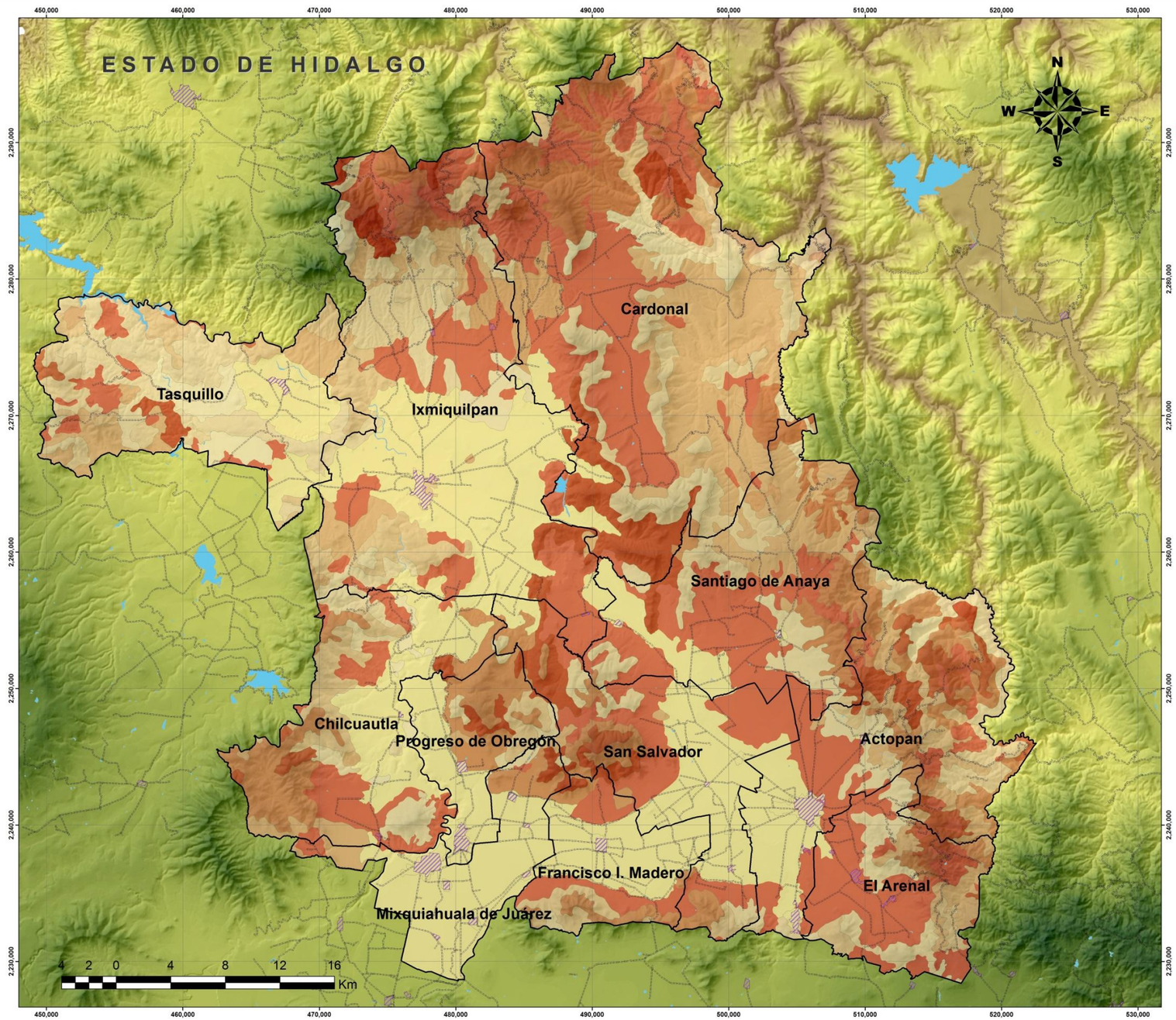
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 25. Conflictos ambientales del sector ganadería. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.





CONFLICTOS AMBIENTALES
FORESTAL MADERABLE

LEYENDA

Carreteras

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

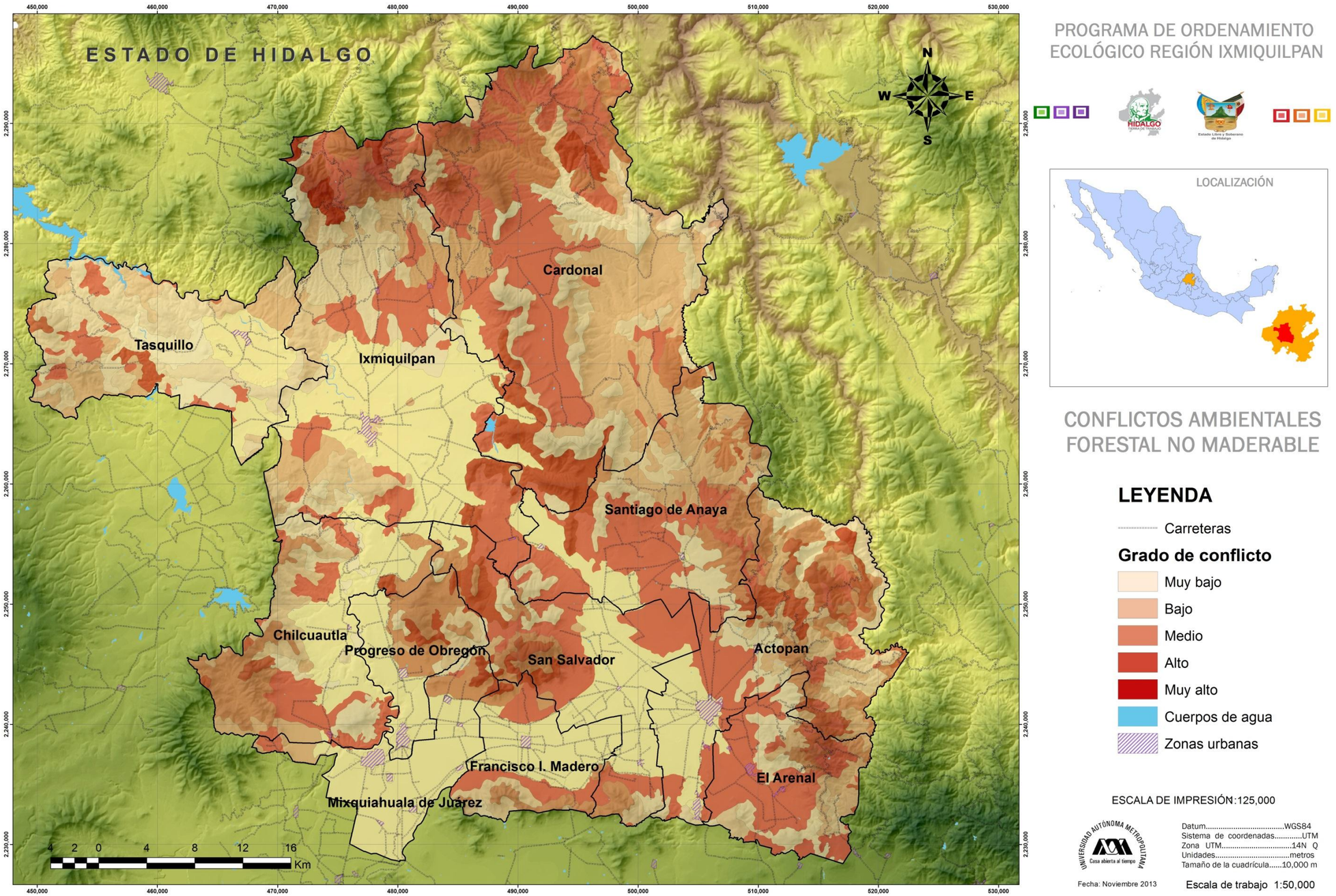
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 26. Conflictos ambientales del sector forestal maderable. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

CONFLICTOS AMBIENTALES FORESTAL NO MADERABLE

LEYENDA

Carreteras

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

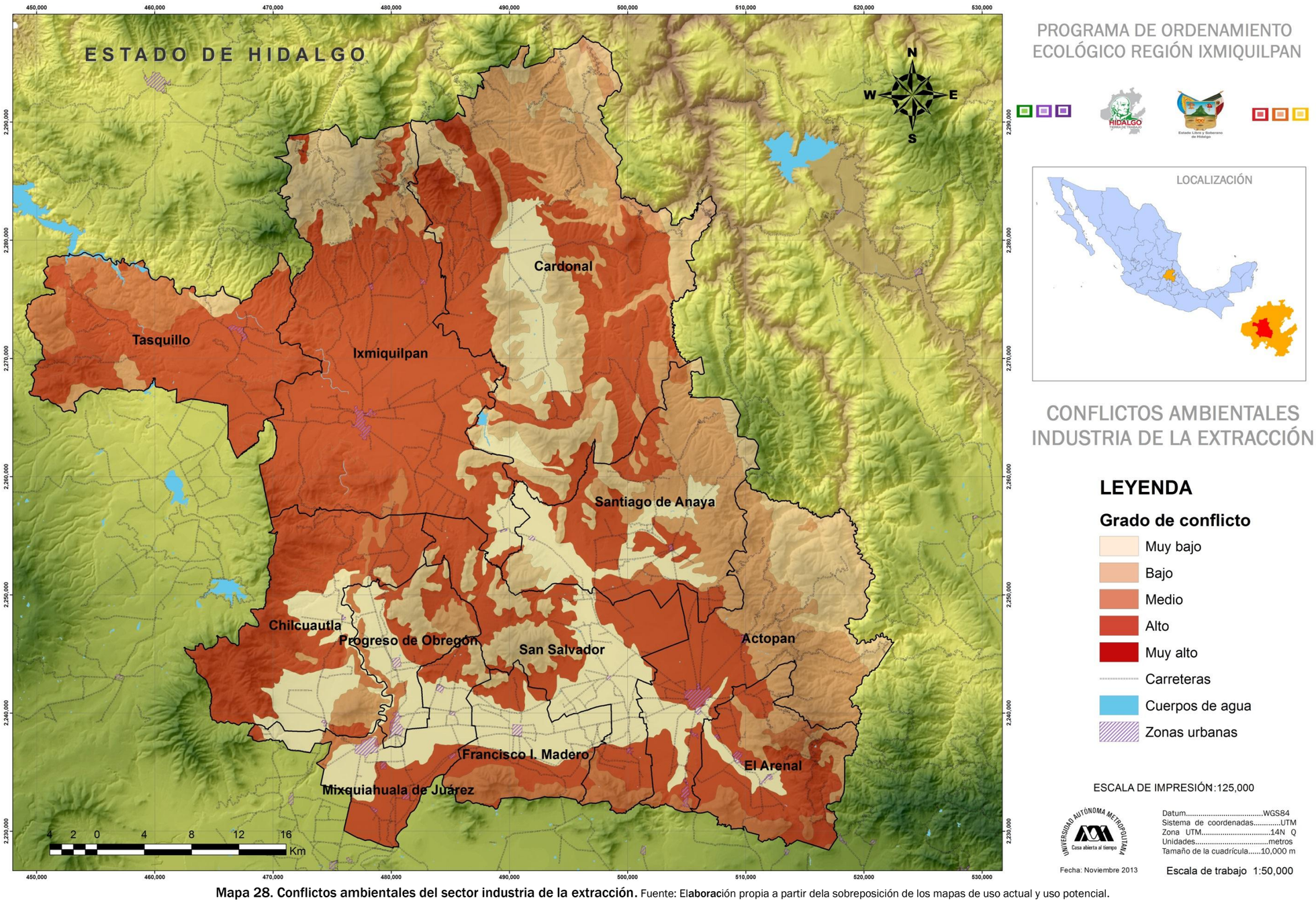
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 27. Conflictos ambientales del sector forestal no maderable. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

CONFLICTOS AMBIENTALES INDUSTRIA DE LA EXTRACCIÓN

LEYENDA

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

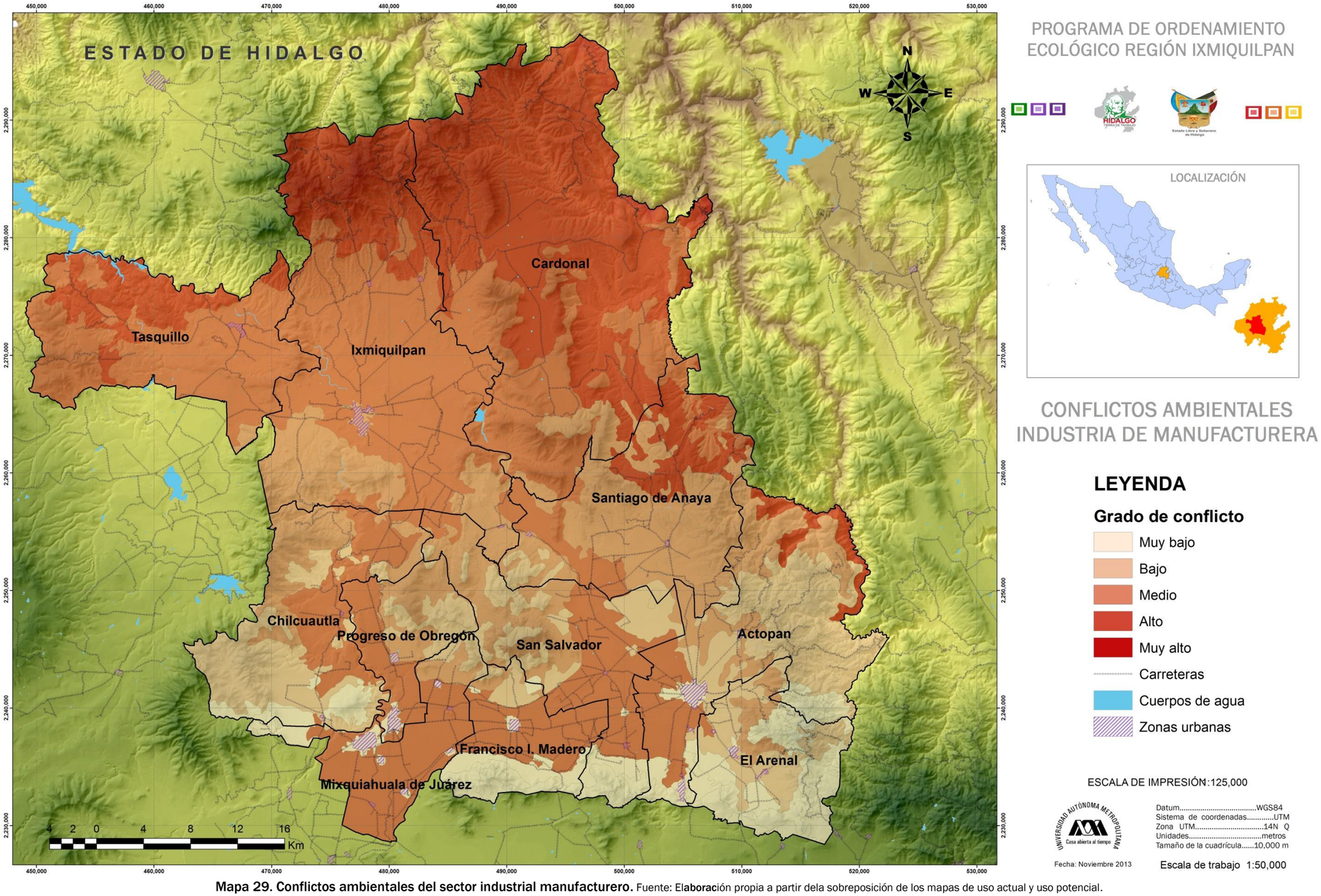
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

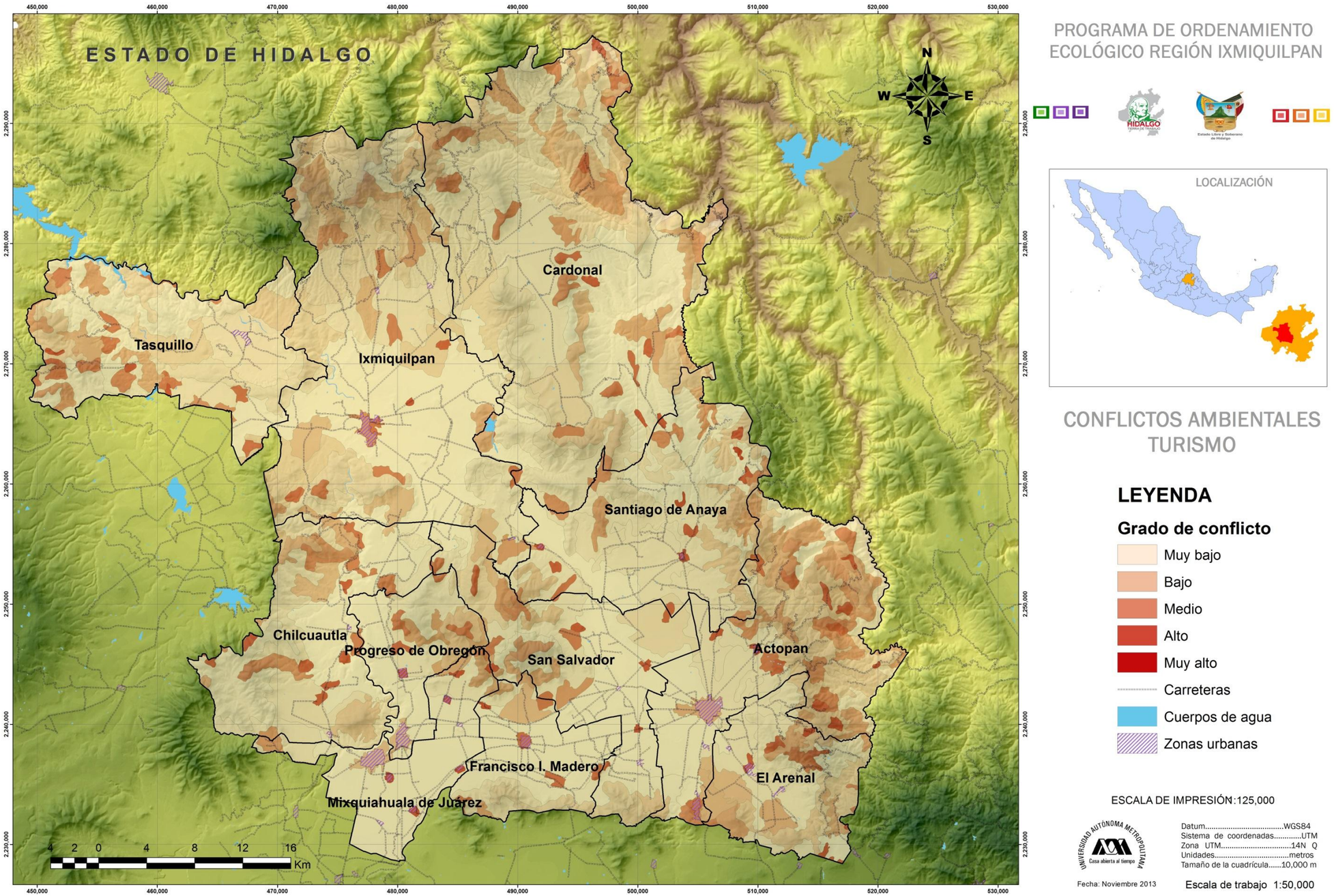
Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 28. Conflictos ambientales del sector industria de la extracción. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.



Mapa 29. Conflictos ambientales del sector industrial manufacturero. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIÓN IXMIQUILPAN

LOCALIZACIÓN

CONFLICTOS AMBIENTALES TURISMO

LEYENDA

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

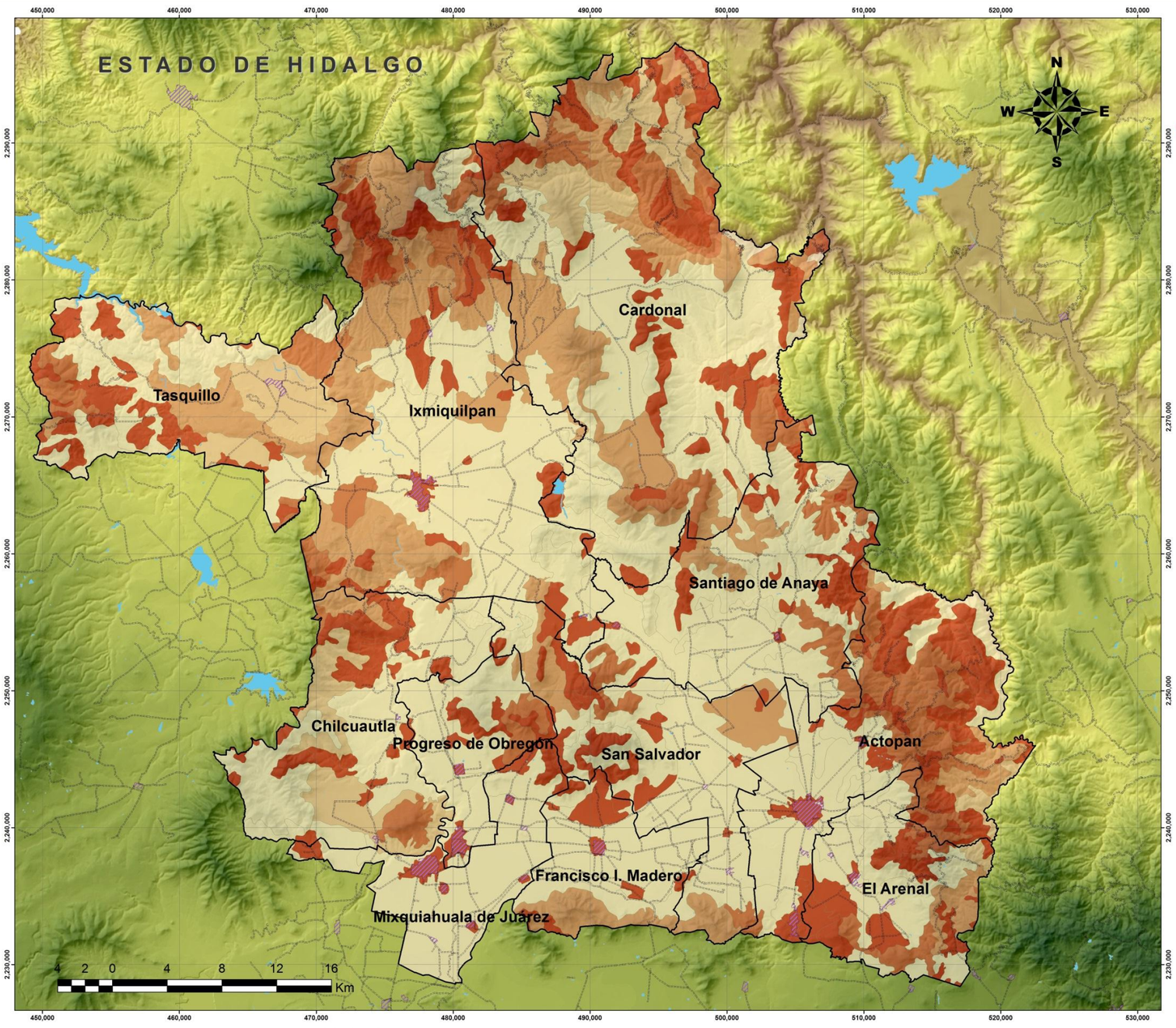
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 30. Conflictos ambientales del sector turismo. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.





CONFLICTOS AMBIENTALES
DESARROLLO URBANO

LEYENDA

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

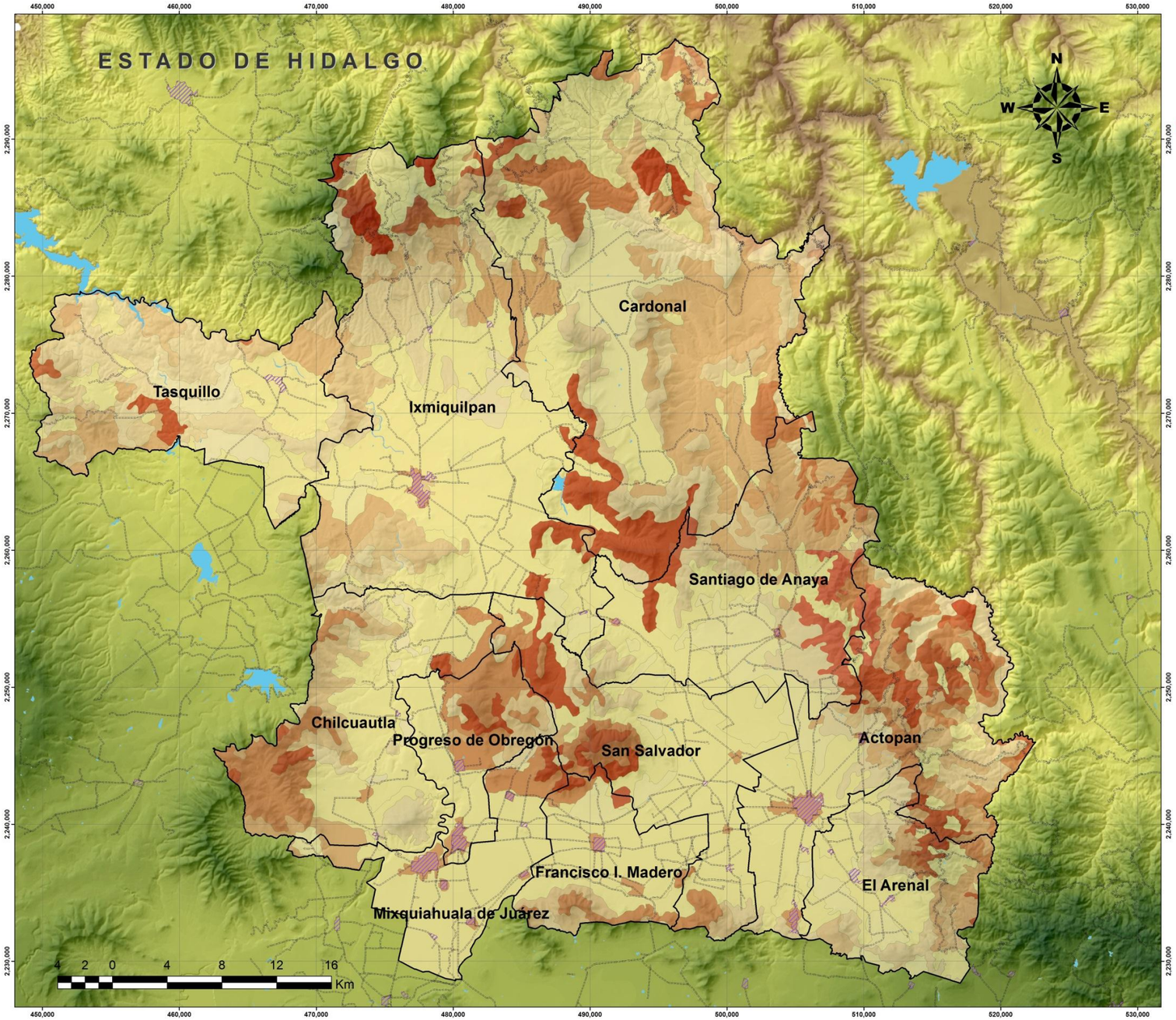
ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 31. Conflictos ambientales del sector desarrollo urbano. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.





CONFLICTOS AMBIENTALES
CONSERVACIÓN

LEYENDA

Grado de conflicto

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Zonas urbanas

ESCALA DE IMPRESIÓN:125,000

Datum.....WGS84
Sistema de coordenadas.....UTM
Zona UTM.....14N Q
Unidades.....metros
Tamaño de la cuadrícula.....10,000 m

Fecha: Noviembre 2013

Escala de trabajo 1:50,000

Mapa 32. Conflictos ambientales del sector conservación. Fuente: Elaboración propia a partir dela sobreposición de los mapas de uso actual y uso potencial.

V. ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD E INCOMPATIBILIDAD DE LOS PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y ACCIONES DE GOBIERNO FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL

A la hora de realizar planeación territorial es de suma importancia realizar un análisis en los diversos órdenes de gobierno, desde las políticas públicas en los diferentes ámbitos así como los planes y programas que se derivan de éstas. El desarrollo de un país va a depender sólo y sólo si, tiene la capacidad estratégica y administrativa para implementar políticas y planes que ayuden al desarrollo de la plena convivencia social, política, económica y ambiental de los diversos actores que participan en la formación de un territorio, estamos hablando de los ciudadanos, instituciones, organizaciones y autoridades; sólo esta plena convivencia dará la estabilidad igualmente en el sistema político, social, económico y ambiental que por consecuencia incidirá en un impulso a un desarrollo suficiente para situar a los países, regiones y/o municipios en buena posición con respecto a sus competidores en el ámbito mundial. Es una realidad el hecho de que la desarticulación que se da entre instituciones, planes y programas se ve reflejada en incompatibilidades y complicaciones a la hora de ejecutarlos, así como tener resultados favorables y esperados para incidir en el desarrollo sustentable y ordenado de un lugar o región determinada. El presente análisis de planes, programas y proyectos en la región Ixmiquilpan se enmarco inicialmente a partir de la agrupación de factores y aspectos que integran a su vez las características presentes en éstos, teniendo campos comunes. Para realizar la matriz de identificación de características presentes en los planes y programas se procedió a tomar en cuenta aquellas que eran compatibles en el contexto de planeación territorial. Una vez definidos e identificados en su conjunto se procedió a señalar la presencia de éstos en una matriz para determinar con cuales contaba cada uno de los planes, programas y proyectos analizados. A continuación se describe de manera enunciativa la conceptualización en la que se basó para considerar la presencia de cada uno de los factores en los objetivos de los planes, programas y proyectos. Los sectores se agruparon de la siguiente manera:

V.1 MARCO AMBIENTAL

Aprovechamiento de recursos naturales. Los recursos naturales renovables están vinculados con la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y, prácticamente, con toda la producción industrial, ya que ésta consume, por ejemplo, grandes cantidades de agua como materia prima o como elemento importante para el enfriamiento de motores u otros usos mecánicos e hidráulicos. Lo mismo sucede con el aire, pues la industria consume fuertes cantidades de combustible fósil su operación y con ello lo expulsa considerables cantidades de substancias tóxicas.

Para el caso de aprovechamiento de los recursos naturales el dominio de la nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el ejecutivo federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes.

Cuidado ambiental. El cuidado del ambiente es uno de los factores considerados dentro del marco ambiental donde se integran las medidas a incluir dentro de los objetivos de los planes, programas y proyectos para asegurar la sustentabilidad, es decir, el contemplaría la trascendencia de los recursos a través del tiempo, garantizando su disponibilidad para las generaciones futuras, además éste considera la protección ambiental dentro de sus ejes.

Conservación ambiental. El termino conservación es un poco menos amplio al de cuidado ambiental pues en este caso se hace referencia básicamente a la preservación y mantenimiento de las mismas condiciones de un bien o servicio con cierta restricción a su uso y disfrute.

V.2 MARCO ECONÓMICO

Desarrollo económico. El factor de desarrollo económico es uno de los principales objetivos dentro de los planes y programas, restricto a algunos en forma directa como es el caso del de saneamiento de aguas residuales. El crecimiento económico es uno de los objetivos de toda sociedad y el mismo implica un incremento notable de los ingresos, y de la forma de vida de todos los individuos de que la conforman.

Generación de empleos. La generación de empleos es una de las variables a considerar dentro del factor económico, pues se manifiesta como parte de los objetivos específicos de diversos planes y programas que consideran este aspecto. La generación de empleos depende del crecimiento económico sostenido. Éste, por su parte, sólo puede ocurrir en el contexto de estabilidad económica. La mejor política de empleo es, por consiguiente, el desarrollo económico en un ambiente institucionalmente favorable a la expansión de las inversiones públicas y privadas.

Crecimiento del sector. Este aspecto se refiere al incremento de la actividad económica o sector (entendido como sector económico) a considerar y bien dicho crecimiento puede ser desde el punto de vista monetario, en superficie, rendimientos, número de empresas, entre otros factores.

Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización. Este punto abarca todos los aspectos referentes a comercialización citados en los objetivos, desde los estudios de mercado hasta los esquemas de venta. Pues la producción y la comercialización son partes importantes de todo un sistema comercial destinado a suministrar a los consumidores los bienes y servicios que satisfacen sus necesidades por lo que se integra dentro de diversos planes programas y proyectos con este enfoque.

Red de valor. El punto de red de valor se consideró en aspectos de fomento e integración de las cadenas productivas y del valor agregado, pues ya que este concepto es utilizado como una poderosa herramienta para la planeación estratégica y por lo tanto incluida en los planes con enfoque de desarrollo económico. Esta tiene por objetivo último el maximizar la creación de valor mientras se minimizan los costos.

Generación de empresas. La constitución legal de figuras jurídicas es otro de los objetivos imperantes en los objetivos de los planes, programas y proyectos, pues es una de las formas de articular los aspectos: económico, social, productivo, tecnológico y jurídico.

Incremento y mejora en infraestructura. El fortalecimiento en incremento y mejora de infraestructura también es considerado dentro de los aspectos económicos que buscan el desarrollo de la cadena de valor considerando como punto importante el aumento de los activos fijos.

V.3 MARCO JURÍDICO

Establecimiento de bases jurídicas. El establecimiento de bases jurídicas comprende todas las disposiciones, modificaciones y actualización en el marco legal con implicación en los planes, programas y proyectos, considerando todos los niveles de participación, desde nivel federal hasta local.

Convenios con el sector privado. La inclusión del sector privado es uno de los puntos más importantes pues de las características sobresalientes es que el sector privado le está permitido constituir y desarrollar cualquier tipo de actividad excepto algún sector público. Del sector privado se espera que diversifique la producción industrial y que haga grandes inversiones, su papel también es atraer la inversión y la tecnología procedente del exterior, además de contribuir al desarrollo y a la creación de empleo. Lo pueden conformar también empresas pequeñas como un puesto ambulante o una microempresa, considerando que pueden tratarse de autoempleos y todos los ingresos son personales y para su ganancia.

Registros y certificaciones oficiales. Este punto abarca desde las consideraciones oficiales que hay que requisitar para el desarrollo de alguna actividad como las acreditaciones y registros necesarios, previstos en la normatividad vigente.

Respeto de marco jurídico y normas oficiales. En este punto se hace hincapié en las normas oficiales referentes al medio ambiente en el marco legal vigente en los Estados Unidos Mexicanos partiendo de la Constitución Política, donde se manifiesta que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. Para dar cumplimiento a este precepto, México cuenta con diversos instrumentos jurídicos, entre los más importantes están la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas. Esto sin dejar a un lado el marco jurídico en otros ámbitos.

V.4 MARCO PLANEACIÓN

Ordenación y organización. En el aspecto de ordenación y organización se hace referencia a disposición, arreglo y disposición adecuada de los componentes en cuestión como territorio o bien del factor social que muchas de las veces es el que más trabajo demanda.

Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal. La distribución de competencias a todos los niveles considera desde la articulación, compatibilidad y asignación de atributos de acuerdo a su nivel y atribuciones. Esto implica además el considerar la corresponsabilidad y coinversión de los gobiernos y la transparencia y rendición de cuentas en las acciones para el desarrollo social en las que participan.

Medidas de prevención diagnóstico y control. Estas medidas comprenden diversos ámbitos tanto a nivel técnico, como administrativo y productivo, entre otros.

V.5 OTROS

Fomento y promoción del sector. Este aspecto involucra todas las actividades y medidas a efectuar para la difusión de algún sector económico, lo cual puede ir desde campañas publicitarias hasta ferias, torneos y otras.

Modernización e innovación. Este aspecto es el más representativo del factor tecnológico e incluye todo lo relacionado a generación, modificación y mejoramiento científico y tecnológico lo cual va muy de la mano de la modernización en las actividades desarrolladas.

Asesoría y capacitación. La asesoría y capacitación se encuentra presente como parte de los objetivos de los planes, programas y proyectos encaminados a cuestiones de desarrollo económico y social, donde la población objetivo es el sector rural y urbano de alta marginación.

Diversificación. La diversificación se considera tanto a actividades, proyectos productivos y a variantes más simples entre de éstos, dentro de las cuales se están considerando prestación de servicios con enfoque sustentable, cambio de cultivos, aprovechamientos no maderables, entre otros.

Integración social. La integración social corresponde a la vinculación con el actor social como parte importante del desarrollo del objetivo en mención.

Sistema estadístico. Es sistema estadístico se considera en varios rubros, desde sistema de inteligencia, sistema de información de mercados, padrón de beneficiarios, entre otros.

V.6 ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD ENTRE OBJETIVOS

Enseguida se procederá a efectuar análisis de compatibilidades e incompatibilidades de los programas en las tres órdenes de gobierno. Cabe señalar que se discriminaron los programas y rubros ajenos a la temática de planeación territorial. De esta manera se puede establecer en qué actividades centrar la atención para diseñar políticas ambientales que refuercen sinergias y debiliten antagonismos entre actividades de gobierno. Las compatibilidades e incompatibilidades se establecieron con las descripciones de las acciones y proyectos de las diferentes dependencias entre programas de gobierno. El análisis se abordó mediante los siguientes puntos:

1. Recopilación de información sobre programas e indicadores de actividad económica regional.
2. Determinación compatibilidades e incompatibilidades entre Programas.
3. Comparación en la matriz nominal pareada.
4. Análisis de matriz considerando información teórico-práctica tomada de la caracterización.

- Comparaciones pareadas

Para el desarrollo de la matriz nominal pareada se tomó en cuenta como información de referencia todos los planes y programas analizados en la matriz de caracterización de este mismo punto, así como la presente en los objetivos de las reglas de operación de programas de dependencias federales como: SEMARNAT-CONAFOR, SAGARPA, SEDESOL Y CONAGUA.

A continuación se describen los grandes grupos en los que se subdividió la clasificación para analizar la matriz nominal pareada donde se enfrentan uno a uno los factores para determinar de manera cualitativa si son, compatibles, incompatibles o indiferentes entre sí.

1. Desarrollo rural. Incluye aspectos socio-económicos y productivos dentro del sector rural.
2. Agropecuario. Aspectos agrícolas (incluye agricultura protegida y maquinaria agrícola), pecuarios, acuícolas y apícolas.
3. Forestal. Manejo y aprovechamiento maderable en áreas forestales.
4. Carretero. Vías de comunicación
5. Turismo. Turismo convencional y alternativo (ecoturismo, turismo de aventura, agroturismo, etc.)
6. Ambiental. Incluye programas de saneamiento de contaminación, etc.
7. Desarrollo urbano. Crecimiento urbano.
8. Manejo integral de agua. Se refiere al manejo del agua para los distintos usos antropogénicos, como lo son agricultura, ganadería y consumo humano, así como medidas de conservación como obras de captación

Matriz de compatibilidades entre planes y programas en las tres órdenes de gobierno en la región Ixmiquilpan.

	Desarrollo social	Agropecuario	Forestal	Carretero	Turismo	Ambiental	Desarrollo urbano	Manejo integral de aguas	Industria
Desarrollo social		C	C	C	C	I	C	I	C
Agropecuario			I	I	I	I	I	C	I
Forestal				I	C	C	I	C	I
Carretero					C	I	C	I	C
Turismo						I	C	I	I
Ambiental							I	C	I
Desarrollo urbano								C	C
Manejo integral de aguas									C
Industria									

A continuación se describe un análisis general de las interacciones presentes en la matriz de nominal pareada, donde fueron analizadas las compatibilidades e incompatibilidades entre los objetivos de los planes, programas y proyectos presentes en la región Ixmiquilpan en el estado de Hidalgo.

V.6.1. **Desarrollo social**

- Agropecuario / Compatible

El aspecto agropecuario con el de desarrollo social van muy de la mano en sus objetivos pues los dos consideran como parte de sus prioridades la generación de empleos, para la base de la cadena productiva, mediante el desarrollo de actividades, primarias como las agrícolas y pecuarias, considerando que además se tiene más desarrollo de planes en la región para esta actividad que para todas las demás, así como mayor concurrencia de gasto público en relación a otras actividades. Por citar un ejemplo la SAGARPA menciona en sus objetivos el incrementar los niveles de capitalización de las unidades económicas de producción agrícola, teniendo como población objetivo a personas físicas y morales en el sector agropecuario, en el cual, la Región en cuestiones agrícolas la superficie sembrada representó 11.56% y en el aspecto pecuario presenta una alta producción de ganado bovino, porcino y aves, alcanzando una producción total de 1 millón 199 mil 594 cabezas.

- Forestal / Compatible

Podemos considerar como compatibilidad en estos dos aspectos, ya que existen coordinación dentro de este eje transversal interinstitucional de la Secretaria de la Reforma Agraria en sus programas (FAPPA y PROMUSAG), con el apoyo a municipios de la Estrategia 100x100, a los 300 municipios marginados que se ubican en zonas forestales (PROARBOL), a municipios establecidos en Zonas de Atención Prioritaria (ZAP) y municipios indígenas.

- Carretero / Indiferente

La ampliación y desarrollo de las vías de comunicación benefician el desarrollo social en varios aspectos, como la generación de empleos directos e indirectos, el impulso al potencial de desarrollo nacional y regional, aumentar la competitividad de la economía, contribuir a eliminar desequilibrios regionales, extender la comunicación y eliminar el aislamiento de las comunidades rurales.

- Turismo / Compatible

El turismo y el desarrollo social van de la mano, pues dentro de sus objetivos tiene la inclusión, vinculación e integración social. La región ofrece una gran potencialidad para la integración y diversificación de productos turísticos, para la atención de diferentes públicos objetivo cuya demanda de satisfactores es cada vez más especializada; situación que ofrece grandes oportunidades a empresarios y prestadores de servicios turísticos, en todos sus niveles, para hacer sus negocios más competitivos o bien para realizar nuevas inversiones y al mismo tiempo, para sus comunidades receptoras que, de manera directa o indirecta, podrán incorporarse a la producción de satisfactores turísticos.

- Ambiental / Indiferente

Los planes y programas de desarrollo social y los referentes al cuidado ambiental se consideran indiferentes, pues mientras los primeros se canalizan directamente a la incorporación de satisfactores enfocados y dirigidos al aspecto humano, con carácter de desarrollo social, como los presentes en SEDESOL, los ambientales por su parte se dirigen hacia el cuidado y rehabilitación de recursos naturales, específicamente en la región para el recurso agua con el programa de saneamiento. Deslindando de articulación, compatibilidad o antagonismo entre objetivos.

- Desarrollo urbano / Compatible

El desarrollo urbano y social no sólo son compatibles si no van muy de la mano en sus objetivos, pues gran parte de los planes y programas de desarrollo social van enfocados al crecimiento en la infraestructura urbana, como es el caso del programa de SEDESOL "Tu casa" el cual trabaja a nivel nacional en localidades semiurbanas, urbanas y rurales, ayudando a aumentar y mejorar viviendas aplicando los principios de equidad e inclusión social de manera que toda persona en situación de pobreza patrimonial, pueda acceder a los apoyos del Programa, sin ningún tipo de discriminación.

- Manejo integral de aguas / Indiferente

El manejo integral de aguas y el desarrollo social se presentan indiferentes en las bases teóricas presentes en los objetivos de ambos aspectos, pues simplemente sugieren enfoques diferentes más no contrapuestos o antagónicos.

- Industria / Compatible

La industria y el desarrollo social son altamente compatibles pues esta favorece la generación de empleos, inclusión social y mejoramiento económico en el lugar donde se establece, como lo menciona el Programa Sectorial de Economía 2007 – 2012 que establece como uno de sus ejes "Detonar el Desarrollo de las Micro Pequeñas y Medianas Empresas". Alineado a estos ejes nacional y sectorial, la acción del Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas en Solidaridad (FONAES) se orienta a impulsar la generación de ocupaciones, entre la población emprendedora de bajos ingresos, a través del apoyo a la creación, el desarrollo y la consolidación de proyectos productivos, comerciales o de servicios de personas, empresas sociales o grupos sociales; el desarrollo de capacidades empresariales y el fomento a la banca social.

V.6.2. **Agropecuario**

- Forestal / Incompatible

El uso agropecuario y forestal se contraponen en el marco de sus objetivos dentro de la región, habiendo cierto conflicto de uso al enmarcar ambos el crecimiento de la actividad en cuanto a superficie se refiere, pues al buscar ambos ampliar su frontera se estaría

imponiendo el crecimiento de uno con el de otro. Cabe señalar que lo anterior se cita dentro de los objetivos específicos de los programas estatales de desarrollo agropecuario sustentable y silvicultura.

- Carretero / Indiferente

Para el caso del uso de suelo agropecuario con el carretero, simplemente no se intercalan directamente en objetivos, aunque en términos prácticos son sumamente compatibles y complementarios, en la etapa de comercialización de productos agropecuarios.

- Turismo / Incompatible

El turismo con el sector agropecuario se consideran incompatibles pues por la naturaleza misma de las actividades implícitas, la práctica de una implica el detrimento en el aspecto visual de la otra específicamente de las agropecuarias sobre el turismo.

- Ambiental / Incompatible

Si bien por un lado a nivel de objetivos de planes y programas se pudiera considerar que con el enfoque de programas de desarrollo agropecuario y rural sustentable se estaría cubriendo la parte de protección y cuidado ambiental es muy cierto que en la práctica se observan contrariedades como el uso indiscriminado de aguas negras para la agricultura, lo cual contraviene en gran medida los enfoques de cuidado ambiental.

- Desarrollo urbano / Incompatible

Al haber un incremento en el crecimiento de la mancha urbana y del desarrollo urbano en general también se crea un conflicto a nivel de espacio en el uso del suelo, ya que el crecimiento de uno repercute sobre el otro.

- Manejo integral de aguas / compatible

El manejo integral de aguas es totalmente complementario y compatible con las actividades agropecuarias, pues en gran medida sus esfuerzos, medidas, estrategias y líneas de acción están encaminados a proveer de las condiciones necesarias para cubrir la demanda de agua por el sector agrícola. Lo anterior es considerado en programas de dependencias federales como la CONAGUA, entre los cuales se pueden enlistar los siguientes: 1) Programa de Rehabilitación, Modernización y 2) Equipamiento de Distritos de Riego y Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego, con sus respectivos componentes.

- Industria / Indiferente

La industria y la actividad agropecuaria no tienen cruce de compatibilidades e incompatibilidades en sus objetivos, por lo menos el tipo de industria presente en la región de estudio por lo que se catalogó como indiferente.

V.6.3. **Forestal**

- Carretero / Indiferente

El desarrollo de la actividad forestal con la creación de vías de comunicación no tiene vinculación como tal en el planteamiento de objetivos, sin embargo, como se mencionó anteriormente, las vías de comunicación tienen un papel importante en las actividades primarias, primordialmente en la etapa de comercialización.

- Turismo / Compatible

El turismo y la actividad forestal se llegan a compaginar específicamente en el desarrollo de actividades ecoturísticas, las cuales son desarrolladas en un contexto de recursos naturales conservados como es el caso de los recursos forestales y actividad que es promovida por la CONAFOR en el marco de sus reglas de operación.

- Ambiental / Compatible

El desarrollo adecuado de la actividad forestal la gran mayoría de los objetivos a excepción de la industria forestal, tienen como parte fundamental intrínseca y extrínseca la conservación y cuidado de medio ambiente, así como el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en aéreas forestales maderables y no maderables, por lo cual se les considera compatibles.

- Desarrollo urbano / Incompatible

El crecimiento y desarrollo urbano entran en conflicto de uso o incompatibilidad al integrarse a terrenos con potencial forestal, reduciendo su extensión.

- Manejo integral de aguas/ Compatible

El manejo integral de aguas es compatible con el sector forestal, pues parte de la planeación sobre fuentes de abastecimiento de agua se realiza a través de indicadores que se tienen en función de presencia o ausencia de vegetación forestal, la cual es directamente proporcional y provee de este recurso natural.

- Industria / Indiferente

La industria presente en la región no plantea dentro de sus objetivos referencia a la actividad forestal, ni esta tampoco hacia la industria, por lo cual se consideran indiferentes.

V.6.4. **Carretero**

- Turismo / Compatible

Las vías de comunicación son compatibles con la actividad turística, pues favorecen la afluencia de turistas incrementando el desarrollo de la actividad. Incluso dentro de los componentes del proyecto carretero se tiene la creación de Libramientos y accesos para mejorar la conectividad de/hacia las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos.

- Ambiental / Indiferente

El desarrollo de las vías de comunicación con el aspecto ambiental es indiferente a reserva de la fase de puesta en marcha de la obra civil (de las vías de comunicación), donde si se ve involucrado el medio ambiente, ya que se corren riesgos de afectación a éste si no se tomas las medidas pertinentes para disminuir los posibles efectos nocivos.

- Desarrollo urbano / Compatible

El desarrollo urbano y el de vías de comunicación van de la mano pues entre otras cosas en ambos se contempla el crecimiento en infraestructura urbana. Por ejemplo dentro de los componentes del programa carretero se busca la conservación de la red federal de carreteras, para la preservación del patrimonio vial, modernización estratégica de la red, para ampliar y construir tramos de altas especificaciones, sobre todo en corredores, libramientos y accesos para mejorar la conectividad de/hacia las principales ciudades y caminos rurales y alimentadores para dar acceso a comunidades aisladas, lo cual ve altamente favorecido el desarrollo urbano del lugar en cuestión

- Manejo integral de aguas / Indiferente

El manejo integral de aguas y las vías de comunicación no cuentan con ninguna corresponsabilidad por lo que se consideran indiferentes. Pues el primero se focaliza exclusivamente a lo referente al recurso agua y el carretero a las vías de comunicación excluyendo a nivel de objetivos, ejes y componentes alguna relación directa o indirecta entre sí.

- Industria / Compatible

Las vías de comunicación también son compatibles con la industria pues permiten la logística de los productos hacia los distintos destinos en los que se mueve. Sin embargo, no viene contemplado directamente como parte de los objetivos en los planes y programas, sino más bien forma parte de los componentes complementadores de las redes de valor, cadenas productivas y clústers de las industrias presentes.

V.6.5. **Turismo**

- Ambiental / Incompatible

La actividad turística es una de las más contaminantes, lo cual repercute en afectación al ambiente a reserva de que se trate de actividades de turismo alternativo. Sin embargo, dado que en la región de estudio se tiene más presencia de turismo convencional se considera incompatible.

- Desarrollo urbano / Compatible

El desarrollo urbano y la actividad turística son compatibles pues es necesaria cierta infraestructura urbana como hoteles y restaurantes para poder recibir turistas, dado que sin esta se ve sumamente limitada la prestación del servicio aun contando con el potencial en cuanto a atractivos turísticos se refiere, pues la cantidad de infraestructura urbana debe ser proporcional al número de turistas esperados, siendo esta parte fundamental de la operatividad de este sector. Cabe señalar que este punto no viene señalado como tal en los objetivos de los programas, más bien es considerado por la naturaleza de la actividad.

- Manejo integral de aguas / Indiferente

No aplica directamente relación entre turismo y manejo integral de aguas. Pues dentro de los alcances para el manejo integral de aguas se tiene dar sustentabilidad al recurso agua, sanear los cuerpos de agua contaminados, coadyuvar al incremento de infraestructura de saneamiento, mediante la construcción y adecuación de las plantas de tratamiento, así como los cambios en los procesos productivos o para el control o tratamiento de las descargas de aguas residuales, para cumplir con la normatividad en la materia y mejorar los procesos productivos de las aguas residuales municipales. Lo cual no tiene relación con los programas turísticos que más bien buscan el desarrollo de capacidades de gestión y operación de las empresas turísticas enfocadas primordialmente al manejo de turistas como tal. Sin embargo, en la práctica pudiera beneficiar de alguna manera el hecho de contar con agua disponible y de calidad para la prestación del servicio.

- Industria / Indiferente

No aplica directamente relación entre turismo e industria. Pues dentro de los objetivos de los programas enfocados al turismo como el moderniza en la SECTUR, son canalizados a incentivar capacitación, que facilite a las Mipymes el incorporar a su forma de operar herramientas efectivas y prácticas administrativas modernas, que les permitan mejorar la satisfacción de sus clientes, mejorar el desempeño de su personal, mejorar el control del negocio; disminuir los desperdicios; incrementar su rentabilidad, a fin de hacer más competitiva a la empresa para que pueda ofrecer servicios de calidad a los turistas y propiciar el desarrollo de una cultura de mejora continua. Y la industria por su parte busca incrementar la canalización de recursos financieros para desarrollar proyectos viables y rentables, comprometer la participación de los sectores social y privado en la implementación

de procesos más eficientes, fortalecer los procesos de modernización de la planta productiva del sector, destinar recursos para reforzar los procesos de capacitación y asesorías encaminadas a actualizar la planta productiva. Es decir, cada uno de estos dirige sus metas y objetivos con un enfoque muy específico de su sector, dejando de lado cualquier articulación al menos a nivel teórico y de planeación.

V.6.6. **Ambiental**

- Desarrollo urbano / Incompatible

El desarrollo urbano y el aspecto ambiental se consideran incompatibles puesto que al haber crecimiento de la mancha urbana e incremento en infraestructura se tiene un aumento en la presión sobre los recursos naturales y por ende un mayor impacto ambiental negativo.

- Manejo integral de aguas / Compatible

El manejo integral de aguas es compatible con el ambiente, ya que, contribuye al manejo adecuado de este recurso natural y por lo cual favorece ambientalmente de alguna manera, además de que enunciativamente expone en sus objetivos el uso sustentable. Este componente es considerado en una instancia por el Programa de Saneamiento de Aguas Residuales desarrollado a nivel local y los programas propuestos en las reglas de operación de la CONAGUA como lo son los siguientes: 1) Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), 2) Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales, 3) Programa de Agua Limpia y 4) Programa de Tratamiento de Aguas Residuales.- Anteriormente Programa Fondo Concursable para Tratamiento de Aguas Residuales.

- Industria/ Incompatible

Por naturaleza cualquier tipo de industria suele perjudicar el ambiente, sea en mayor o menor grado, aun cuando se consideren aspectos de sustentabilidad en los objetivos de sus planes.

V.6.7. **Desarrollo urbano**

- Manejo integral de aguas / Compatible

El manejo integral de aguas es concurrente con el desarrollo urbano pues dentro de sus objetivos se incluye abasto adecuado para el consumo humano. Este componente es considerado en los programas propuestos en las reglas de operación de la CONAGUA como lo son los siguientes: 1) Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), 2) Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua

Potable y Saneamiento en Zonas Rurales, 3) Programa de Agua Limpia y 4) Programa de Tratamiento de Aguas Residuales.- Anteriormente Programa Fondo Concursable para Tratamiento de Aguas Residuales igual que los mencionados en la comparación ambiental y de manejo integral de aguas.

- Industria/ Compatible

El desarrollo urbano y la industria son compatibles pues concuerdan en sus objetivos, ya que el crecimiento de una se ve directamente favorecido con el crecimiento de otra, como lo menciona el Programa Estatal de Minería el cual es uno de los más importantes en la región y donde se considera; incrementar la canalización de recursos financieros para desarrollar proyectos viables y rentables, comprometer la participación de los sectores social y privado en la implementación de procesos de extracción de minerales metálicos y fortalecer los procesos de modernización de la planta productiva del sector, o bien el PROGRAMA PARCIAL DE DESARROLLO URBANO DE LA ZONA DE LA REFINERÍA MIGUEL HIDALGO.

V.6.8. **Manejo Integral de aguas**

- Industria/ Compatible

El manejo integral de aguas también tiene afinidad con la industria pues contribuye con el abastecimiento de agua, asegurando su disposición, calidad y aprovechamiento.

V.6.9. **Conclusiones**

El análisis realizado permite generar las siguientes aseveraciones:

- Se revela la necesidad de una estrategia coordinación transversal intersectorial común
- Permite enfocarse en las características con baja compatibilidad o plena incompatibilidad
- Debe considerar diagnóstico de condiciones y problemas ambientales en la región
- Se debe enfatizar relación con las diversas instituciones con mayor énfasis en las locales

Recomendaciones

1. Participación de otras dependencias
   - Compilación de bancos de datos

- Construcción de indicadores de desempeño
- Ubicación y delimitación de acciones
- Unificación de estructuras de bancos de datos

2. Participación de la Secretaria de medio ambiente
   - Sistema de Información para el OET
   - Bitácora ambiental

En el **Cuadro 20** se presenta la matriz de caracterización de conceptos presentes en objetivos de planes, programas y proyectos en las tres órdenes de gobierno de la región Ixmiquilpan, donde es posible diferenciar la naturaleza de los objetivos y planes considerados para el análisis de compatibilidad e incompatibilidad.

Cuadro 20. Matriz de caracterización de conceptos presentes en objetivos de planes, programas y proyectos en las tres órdenes de gobierno de la región Ixmiquilpan.

FACTORES Y ASPECTOS	AMBIENTAL			ECONÓMICO							JURÍDICO				PLANEACIÓN			OTROS					
CARCATERISTICA PLAN O PROGRAMA	Aprovechamiento de recursos naturales	Cuidado ambiental	Conservación ambiental	Desarrollo económico	Generación de empleos	Crecimiento del sector (es)	Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización	Integración productiva (red de valor, cadena de valor, clúster, etc.)	Generación de empresas	Incremento y mejora en infraestructura	Establecimiento de bases jurídicas	Convenios con el sector privado	Registros y certificaciones oficiales	Respeto de marco jurídico y normas oficiales	Planeación ,ordenación y organización	Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal	Medidas de prevención diagnóstico y control	Fomento y promoción del sector (es)	Modernización e innovación	Asesoría y capacitación	Diversificación	Integración social	Sistema estadístico
PROGRAMAS FEDERALES																							
CONAGUA																							
Agua potable alcantarillado saneamiento	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO
Financiamiento externo	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
Infraestructura hidroagrícola	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO
Programa federalizado cultura agua	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO
Programa de Mejoramiento de Eficiencias de Organismos Operadores PROME	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO
Programa de Mejoramiento de Eficiencias de Organismos Operadores	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO
CONEVAL																							
Programa anual de evaluación	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SAGARPA																							
Programa de apoyo a la inversión en equipamiento e infraestructura Agrícola	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO
Apoyo al ingreso agropecuario	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO
ASERCA	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
CONAZA	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO
Desarrollo de capacidades e	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO

FACTORES Y ASPECTOS	AMBIENTAL			ECONÓMICO							JURÍDICO				PLANEACIÓN			OTROS					
CARCATERISTICA PLAN O PROGRAMA	Aprovechamiento de recursos naturales	Cuidado ambiental	Conservación ambiental	Desarrollo económico	Generación de empleos	Crecimiento del sector (es)	Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización	Integración productiva (red de valor, cadena de valor, clúster, etc.)	Generación de empresas	Incremento y mejora en infraestructura	Establecimiento de bases jurídicas	Convenios con el sector privado	Registros y certificaciones oficiales	Respeto de marco jurídico y normas oficiales	Planeación ,ordenación y organización	Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal	Medidas de prevención diagnóstico y control	Fomento y promoción del sector (es)	Modernización e innovación	Asesoría y capacitación	Diversificación	Integración social	Sistema estadístico
innovación tecnológica																							
FIRCO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
INCA	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
Prevención manejo de riesgos	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Proyectos estratégicos	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO
Sustentabilidad de recursos naturales	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
SCT																							
PROGRAMA CARRETERO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO
SECRETARÍA DE ECONÓMIA																							
PROMÉXICO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO
MINERIA	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SECTUR																							
Programa sectorial de Turismo	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Programa moderniza SECTUR	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI
Programa en el corazón de México	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO
SEDESOL																							
DICONSA	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	SI	NO
FONART	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO
INDESOL	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
LICONSA	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
OPORTUNIDADES	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI

FACTORES Y ASPECTOS	AMBIENTAL			ECONÓMICO						JURÍDICO				PLANEACIÓN			OTROS					
CARCATERISTICA PLAN O PROGRAMA	Aprovechamiento de recursos naturales	Cuidado ambiental	Conservación ambiental	Desarrollo económico	Generación de empleos	Crecimiento del sector (es)	Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización	Integración productiva (red de valor, cadena de valor, clúster, etc.)	Generación de empresas	Incremento y mejora en infraestructura	Establecimiento de bases jurídicas	Convenios con el sector privado	Registros y certificaciones oficiales	Respeto de marco jurídico y normas oficiales	Planeación ,ordenación y organización	Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal	Medidas de prevención diagnóstico y control	Fomento y promoción del sector (es)	Modernización e innovación	Asesoría y capacitación	Diversificación	Integración social	Sistema estadístico
Programa 3x1 para migrantes	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Programas incentivos estatales	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO
Programa hábitat	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI		SI		SI	NO	NO	SI	NO
Programa empleo temporal (PET)	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Programa desarrollo local (microrregiones)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Programa opciones productivas	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Programa de Ahorro y Subsidio para la Vivienda, Tu Casa	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
Programa para el desarrollo de zonas prioritarias (PDZP)	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Atención a jornaleros agrícolas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
Programa de Coinversión Social	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO
Apoyo para regularizar asentamientos humanos (PASPRAH)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
SEGOB																							
Programa nacional de población	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI

FACTORES Y ASPECTOS	AMBIENTAL			ECONÓMICO							JURÍDICO				PLANEACIÓN			OTROS					
CARCATERISTICA PLAN O PROGRAMA	Aprovechamiento de recursos naturales	Cuidado ambiental	Conservación ambiental	Desarrollo económico	Generación de empleos	Crecimiento del sector (es)	Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización	Integración productiva (red de valor, cadena de valor, clúster, etc.)	Generación de empresas	Incremento y mejora en infraestructura	Establecimiento de bases jurídicas	Convenios con el sector privado	Registros y certificaciones oficiales	Respeto de marco jurídico y normas oficiales	Planeación ,ordenación y organización	Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal	Medidas de prevención diagnóstico y control	Fomento y promoción del sector (es)	Modernización e innovación	Asesoría y capacitación	Diversificación	Integración social	Sistema estadístico
Programa Nacional de Rendición de Cuentas, Transparencia y Combate a la Corrupción	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO
SEMARNAT																							
CONABIO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI
INE	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI
CONAFOR	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
PROFEPA	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
IMTA	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI		SI	SI
CONANP	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO
SENER																							
CFE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO
CONUEE	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO
SEP (INAH)																							
Programa nacional de prevención de desastres en materia de patrimonio cultural (PREVINAH)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Programa de prevención de robo, saqueo y tráfico ilícito	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
SHCP																							
AGROASEMEX	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SRA																							
FIFONAFE	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO

FACTORES Y ASPECTOS	AMBIENTAL			ECONÓMICO							JURÍDICO				PLANEACIÓN			OTROS					
CARCATERISTICA PLAN O PROGRAMA	Aprovechamiento de recursos naturales	Cuidado ambiental	Conservación ambiental	Desarrollo económico	Generación de empleos	Crecimiento del sector (es)	Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización	Integración productiva (red de valor, cadena de valor, clúster, etc.)	Generación de empresas	Incremento y mejora en infraestructura	Establecimiento de bases jurídicas	Convenios con el sector privado	Registros y certificaciones oficiales	Respeto de marco jurídico y normas oficiales	Planeación ,ordenación y organización	Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal	Medidas de prevención diagnóstico y control	Fomento y promoción del sector (es)	Modernización e innovación	Asesoría y capacitación	Diversificación	Integración social	Sistema estadístico
Procuraduría Agraria	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
Proyectos Productivos (FAPPA, PROMUSAG y Joven emprendedor)	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO
PLANES Y PROGRAMAS ESTATALES																							
Programas Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Programas Secretaría de Cultura y Turismo	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI
Programas Secretaría de Desarrollo Económico	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Programas Secretaría de Desarrollo Social	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Programas Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO
Programas Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO
Programas Secretaría de Salud	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI
Eje 2/ Competitividad para el desarrollo Económico sustentable	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Eje 3/Desarrollo ordenado y	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO

FACTORES Y ASPECTOS	AMBIENTAL			ECONÓMICO							JURÍDICO				PLANEACIÓN			OTROS					
CARCATERISTICA PLAN O PROGRAMA	Aprovechamiento de recursos naturales	Cuidado ambiental	Conservación ambiental	Desarrollo económico	Generación de empleos	Crecimiento del sector (es)	Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización	Integración productiva (red de valor, cadena de valor, clúster, etc.)	Generación de empresas	Incremento y mejora en infraestructura	Establecimiento de bases jurídicas	Convenios con el sector privado	Registros y certificaciones oficiales	Respeto de marco jurídico y normas oficiales	Planeación ,ordenación y organización	Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal	Medidas de prevención diagnóstico y control	Fomento y promoción del sector (es)	Modernización e innovación	Asesoría y capacitación	Diversificación	Integración social	Sistema estadístico
sustentable																							
Eje 4/ Paz y tranquilidad social, convivencia con armonía	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO
Eje 5/ Gobierno moderno, eficiente y municipalista	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO
Programa estatal de acuacultura sustentable	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Programa estatal de minería	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO
Programa carretero 2007-2012	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Programa estatal de comercialización de produc. Agrop.	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI
Programa estatal de desarrollo rural sustentable	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO
Programa estatal de desarrollo agrop. Sustentable	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO
Programa estatal de la leche	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI		SI	NO
Programa estatal de silvicultura sustentable	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Plan de desarrollo estatal	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO
Programa parcial de desarrollo urbano de la zona de la refinería miguel hidalgo	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO
PLANES Y PROGRAMAS MUNICIPALES																							

FACTORES Y ASPECTOS	AMBIENTAL			ECONÓMICO							JURÍDICO				PLANEACIÓN			OTROS					
CARCATERISTICA PLAN O PROGRAMA	Aprovechamiento de recursos naturales	Cuidado ambiental	Conservación ambiental	Desarrollo económico	Generación de empleos	Crecimiento del sector (es)	Desarrollar y consolidar eficientes esquemas de comercialización	Integración productiva (red de valor, cadena de valor, clúster, etc.)	Generación de empresas	Incremento y mejora en infraestructura	Establecimiento de bases jurídicas	Convenios con el sector privado	Registros y certificaciones oficiales	Respeto de marco jurídico y normas oficiales	Planeación ,ordenación y organización	Distribución de competencias a nivel federal estatal y municipal	Medidas de prevención diagnóstico y control	Fomento y promoción del sector (es)	Modernización e innovación	Asesoría y capacitación	Diversificación	Integración social	Sistema estadístico
Plan de desarrollo municipal de Actopan	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI
Plan de desarrollo municipal de Mixquiahuala	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI
Plan de desarrollo municipal de Ixmiquilpan	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI
Plan de desarrollo municipal de Tasquillo	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI
Plan de desarrollo municipal de San Salvador	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI
Plan de desarrollo municipal de Santiago de Anaya	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI

VI. IDENTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS LIMITANTES PARA EL DESARROLLO DE CADA ACTIVIDAD SECTORIAL

En términos de ordenamiento territorial se entiende por recurso limitante a todo recurso natural o elemento del territorio imprescindible para el desarrollo de las actividades sectoriales. Estos varían dependiendo del sector y las condiciones en que este se desarrolla dentro de la región. En la **Tabla 32** se presentan los recursos limitantes identificados para cada actividad sectorial.

Tabla 32. Recursos limitantes para el desarrollo de las actividades sectoriales presentes en la región Ixmiquilpan.

SECTOR	RECURSO LIMITANTE	JUSTIFICACIÓN
Agricultura de temporal	Disponibilidad de agua	Es crucial en el desarrollo del sector ya que al escasear se manifiestan grandes pérdidas en los niveles de producción debido a la pérdida de cosechas enteras por efectos de sequía.
Agricultura de riego	Disponibilidad de agua	Al igual que el sector anterior es imprescindible debido a que los altos niveles de producción registrados en los distritos de riego se deben en gran medida a la distribución de agua a través de los canales de riego.
Acuícola	Disponibilidad de agua y energía eléctrica	La disponibilidad de agua representa un insumo vital, sin embargo de la disponibilidad de energía eléctrica depende el funcionamiento de estos tipos de sistemas productivos.
Ganadería	Disponibilidad de biomasa forrajera	Representa un recurso limitante para este sector debido a que de la disponibilidad de biomasa forrajera dependerá la capacidad de carga animal que pueda sostener un terreno, a su vez la cantidad de biomasa forrajera se encuentra en función del tipo de vegetación.
Forestal	Disponibilidad de especies nativas (germoplasma) y especies aprovechables	Tanto los aprovechamientos maderables y no maderables, así como las prácticas de reforestación con especies nativas dependen de la presencia de bosque templados y semiáridos según sea el caso.
Industria de la extracción de materiales y minería	Disponibilidad de material y minerales	Es el recurso por el cual lleva a cabo sus actividades este sector, de la disponibilidad de este recurso depende la presencia del sector en la región.

SECTOR	RECURSO LIMITANTE	JUSTIFICACIÓN
Industria manufacturera	Disponibilidad de servicios y mano de obra	Este sector no depende directamente dela disponibilidad de recursos naturales que pudieran ser limitantes, no obstante encuentra sujeto a las condiciones de las zonas urbanas y disponibilidad de infraestructura.
Turismo	Presencia de atractivos turísticos naturales	Entre mayor sea el número de atractivos naturales y culturas, así como su calidad, mayor será el potencial de desarrollo de dicho sector.
Desarrollo urbano	Disponibilidad de agua e infraestructura de saneamiento	El abasto de agua a los centros de población es un factor que determina la factibilidad de los asentamientos humanos así como la presencia de infraestructura sanitaria.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Acosta A., 2007. Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.

Alcántara, O. E., e I. Luna-Vega. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. Acta Botánica Mexicana 54: 51-87.

Ángeles-Castillo Y., 2001. Manejo de residuos sólidos en el estado de Hidalgo. En: Memorias del taller evaluación y gestión ambiental. (F. Rodríguez-Gómez y L. R. Galván-Parra, Coordinadores). Consejo Estatal de Ecología- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hgo., pp. 43-54.

Anta F. S., A. V. Arreola, M. A. González, J. Acosta. 2006. Ordenamiento territorial comunitario. SEMARNAT, INE, Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica, A.C. Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental, A.C. Grupo de Estudios Ambientales A. C., Methodus Consultora S.C., Servicios Alternativos para la Educación y el Desarrollo A.C. México D.F.

Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). (1998). "Regiones hidrológicas prioritarias". Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. "Regiones terrestres prioritarias de México". Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. (2002). Aguas Continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Escala 1: 4000000. México

Bañuelos G.S; Alawa H.A, Mackey, M. , Wu, L. , Cook, C., Akohoue, S., Zambruzuki, S., 1997. "Evaluation of different plant species used for phytoremediation of high soil selenium. J. Eviron. Qual. 26: 239-46

Beinat, E. 1997. Value functions of enviromental management. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. The Netherlands.

Bocco G., A. Priego y H. Cotler. 2005. La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. Experiencias en México. Gaceta ecológica. 76: 23-34. INE. México D.F.

Bojórquez L.T., S. Díaz y E. Ezcurra. 2001. GIS-based aproach for participatory decision making and land suitability assessment. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 15, No 2, 129-151.

Cabrera, R., Gordillo, A., Cerón, A., 2003. Inventario de contaminación emitida a suelo, agua y aire en 14 municipios del Estado de Hidalgo, México. Rev. Int. Contam. Ambient. 19 (4) 171-181, 2003

Cabrera, R., Gordillo, A.,Cerón, A., 2004. Inventario de residuos peligrosos industriales en 17 municipios del Estado de Hidalgo, México. Rev. Int. Contam. Ambient. 20 (1) 13-22, 2004

CEA 1999. Comisión Estatal del Agua. Oficio N° CEA-001/99. Pachuca.Hgo.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre, México, D.F.

Cifuentes E., U. Blumenthal, G. Ruiz, S. Bennett, M. Quigley, A. Peasey y H. Romero. 1993. Problemas de la salud asociados al riego agrícola con agua residual en México. Salud Pública de México, Nov-Dic 1993, Vol. 35, N°6. Disponible en: http://www.insp.mx/salud/35/356-11s.html

CNA. 2003. El uso de las aguas residuales en la agricultura de riego. Comisión Nacional del Agua, Subgerencia de Ingeniería, Riego y Drenaje. México pp 3-17.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas "Regionalización CONANP 2007-2012" Mapa escala 1:10,750,000

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO, (1998). Regiones Marinas Prioritarias de México. Escala 1:4,000,000. México. Financiado por -USAID-Packard Foundation-CONABIO-WWF-FMCN.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 1999. "Áreas de importancia para la conservación de las aves ".Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves CIPAMEX Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D.F.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (2004). Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1,000,000. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), The Nature Conservancy – Programa México (TNC), Pronatura. 2007. Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad. Escala 1: 1000000. D.F., México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), The Nature Conservancy – Programa México (TNC), Pronatura. 2007. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. Escala 1:1,000,000. D.F., México.

Constantino, C; Domínguez, J; Martínez, H; Beltrán, R; Poggi, H; Prieto, F. 2002. Correlación de metales selectos y variables físico-químicas en suelos y cultivos de la zona I, en el Distrito de riego 03, Estado de Hidalgo-México. XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental .Cancún, México.

Constanza R., R. d'Arge, R. Groot, S. Farber, M Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'neil, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton and M. Van Den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services ans natural capital. Nature, Vol. 387, 253-260 pp.

Cuevas-Guzmán. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México. Agrociencia 37: 203-210.

Farrow, A. y Nelson, A. 2001: "Modelación de la Accesibilidad en ArcView 3. Una extensión para calcular el tiempo de viaje y obtener información sobre captación de mercados". Centro Internacional de Agricultura Tropical. http://www.ciat.cgiar.org/access/accesso/index.htm

Foster, S. 1987. "Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution, risk and protection strategy". TNO Comm on Hydrog Research Proceed and Information # 38: 69-86. The Hague.

Foster, S y Hirata, R. 1991. "Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas" Documento del CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), con la OMS y la OPS, Lima, 1991.

Gallardo, A. 2006. Geoestadística. Ecosistemas (España) Núm. 6:1-11.

García, J. A. 2002. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Tierra "Evaluación de escenarios utilizando el Modelo Regional de Calidad del aire Multiscale Climate Chemistry Model". Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. México.

García R. A., Mendoza R. K. y Galicia S. L. 2005. Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del río Papagayo (Guerrero), México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 56, pp 77-100.

García, S. 2008. Tesis de licenciatura "Impacto del sector energético de Tula, Hidalgo, en la calidad del aire de la zona metropolitana del Valle de México". Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. México.

Geertman, S.C.M.; van Eck, J.R.R. 1995. "GIS and models of accessibility potential: An application in planning". International Journal of Geographical Information Systems. 9: 67-80.

Goodall, B.1987. "The Penguin Dictionary of Human Geography". Penguin Books, California, USA. 512 pp.

Gómez O. 2007. Ordenación Territorial. Edit. Mundi-Prensa. 2ª edición. Madrid, España.

González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: patrones de distribución y retos para su conservación. In Conservación de aves, experiencias en México, H. Gómez de Silva y A. Olivares de Ita (eds.).NFWF, CIPAMEX y CONABIO, México, D.F., México. p.150-194.

Gower J. C. 1966. Some distance properties of latent roots and vector methods used in multivariate analysis. Biometrika 53:350

Hofstee, P; Brussel, M. 1999."Análisis de aptitud para la expansión urbana" Department of Land Resource and Urban Sciences. International Institute for Geoinformation Sciences and Earth Observation (ITC).

Ibarra, N.A; Larios, A.L; Leal, M.L; Reyes, V. 2004. "Concentración de metales pesados (Pb2+ y Cd2+)en la presa Requena, de Tepeji del Rio de Ocampo en el estado de Hidalgo, México. Centro Educativo Cruz Azul, A. C. México.

INE, UAM-I, 2008. Informe parcial del estudio "Diagnostico de compuestos orgánicos volátiles y H_2S en el ambiente en la zona de Tula-Vito-Apaxco". Convenio espedifico de colaboración entre el Instituto Nacional de Ecología y la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

INEGI. Conjunto de datos vectoriales. Cartas de Edafología escala 1:50,000

INEGI 1994. Sistemas de Cuencas Nacionales de México. Instituto Nacional de Estadística e Informática. México

INEGI. 1992. Síntesis geográfica del Estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

INEGI 1999. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario del estado de Hidalgo. Ags. Ags. México, 676 p.

INEGI 2009. Anuario estadístico del Estado de Hidalgo.

INEGI. 2005. Aspectos geográficos del estado de Hidalgo. Sistemas nacionales estadísticos y de información geográfica, México. (Consultado en: http://inegi.gob.mx/geo/ defaulta.asp?e=13).

INEGI 2010."Censo de Población y vivienda. Principales resultados del censo de población y vivienda 2010. Hidalgo".

Instituto Mexicano de Transportes, 2005. Desde su sitio de internet www.imt.mx

Iñiguez, L. I., y E. Santana C. 1993. Patrones de distribución y riqueza de especies de los mamíferos del occidente de México. Pp. 66-86 in Avances en el estudio de los mamíferos de México (R. A. Medellín y G. Ceballos, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicación Especial número 1, México, Distrito Federal.

Kabata Pendias, A. 1995. "Agricultural problems relat to extensive trace metal contents of soil". In: Salomons, W.V. Forstener C.P: Mader (eds) Heavy metals, problems and solution. 3-18 Springer- Verlag Berlin, Germany: 412.

Karlen, D., C. Ditzler y S. Andrews. Soil quality: why and how? Geoderma 114 (3-4): 145-156. Citado por Mendoza *et al* (2009).

Kertész A. 2009. The global problem of land degradation and desertification. Hungarian Geographical Bulletin Vol. 58 N° 1 pp 19-31, Geographical Research Institute, Budapest.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, Alemania.335 p.

Lesser L. E., J. M. Lesser, S. Arellano y D. González, 2011. Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el Valle del Mezquital, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 28. Núm. 3, 2011. p. 323-336.

Masera O. R., A. D. Cerón and A. Ordóñez. 2001. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 6: 291–312, 2001. © 2001 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.Malczewski J., R. Moreno, L. A. Bojórquez, E. Ongay. 1997. Multicriteria Group Decision-making Model for Environmental Conclict Analysis in the Cape Region, México. Journal of Enviromental Planning and Management. 40 (3), 349-374.

Mendoza M., H. Plascencia., C. Alcántara, F. Rosete y G. Bocco., 2009. Análisis de la Aptitud Territorial, una Perspectiva Biofísica. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.

Moral G. F. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. Ecosistemas, 13 (1): 78-86. España.

Moreno C. E., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, España, 84 pp.

Moreno J. A., 2006. Sistemas y análisis de la información geográfica. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Editorial Alfaomega, 1° Edición, 896pp.

Mostacedo B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de Métodos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.

Muñoz P., A. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77: 139-156.

Naveh y Lieberman, 1993. Landscape ecology, theory and application. Spring Verlag, EUA. 360 pp.

Montelongo R., A. J. Gordillo, E. M. Otazo, J. R. Villagómez, O. A. Acevedo y F. Prieto. 2008. Modelación de la calidad del agua del Río Tula, Estado de Hidalgo, México. Dyna. Vol. 5, N° 154, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Pp 5-18.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2001. Que establece las especificaciones de fertilidad salinidad y clasificación de suelos. Estudio de muestreo y análisis. Pp 75.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestre – Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Segunda sección de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 30 de Diciembre de 2010. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de enero de 1996. Última modificación el 22 de noviembre del 2000. México, Secretaría de Salud.

Ordóñez, J. A., 2004. Índices de contenido y captura de carbono en áreas forestales, UNAM, México.

Ordoñez J. A. B. de Jong b. h. j., Garcia-Oliva F., Aviña, F. L., Pérez J. V., Guerrero G., Martínez R. y Masera O., 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 diferent land-use and land-cover clases in the central highlands of Michoacán, México, Forest Ecology and Management.

Page, D., Dillon, P., Toze, S., Bixio, D., Genthe, B., Jiménez-Cisneros, B.E., Wintgens, T., 2010, Valuing the subsurface pathogen treatment barrier in water recycling via aquifers for drinking supplies: Water Research, 44(6), 1841-1852.

Palacio P. J., M.T. Sánchez, J. M. Casado, E. Propin, J. Delgado, A Velázquez, L. Chias, M. I. Ortiz, J Gonzáles, G Negrete, J. Gabriel, R Márquez. 2004. Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. SEDESOL, SEMARNAT, INE, UNAM. México D.F.

Pando M. M., M. Gutiérrez, A. Maldonado y E. Jurado, 2002. Evaluación de los procesos de desertificación en una cuenca hidrológica del noreste de México. Revista Ciencia, Universidad Autónoma de Nuevo León. Vol V N°004, Monterrey, México.

PEMEX 2010. "Proyecto nueva refinería". Consideraciones socio-ambientales de los grandes proyectos. www.pemex.com.

Pérez R, R. Jiménez, B. Jiménez y A. Chávez. 2000. ¿El agua del Valle del Mezquital, fuente de abastecimiento para el Valle de México? Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Ciencia y conciencia, compromiso nacional con el medio ambiente: memorias técnicas. México, D.F., 2000. FEMISCA, p.1-9. Disponible en http://www.bvsde.paho.org

Periódico Oficial del Gobierno del Estado libre y soberano del Estado de México, Mayo 12 de 2006, Tomo CLXXXI, número 89. Declaratoria del ejecutivo del estado por el que se establece el área natural protegida con la categoría de Parque Estatal denominada "Santuario del agua y forestal Presa Taxhimay".

Priego A., G. Bocco, M. Mendoza y A. Garrido. 2010. Propuesta para la generación semiautimatizada de unidades de paisaje, fundamentos y métodos. SEMARNAT, INE, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. México, D.F.

Kapetsky, J. M.; Nath, S. S. 1997. A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America. COPESCAL Technical Paper. N°10. Rome, FAO. 128p.

Rzedowski, J. 1986. Vegetación de México. Ed Limusa. México, DF. 436p.

Sánchez M., C. M. Estrada, M. Juárez, J. Martínez, P. Miranda, L. Esquivel y M. Juárez. 2000. Análisis de metales pesados en las aguas residuales del Río San Javier. Federación

Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Ciencia y conciencia, compromiso nacional con el medio ambiente: memorias técnicas. México, D.F., 2000. FEMISCA, p.1-9. Disponible en http://www.bvsde.paho.org.

Sánchez O. y R. Salazar. 2007. Infraestructura hidráulica para acuicultura, un aporte en la compilación y adaptación del conocimiento ingenieril a la acuicultura. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Año II, Vol. 2, 2007. ISSN 1909-8138.

Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves CIPAMEX – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO, (1999). Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. Escala 1:250000. México. Financiado por CONABIO–FMCN–CCA.

S.G.M. 2010. Localización de sitios para la disposición de residuos sólidos municipales del Estado de Hidalgo. Secretaría de Economía, Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología

SEMARNAT, 2003. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Ordenamiento Ecológico, Diario Oficial de la Federación, 8 de Agosto del 2003.

SEMARNAT, 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Primera Edición, México, D.F.

SEMARNAT, 2008. Informe Final- Inventario Nacional de Liberaciones de Mercurio, México 2004. Dirección de Investigación de Residuos y Sitios Contaminados, Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

SEMARNAT, 2009. Informe de la situación del medio ambiente en México. 2008.

SEMARNAT, 2010. "Compendio de Estadísticas ambientales 2010". Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales.

SEMARNAT, 2011. "Bitácora de la Cuenca del Valle de México". Gobierno del estado de Hidalgo.2012 "Sistema Estatal de ANP's" Consejo estatal de ecología.

SEMARNAT -Colegio de Posgraduados. 2003. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. Memoria Nacional 2001-2002, SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 58 pp.

SEMARNAT, Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Colegio de Postgraduados 2004 Degradación del suelo Causada por el Hombre en la República Mexicana - Escala 1: 250,000. México, Distrito Federal

SEMARNAT-INE, 2011. Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009). México.

SEMARNAT-Universidad Autónoma Chapingo. 2002. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1'000,000. México.

SEMARNAT: 2011. "Bitácora de la Cuenca del Valle de México". Gobierno del estado de Hidalgo.2012 "Sistema Estatal de ANP's" Consejo estatal de ecología.

SENER, 2005. "Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014" Dirección General de Planeación Energética.

Timoney, k. P., Peterson. Y R. Wein. 1997. Vegetation development of boreal riparian plant communities after flooding, fire and logging, Peace River, Canada. Forest Ecology and Management Elsevier Science Amsterdam Vol 93: 101-120

Toral-Ferrero, Y. 1996. Estudio comparativo de esquemas de especiación en muestras sólidas de interés medioambiental. Trabajo de Licenciatura. Universidad de Valladolid, España.

UNAM, 2011. "Criterios normativos para el ordenamiento ecológico". Revista Jurídica. Boletín Mexicano de Derecho comparado. N° 78. UNAM .México.

Weitzenfeld H. Ed. 1989. Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo). ECOSEDUE. Traducción de WHO Offset Publication No. 62/ 1982. Metepec, Estado de México.

Yarto M., A. Gavilán y J. Castro. 2004. La contaminación por mercurio en México. Gaseta Ecológica N°72. Pág. 21-34.

Zárate Z. R. y M. E. Ramírez. 2004. Metodología estadística para la interpretación de datos sobre, degradación de la tierra. Universidad Autónoma Chapingo.

Zuk, M; Garibay, V; Iniestra, R; López, M; Rojas, L; Laguna, I. 2006. ""Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México" Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología. México.

VIII. ANEXO METODOLÓGICO

En la región Ixmiquilpan se identificaron11 grupos sectoriales: acuícola, agrícola de riego, agrícola de temporal, desarrollo urbano, forestal maderable, forestal no maderable, ganadero, industria de la extracción de material pétreo, industria manufacturera, turismo y conservación; cada uno de los cuales se definió en función de las actividades que realiza, determinando con ello el uso actual del territorio y la identificación de los atributos ambientales que sirven como base para generar el análisis de aptitud. De tal manera que el proceso para la determinación de la aptitud sectorial tomó como base los resultados de las mesas de trabajo establecidas en los talleres sectoriales, puesto que en ellos fue posible conocer los atributos ambientales que determinan la presencia y distribución de las actividades productivas y demás usos dentro del área en estudio. Dicho proceso partió del enfoque multicriterio que comprende métodos y técnicas que se utilizan en casos donde es necesario encontrar soluciones a problemas de múltiples alternativas (problemas de decisión) de selección que pueden ser evaluadas a través de características de desempeño, llamadas criterios.

Las diferentes técnicas de comparación incluyen el ranking, el rating y la comparación por pares. En el caso de ordenamiento territorial la meta planteada en cada una de las mesas de trabajo de los talleres participativos representa un “problema de decisión”, ya que en la mayor parte de las mesas establecidas la meta consistía en identificar las zonas con mayor potencial para el desarrollo de las actividades sectoriales, utilizando para ello los diferentes atributos ambientales que se pueden identificar y definir, tanto conceptual como espacialmente.

De acuerdo con Malczewski (1999) el análisis multicriterio tiene seis componentes

- El o los objetivos que se intentan lograr
- El tomador de decisiones o el grupo de tomadores de decisiones
- Un grupo de criterios de evaluación (divididos en objetivos secundarios o atributos) sobre los cuales se evalúan los cursos de acción
- Las alternativas de decisión o variables de acción
- Las variables incontrolables o variables de estado de la naturaleza
- El estado deseado o futuro asociado a cada alternativa o conjunto de atributos

Las etapas en que fueron integrados cada uno de los componentes anteriores se mencionan a continuación, así mismo la **Figura 9** muestra el esquema de dichas etapas y los métodos generales para su obtención.

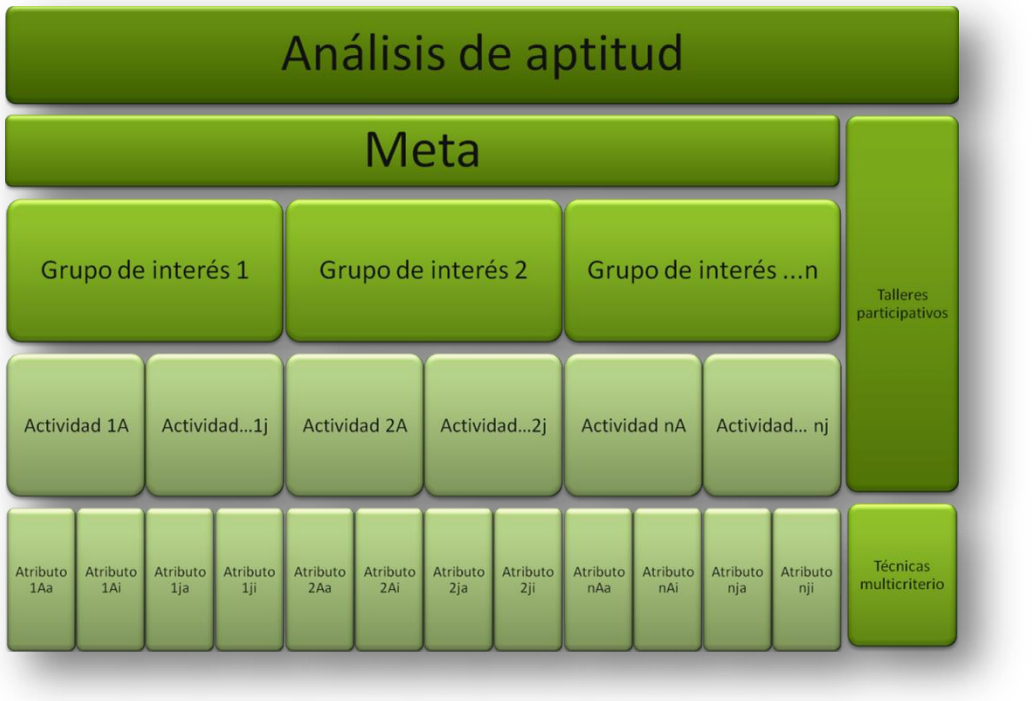


Figura 9. Proceso metodológico del análisis de aptitud. Se muestra un esquema general del proceso de análisis jerárquico establecido para determinar la aptitud del territorio.

- Identificación de sectores

A partir de las reuniones (talleres) realizados en donde se contó con la participación de representantes de autoridades y miembros de la comunidad, se procedió a la identificación de los sectores de acuerdo a los intereses de los mismos; para ello fue necesaria una presentación introductoria y la posterior integración de los participantes en las mesas afines a la actividad que realizan.

- Identificación de actividades

Debido a la considerable variedad de actividades que se realizan en cada uno de los gremios sectoriales integrados, fue necesario hacer una distinción de dichas actividades y en base a ellas llevar a cabo los análisis posteriores.

- Definición de meta

Una vez identificadas las actividades de cada sector, se definió la meta u objetivo a alcanzar para cada uno, con la finalidad de tener en clara la posterior selección de los atributos, ya que estos deben guardar estrecha relación con la meta definida para cada sector.

- Definición de atributos

Los atributos son el conjunto de variables cualitativas o cuantitativas que intervienen en el desarrollo de alguna actividad, motivo por el que fue necesario definir a cada atributo identificado con precisión, para evitar redundancias y exclusiones entre los mismos.

- Ponderación y valoración de atributos

Una vez establecida la meta y definidos los atributos, se procedió a determinar el valor y ponderación de estos de acuerdo a los criterios dispuestos por cada mesa de trabajo. La obtención de los pesos (ponderación) necesarios para la valoración de atributos se llevó a cabo por medio de un Proceso de Análisis Jerárquico, en particular un proceso de comparación por pares y cálculo de ranking. Como resultado de la aplicación de esta técnica se utiliza una combinación lineal ponderada en donde la suma de valores o pesos de cada criterio es igual a uno. La técnica de Saaty (1980) obtiene estos pesos calculando el eigenvector principal de una matriz cuadrada recíproca que contiene las comparaciones uno a uno entre los criterios. Las comparaciones vertidas en cada celda de la matriz, contienen la importancia relativa entre dos criterios con relación al éxito o contribución que hace cada criterio respecto al objetivo establecido. Los juicios de valor se realizan con números (del 0 al 9) en una escala que se puede transformar en palabras (extremadamente importante, muy importante, importante, poco importante, igual; y el caso inverso), o bien en gráficas de barras, entre otras mediante el software Super Decisions.

- Análisis de aptitud

Como se mencionó, el método utilizado consistió en una evaluación multicriterio que utiliza la suma ponderada. Dicha técnica multicriterio permite combinar factores continuos aplicando un peso a cada factor seguido de una suma de los pesos, lo cual resulta en un índice o valor de aptitud, la ecuación general que describe este procedimiento es:

$$S = \sum (Wi * Xi)$$

Donde:
S= Índice de Aptitud
Wi=Peso para el factor i
X=Valor para el factor i

Dicha ecuación queda representada en la **Figura 10** donde el esquema muestra la aplicación espacial de la combinación lineal ponderada, proceso que se lleva a cabo en el Sistema de Información Geográfica.

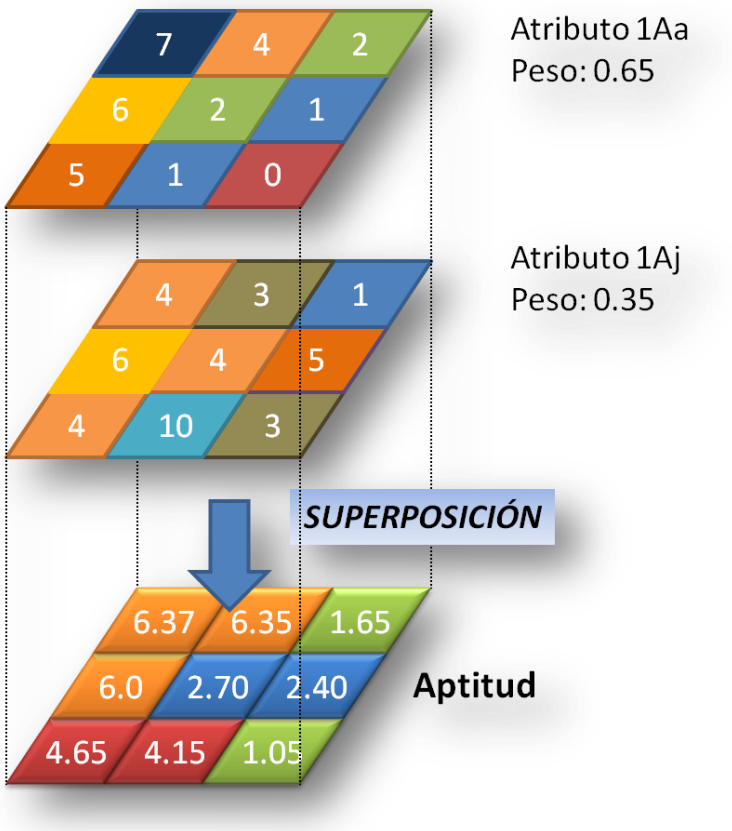


Figura 10. Combinación lineal ponderada. La figura muestra el proceso de combinación lineal ponderada que se lleva a cabo a través del Sistema de Información Geográfico (SIG) y que da como resultado la aptitud sectorial en el área de estudio.

Cabe señalar que los valores continuos representados por Xi en la ecuación anterior, se obtienen de los atributos ambientales definidos y su correspondiente normalización o cambio de escala y unidades, es decir, que pasan de ser números reales a números expresados en unidades de proporción con valores que van de 0 hasta 1, mediante la aplicación de una función de utilidad o función de valor (**Tabla 33**) que es una expresión matemática que se utiliza para normalizar los valores de una variable a una escala de medición común[24], esto con el fin de poder elaborar una comparación entre todos los atributos sin importar el sistema de unidades con que cada uno se encuentre representado. En el análisis de aptitud las funciones de valor transforman la condición o estado de un atributo a un valor numérico que denota su capacidad para satisfacer una necesidad sectorial en particular. Estas funciones involucran la transformación de la escala natural de una variable que mide un atributo del territorio (por ejemplo, km, en el caso de distancias, o bosque, en caso de tipos de vegetación) a una escala (0,1), es decir, del valor anti-ideal al ideal.

[24] Beinat, E. 1997. Value functions of enviromental management. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands.

Tabla 33. Valores ponderados y funciones de valor para cada sector. La tabla muestra los valores de ponderación para cada uno de los atributos definidos durante los talleres participativos llevados a cabo con cada sector, así mismo se muestra la función de valor aplicada o en su defecto el tipo de escala de valoración utilizada para su normalización.

SECTOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN	FUNCIÓN DE UTILIDAD
Agricultura de riego	Textura del suelo	0.06983	Los valores se definieron en base a una evaluación multicriterio
	Tipo de suelo	0.14719	$e^{-((x-10)/(5))^2}$
	Pendiente	0.23857	$e^{-(0.4374*x)}$
	Distancia a canales de riego	0.27149	$e^{-(0.0000947*x)}$
	Distancia a carreteras	0.20758	$e^{-(0.0001*x)}$
	Distancia a centros de consumo	0.06534	$1-e^{(\frac{x-30}{5900.856})}$
Agricultura de temporal	Textura del suelo	0.062460	Los valores se definieron en base a una evaluación multicriterio
	Tipo de suelo	0.185221	Los valores se definieron en base a una evaluación multicriterio
	Pendiente	0.157236	$e^{-(0.4374*x)}$
	Disponibilidad de agua (precipitación)	0.293942	$1-e^{(-0.0029*x)}$
	Distancia a carreteras	0.218639	$e^{-(0.0001*x)}$
	Distancia a centros de consumo	0.082501	$1-e^{(\frac{x-30}{5900.856})}$
Acuícola	Pendiente (Terrenos planos)	0.073229	$e^{-(0.0008*x)}$
	Distancia a asentamientos humanos	0.065332	$1-e^{(-0.0012*x)}$
	Servicios eléctricos	0.063879	Presencia-ausencia (escala booleana)
	Cuerpos de agua	0.221667	Presencia-ausencia (escala booleana)

SECTOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN	FUNCIÓN DE UTILIDAD
	Distancia a carreteras	0.123051	$e^{-(0.001*x)}$
	Distancia a industrias	0.256021	$1 - e^{(-0.0008*x)}$
	Accesibilidad a cuerpos de agua	0.19675	Se utilizó una función lineal con incremento monotónico a través del módulo FUZZY de IDRISI Taiga.
Desarrollo Urbano	Distancia a industria manufacturera	0.052505	$1 - e^{(-0.0002*x)}$
	Distancia a cuerpos de agua contaminados	0.242583	$1 - e^{(-0.0003*x)}$
	Distancia a cuerpos de agua limpios	0.017928	$1 - e^{(-0.0028*x)}$
	Pendiente	0.03559	$e^{-((x-60)/(40))^2}$
	Distancia a fallas y fracturas	0.169226	$1 - e^{(-0.0007*x)}$
	Distancia a ductos de PEMEX	0.089896	$1 - e^{(-0.0024*x)}$
	Accesibilidad	0.076486	Se utilizó una función lineal con incremento monotónico a través del módulo FUZZY de IDRISI Taiga.
	Distancia a cementeras y caleras	0.129201	$1 - e^{(-0.0009*x)}$
	Zonas uso agrícola de riego	0.015865	Presencia-ausencia (escala booleana)
	Distancia a refinería y termoeléctrica	0.17072	$1 - e^{(-0.0007*x)}$
Forestal	Altitud	0.029353	$e^{-((x-10)/(5))^2}$
	Pendiente	0.034798	$e^{-((x-60)/(40))^2}$
	Precipitación	0.114036	$e^{-((x-1600)/(1900))^2}$
	Temperatura	0.038441	$e^{-((x-12.5)/(2))^2}$
	Tipo de suelo	0.289959	$e^{-((x-8)/(5))^2}$

SECTOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN	FUNCIÓN DE UTILIDAD
	Zonas erosionadas	0.149999	Presencia-ausencia (escala booleana)
	Accesibilidad a zonas forestales	0.122771	Se utilizó una función lineal con incremento monotónico a través del módulo FUZZY de IDRISI Taiga.
	Zonas con especies nativas	0.220702	Presencia-ausencia (escala booleana)
Ganadero	Distancia a zonas industriales	0.070676	$1 - e^{(-0.0005*x)}$
	Coeficiente de agostadero	0.454381	$e^{-(0.0067*x)}$
	Distancia a centros urbanos	0.080017	$1 - e^{-(0.0012*x)}$
	Distancia a cuerpos de agua derivados de escurrimientos	0.394926	$e^{-(0.0006*x)}$
Industria de la extracción de materiales pétreos	Distancia a Presa Requena	0.030354	$1 - e^{(-0.0011*x)}$
	Distancia a centros de población	0.077931	$1 - e^{(-0.001*x)}$
	Distancia a caleras y cementeras	0.122455	$e^{-(0.0003*x)}$
	Distancia a vías férreas	0.037653	$e^{-((x-15000)/(12000))^2}$
	Accesibilidad a bancos de material potenciales	0.317655	$e^{-(0.0004*x)}$
	Bancos de material (geología)	0.413952	Presencia-ausencia (escala booleana)
Industria de la manufactura	Distancia a vías de comunicación	0.079105	$e^{-((x-6000)/(4500))^2}$
	Distancia a centros de población	0.039525	$e^{-((x-1500)/(2400))^2}$
	Distancia a pozos de uso potable	0.291411	$1 - e^{(-0.002*x)}$
	Distancia a industrias	0.334774	$e^{-(0.0002*x)}$
	Distancia a Presa Requena y cuerpos de agua limpios	0.255185	$1 - e^{(-0.0006*x)}$

SECTOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN	FUNCIÓN DE UTILIDAD
Turismo	Distancia a vías de comunicación	0.024957	$1 - e^{(\frac{x-30}{25827.9})}$
	Distancia a zonas industriales	0.175184	$1 - e^{(-0.0007*x)}$
	Accesibilidad a zonas arqueológicas	0.208128	Se utilizó una función lineal con incremento monotónico a través del módulo FUZZY de IDRISI Taiga.
	Distancia a Presa Requena	0.021537	$e^{-(0.0003*x)}$
	Distancia a minas y caleras	0.240496	$1 - e^{(-0.0004*x)}$
	Accesibilidad a balnearios	0.180166	Se utilizó una función lineal con incremento monotónico a través del módulo FUZZY de IDRISI Taiga.
	Accesibilidad a sitios de interés histórico	0.027903	Se utilizó una función lineal con incremento monotónico a través del módulo FUZZY de IDRISI Taiga.
	Distancia a refinería	0.121629	$1 - e^{(-0.0003*x)}$
	Distancia a servicios turísticos	0.024957	$e^{-(x-15500/9000)}$
Conservación	Áreas Naturales Protegidas	0.320004	Presencia-ausencia (escala booleana)
	Fijación de CO_2	0.242455	$e^{-(0.0003*x)}$
	Vegetación primaria	0.178331	Presencia-ausencia (escala booleana)
	Zonas de protección decretadas por ordenamientos locales	0.182822	Presencia-ausencia (escala booleana)
	Región hidrológica prioritaria	0.076387	Presencia-ausencia (escala booleana)

Cabe mencionar que una vez obtenidos los valores arrojados por las funciones de valor, estos fueron procesados para la obtención de una escala de ideales que se encontrara entre 0 y 1 con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Valor\ en\ escala\ de\ ideales = (x - xmin)/(xmax - xmin)$$

Donde:

x = Valor del atributo obtenido a partir de la función de valor
xmin = Valor mínimo obtenido con la aplicación de la función de valor.
xmax = Valor máximo obtenido con la aplicación de la función de valor.

Los atributos ponderados que resultan del análisis de aptitud se sometieron a un procedimiento de clasificación basado en los principios de la psicofísica. La psicofísica es la rama de la psicología experimental que se encarga de estudiar la respuesta de las personas a variaciones de un estímulo. Así, los valores que resultan del análisis de aptitud se conceptualizan como estímulos que pueden interpretarse a través de la Ley de Weber-Fechner. Esta ley establece que el cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a su magnitud o "diferencia notable exacta" (o "just noticeable difference") Δs. De aquí que el cociente *r*, entre esta diferencia y un estímulo *i* de intensidad *v* sea una constante expresada por la siguiente ecuación (Lootsma 1999):

$$r = \frac{\Delta s_v}{s_v}$$

La relación entre un estímulo (s_v) al umbral en el que este estímulo no se percibe (s_0) se expresa por:

$$s_v = (1 + r)^v s_0 \qquad v = 1, 2, \ldots, V$$

Por su parte, s_0 se obtiene con base en estímulo más alto, v^*, mediante la siguiente relación:

$$s_0 = s_{v^*}/(1 + r)^{v^*}$$

Como resultado de la valoración de atributos ambientales se obtuvieron los mapas de aptitud, los cuales muestran las zonas más aptas para el desarrollo de las actividades sectoriales de acuerdo a la distribución de los atributos y la valoración establecida en los talleres participativos.

El análisis de aptitud realizado muestra que la mayoría de los sectores poseen un potencial de desarrollo cuando existen vías de comunicación adecuadas y eficientes que permiten, ya sea, el traslado de insumos y productos, así como su comercialización, el arribo de visitas turísticas o la ubicación de zonas aptas para el desarrollo urbano, De cualquier forma es posible observar en primera instancia que los atributos ambientales comunes en la mayoría de los sectores son la presencia o cercanía a caminos y la distancia a centros de consumo y cuerpos de agua. Así mismo se encontró que existen sectores que comparten gran número de atributos, sin embargo las diferencias en el desempeño de sus actividades generan valores de aptitud totalmente distintos. Por otra parte la mayoría de los atributos seleccionados por los sectores involucrados representan variables continuas donde existe un límite difuso, es decir, un rango de valores dado en función de la distancia y la

accesibilidad, por lo cual en la mayoría de los casos los valores más altos de aptitud estarán reflejados en aquellas zonas donde exista mayor o menor cercanía al atributo ambiental en cuestión en función de las actividades del sector. Como no todos los valores de los atributos ambientales pueden representarse por una función de valor, ya que se encuentran asociados a la presencia o ausencia del atributo como tal, en estos casos los atributos son representados espacialmente por mapas booleanos donde el valor 1 representa la presencia del atributo y el valor 0 representa la ausencia del mismo. Un ejemplo de ello es la presencia del atributo de zonas con especies nativas para el sector forestal (**Figura 11**).

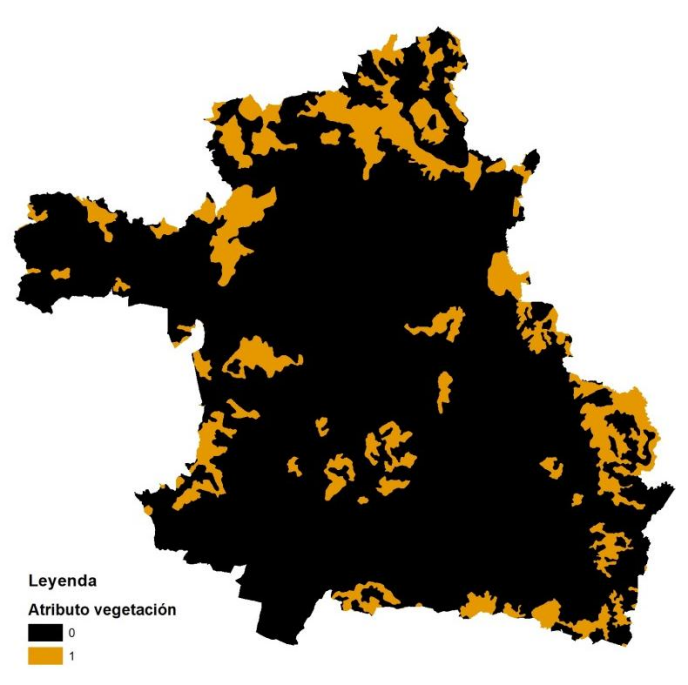


Figura 12 Mapa de atributos booleano. La figura muestra un ejemplo de mapa de atributos en unidades booleanas (0 y 1). En particular el mapa que fue utilizado para representar a las zonas con especies nativas en el sector forestal.

IX. ANEXO DATOS (CALIDAD DEL AGUA)

No CNA	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO_4	STD	HCO3	C.E.	TEMP.	pH	Al	As	B	Cd	Cu	Fe	F	PO_4	Mn	Hg	Pb	SiO_2	Zn	COL_FEC	COL_TOT
MZ-2	61.60	43.80	209.07	31.23	193.60	131.90	1148.00	471.00	1051.00	25.00	7.20			0.9260		0.0000	0.0190	1.5680	0.3531				24.19	ND		
MZ-3	61.60	40.00	241.70	45.19	225.10	134.07	1224.00	501.40	1683.00	25.90	7.20			0.9600		0.0000	0.0190	1.1630	0.3049				23.69	ND		
MZ-9	122.60	43.10	209.95	31.05	226.90	211.42		481.10	1579.00	33.00	7.50															
MZ-10	67.70	72.60	145.48	18.39	103.50	395.17	1080.00	306.50	1568.00	34.20	6.50			0.5900		0.0000	0.0600	4.8150	-0.2910				12.33	ND		
MZ-12	84.50	38.10	205.12	42.99	230.50	133.43		445.50	1723.00	24.20	7.30															
MZ-13	77.00	39.20	203.63	35.22	171.10	169.81	1192.00	477.10						0.7220		0.0000	0.0200	2.4610	-0.2910				22.72	ND		
MZ-22	26.90	14.70	366.22	16.72	306.10	107.48	1132.00	440.50	1709.00	39.50	7.40			0.5900		0.0000	0.0260	0.5200	4.6461				22.66	0.0255		
MZ-27	64.60	37.10	87.60	13.78	85.50	87.03	768.00	353.20	1043.00	25.70	7.50						0.0230	0.2340	-0.2910				21.29			
MZ-28	16.90	11.20	293.23	43.29	196.50	99.50	1060.00	446.60	1435.00	20.70	7.80			0.2100		0.0000	0.0170	1.3740	1.8317				18.78	ND		
MZ-31	33.90	42.50	46.09	2.61	36.00	81.73	496.00	270.00	606.00	25.30	7.30			0.0180		0.0000	0.0180	0.8220	-0.2910				18.87	ND		
MZ-36	248.00	81.30	284.03	45.97	263.20	862.82	2284.00	346.50						2.0670		0.0096	0.0420	2.0930	-0.2910			0.0263	7.62	0.0221		
MZ-39	95.40	26.50	340.39	51.94	285.90	280.72		499.00																	0.00	0.00
MZ-44	103.90	32.40	310.18	33.97	207.10	381.74	1540.00	452.70	2135.00	24.20	7.30			0.9520		0.0000	0.0230	0.7880	-0.2910				22.14	0.0824	0.00	4.60
MZ-46	89.90	29.90	230.89	34.03	230.50	92.10	1120.00	528.60						1.1710		0.0100	0.0490	1.3340	-0.2910			0.0204	6.45	0.0151		
MZ-52	123.10	44.80	229.78	30.48	166.60	467.03	1292.00	379.60	1808.00	15.50	7.50			0.8020		0.0000	0.0280	1.0420	-0.2910	0.0348			20.58	ND		
MZ-56	63.10	37.10	193.71	49.30	135.10	306.91	1000.00	320.70	1460.00	25.30	7.20			0.5650		0.0000	0.0210	1.9860	-0.2910				21.92	ND	8.00	8.00
MZ-58	96.20	27.50	221.62	26.99	175.60	180.87	1120.00	487.20	1693.00	16.90	7.50			0.8090		0.0000	0.0210	0.6580	-0.2910				20.48	0.0285		
MZ-60	84.60	32.10	252.08	46.51	157.60	279.07	1208.00	483.10	1691.00	21.00	7.50			0.8060		0.0000	0.0170	1.3020	1.3042				21.14	ND		
MZ-65	133.50	48.10	226.06	40.00	259.60	209.67	1428.00	538.50						1.0860		0.0099	0.0410	1.5230	-0.2910	0.0035		0.0229	6.64	0.0389		
MZ-66	117.20	58.00	208.34	42.99	294.90	163.98	1304.00	497.00																		
MZ-73																									0.00	2.60
MZ-76	70.00	21.30	211.47	26.55	167.90	99.36	1004.00	463.70	1336.00	17.70	7.30		0.0464	0.8800		0.0000	0.0180	2.6500	0.1850			0.0245	27.47	0.0000	0.00	0.00
MZ-79	76.70	29.40	80.55	28.80	93.00	159.30	744.00	252.70	958.00	22.90	7.38			0.3500		0.0000	0.0140	2.7730	0.1860			0.0287	29.82	ND		
MZ-80	175.10	40.60	194.74	38.10	247.30	321.72	1540.00	431.80	1825.00	19.50	7.43			0.8010		0.0108	0.3050	1.7680	0.0810			0.0248	27.47	0.0000	0.00	0.00
MZ-82	113.40	24.30	131.67	36.45	186.00	101.32	1012.00	384.00	1162.00	18.10	7.50		0.2148	0.8810		0.0148	0.0250	3.2600	0.2210			0.0268	28.77	0.0000	0.00	0.00
MZ-86																									0.00	1.10
MZ-87																									8.00	8.00
MZ-88																									0.00	2.60
MZ-89																									0.00	1.10
MZ-92																									8.00	8.00
MZ-95																									8.00	8.00
MZ-98																									0.00	0.00
MZ-100	115.00	28.40	128.01	20.84	96.00	319.61	1040.00	260.70	1402.00	24.50	7.35		0.0798	0.5560		0.0000	0.0270	2.8360	0.1790			0.0258	29.20	0.0000	8.00	8.00
MZ-103	475.20	126.80	496.74	43.65	405.40	1621.73	4052.00	559.20	3850.00	25.10	7.16			2.0390		0.0132	0.0330	1.7410	0.1160	0.0680		0.0256	28.48	0.0860		

No CNA	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO_4	STD	HCO3	C.E.	TEMP.	pH	Al	As	B	Cd	Cu	Fe	F	PO_4	Mn	Hg	Pb	SiO_2	Zn	COL_FEC	COL_TOT
MZ-104	36.70	16.20	183.15	31.50	97.60	177.26	860.00	302.50					0.1085	0.8160	0.0032	0.0000	0.0300	3.9190	0.1620			0.0270	28.31	0.0000		
MZ-106																									1.10	8.00
MZ-109																									0.00	4.60
MZ-111	148.40	57.90	194.74	44.70	206.50	499.56	1520.00	282.60	1702.00	23.20	7.31		0.0454	0.7180		0.0000	0.0170	2.4960	0.1500			0.0284	29.82	0.0000	0.00	0.00
MZ-117																									1.10	8.00
MZ-118	541.90	86.20	116.23	28.20	335.80	1103.92	2812.00	352.20				1.4430	0.1032	1.3110		0.0000	0.2460	4.3790	0.1520	0.0193			13.88	0.0000	0.00	0.00
MZ-130	40.00	11.20	35.35	5.47	29.50	20.38	344.00	193.00	393.00	22.10	7.10			0.0460		0.0000	0.0180	0.1170	0.1860			0.0259	23.55	0.0000	0.00	0.00
MZ-134	31.70	10.10	48.86	13.64	36.30	19.89	384.00	197.00	402.00	23.90	7.55			0.0670		0.0252	0.0190	1.4230	0.0730			0.0315	29.22	0.0000	0.00	1.10
MZ-161																									0.00	1.10
MZ-167																									0.00	1.10
MZ-215	40.90	16.60	61.80	4.60	50.80	32.61	444.00	231.70	588.00	12.60	7.28															
MZ-218	80.10	26.90	81.13	4.30	65.30	177.49		237.60																		
MZ-223	158.10	41.50	155.20	28.06	179.70	330.63		366.30																	0.00	0.00
MZ-225	94.80	69.70	123.00	34.03	177.90	171.52	1152.00	451.40																	0.00	0.00
MZ-241	13.30	7.10	29.56	3.49	25.00	11.33	252.00	95.50	216.00	27.50	8.20			0.0290		0.0000	0.0120	0.1020	0.0930			0.0277	26.04	0.0000		
MZ-242	16.40	6.60	29.60	5.19	23.60	4.90		118.80		26.20	7.54			0.0740		0.0000	0.0180	0.3570	0.1380			0.0231	26.06	0.0234		
MZ-243	20.00	11.20	15.50	5.22	11.30	17.45	276.00	117.40	224.00	18.90	7.56			0.0470		0.0000	0.0130	0.2870	0.1570			0.0267	14.57	0.0000		
MZ-246	13.30	10.10	18.01	4.73	9.10	20.15	232.00	99.50	173.00	24.10	7.64			0.0430		0.0000	0.0100	0.2890	0.1410			0.0264	28.99	0.0000		
MZ-251	23.30	11.20	14.54	4.48	20.40	30.59	252.00	91.50	260.00	17.80	6.41			0.0360		0.0000	0.0180	0.3090	0.1120		0.0003		17.18	0.0000		
MZ-255	18.40	6.10	18.98	4.23	11.30	11.51	232.00	105.50	211.00	17.90	6.81			0.0390		0.0000	0.0140	0.3360	0.2350			0.0535	25.78	0.0000		
MZ-266	15.00	8.10	9.91	2.50	6.80	25.18	196.00	69.70	185.00	21.50	7.54			0.0340		0.0000	0.0150	0.2460	0.2570			0.0193	22.11	0.0000		
MZ-270	38.40	6.10	10.68	2.25	11.30	44.38	244.00	97.50	344.00	14.10	7.64			0.0354		0.0000	0.0100	1.3270	0.2810			0.0208	22.87	0.0000		
MZ-274	21.70	5.10	20.33	3.24	6.80	20.13	236.00	111.40	208.00	17.30	7.46			0.0320		0.0000	0.0240	0.2500	0.1950			0.0210	23.95	0.0291		
MZ-275	13.30	2.00	45.57	4.94	18.20	15.20	244.00	123.40	195.00	25.40	7.43			0.0490		0.0000	0.0200	0.4170	0.2020			0.0215	24.26	0.0000		
MZ-281														0.0330		0.0000	0.0740	0.4280	0.1070			0.0179	19.93	0.0000		
MZ-286	13.90	2.70	29.62	4.38	6.80	13.74	184.00	109.40	193.00	19.50	7.33			0.0350		0.0320	0.0150	0.1270	0.1210			0.0338	3.00			
MZ-287														0.0250			0.0140	0.2380	0.1840				31.64	0.0000		
MZ-292	10.90	3.30	14.07	4.00	16.30	6.95		53.50	87.00	9.80	8.03															
MZ-295	5.50	5.00	10.85	2.51	12.70	5.10		47.50	69.00	16.70																
MZ-301	75.00	33.50	253.49	18.09	213.30	132.23	1308.00	517.40	1740.00	20.60	7.23			0.4380			0.0190	0.7580	0.1890			0.0239	23.89	0.0000	0.00	0.00
MZ-304																									0.00	1.10
MZ-310	73.30	22.30	267.01	21.53	195.10	161.56	1232.00	489.50	1618.00	21.00	7.26			1.0930			0.0370	1.5330	0.2260			0.0259	26.28	0.0000		
MZ-312	103.40	48.70	214.88	34.74	292.70	71.57	1368.00	543.30	1649.00	18.90	7.27			0.2500			0.0320	0.6010	0.1380			0.0248	24.91	0.0000	0.00	0.00
MZ-314																									1.10	8.00
MZ-322																									0.00	4.60

No CNA	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO_4	STD	HCO3	C.E.	TEMP.	pH	Al	As	B	Cd	Cu	Fe	F	PO_4	Mn	Hg	Pb	SiO_2	Zn	COL_FEC	COL_TOT
MZ-323	123.40	54.80	245.77	17.60	287.40	142.62	1448.00	597.00	1710.00		7.30			0.7240			0.0150	2.0270	0.2560			0.0241	26.69	0.0000		
MZ-326	233.40	48.20	251.36	51.30	197.40	561.87	2044.00	459.70	2300.00	26.50	7.25		0.1147	1.0190		0.0422	0.0210	2.3410	0.1550			0.0272	29.63	0.2209	4.60	8.00
MZ-327	375.20	50.70	327.30	48.00	403.80	799.37	2704.00	537.30	3700.00	44.10	7.10		0.4160	2.2060			0.0180	4.4390	0.3010	0.0065		0.0189	22.13	0.0000		
MZ-332																									8.00	8.00
MZ-338	215.30	46.40	359.71	45.97	390.20	455.79	2108.00	586.10	1465.00	22.00	7.20															
MZ-347	40.90	13.30	50.53	10.87	16.30	37.05	388.00	255.40						0.2210			0.0790	1.3250	-0.2910			0.0221	6.07	0.0000	0.00	0.00
MZ-357	41.70	24.40	97.12	11.90	25.00	247.23	604.00	191.00	757.00	24.80				0.2140			0.0190	1.1480	0.1250			0.0266	29.14	0.0000		
MZ-360	70.90	48.10	179.36	19.52	36.30	379.52	884.00	384.20						1.3320		0.0140	0.1490	1.4190	-0.2910	0.0164		0.0238	6.79	0.0330	0.00	8.00
MZ-362																									8.00	8.00
MZ-367	30.00	11.10	116.43	14.63	65.80	23.68	680.00	318.40	747.00	23.10	7.39			0.3740			0.0200	1.1040	0.1040			0.0259	28.96	0.0000	0.00	1.10
MZ-369																									8.00	8.00
MZ-371																									8.00	8.00
MZ-375																									0.00	8.00
MZ-389																									0.00	4.60
MZ-399																									8.00	8.00
MZ-425	256.20	76.30	171.30	31.05	205.10	666.13	1852.00	392.00	2205.00	21.90	7.50															
MZ-439																									0.00	8.00
MZ-441	49.10	16.60	76.30	28.06	47.20	56.61	556.00	304.90	812.00	28.60	7.43			0.2770		0.0115	0.1900	2.9090	-0.2910	0.0094		0.0238	6.21	0.0278		
H-007	270.40	51.30	392.60	50.30		734.00	488.00	1066.28			6.84	0.0000	0.3940	2.9290	0.0000	0.0040	0.0000	2.8600		0.0040	0.0000	0.0000	29.50	0.0020		
H-008	262.80	47.40	356.50	46.40		669.00	471.00	1061.40			6.65	0.0000	0.5400	2.7420	0.0000	0.0030	0.0000	2.5200		0.0000	0.0000	0.0000	33.70	0.0020		
H-009	382.60	63.50	337.90	57.40		1346.00	537.00	561.20			6.62	0.0000	0.4050	2.3560	0.0000	0.0030	0.0000	3.6000		0.0050	0.0000	0.0000	50.20	0.0110		
H-040	571.20	124.40	175.20	74.60		1972.00	1934.00	549.00			6.23	0.0000	0.4220	2.3080	0.0000	0.0000	0.0000	3.4600		0.0070	0.0000	0.0010	28.00	0.0220		
H-041	479.20	94.20	157.10	31.30		1558.00	1623.00	488.00			6.50	0.0000	0.3680	1.5770	0.0000	0.0020	0.0000	2.7800		0.1800	0.0000	0.0010	47.00	0.0180		
H-042	138.00	26.60	322.90	47.10		358.00	1125.00	629.52			6.82	0.0000	0.0180	1.6010	0.0000	0.0210	0.0000	0.6400		0.0000	0.0000	0.0030	71.70	0.0040		
H-043	119.30	27.10	134.80	76.30		126.00	682.00	519.72			7.30	0.0000	0.2140	0.7880	0.0000	0.0020	0.0000	1.4400		0.0020	0.0000	0.0030	72.80	0.0090		
H-044	113.70	45.90	282.60	47.80		140.80	1122.00	622.20			7.30	0.0060	0.1070	0.7910	0.0000	0.1430	0.0000	1.2400		0.0000	0.0000	0.0240	72.10	0.0500		
H-046	241.30	57.50	355.90	43.20		623.00	1359.00	424.56			6.93	0.0060	0.0970	1.4290	0.0000	0.0050	0.0000	1.8100		0.0010	0.0000	0.0000	84.00	0.0270		
H-050	83.60	55.50	239.20	34.60		117.00	813.00	583.16			7.10	0.0060	0.0170	1.0840	0.0000	0.0060	0.0000	1.0900		0.0050	0.0000	0.0000	76.00	0.0080		
H-051	126.40	66.20	162.80	37.20		152.00	800.00	546.56			7.19	0.0050	0.0090	0.8020	0.0000	0.0050	0.0000	0.9100		0.0000	0.0000	0.0000	80.50	0.0110		
H-052	97.60	68.40	227.40	36.60		142.00	859.00	553.88			7.17	0.0050	0.0210	0.9860	0.0000	0.0030	0.0000	1.2700		0.0000	0.0000	0.0000	87.20	0.0040		
H-064	95.00	36.20	250.90	37.20		201.00	900.00	629.52			7.11	0.0000	0.0200	1.0480	0.0000	0.0030	0.0000	0.9700		0.0000	0.0000	0.0000	72.50	0.0060		
H-071	58.90	42.70	43.80	15.70		30.10	330.00	427.00			7.50	0.0000	0.0060	0.1870	0.0000	0.0050	0.0000	0.7800		0.0000	0.0000	0.0000	91.00	0.0120		
H-072	51.30	40.10	129.00	24.00		71.30	484.00	480.68			6.98	0.0000	0.0100	0.7400	0.0000	0.0010	0.0000	0.5200		0.0000	0.0000	0.0000	104.90	0.0050		
H-073	61.80	54.60	135.00	27.40		74.60	579.00	378.20			6.93	0.0000	0.0080	0.8200	0.0000	0.0020	0.0000	0.4300		0.0000	0.0000	0.0000	107.00	0.0050		
H-115	100.10	21.01	46.30	7.40		58.10	320.00	451.40			7.04	0.0000	0.0070	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000	0.6600		0.0010	0.0000	0.0010	63.10	0.0090		