



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Biología

Licenciatura en Biología

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD
AMBIENTAL EN LA REGIÓN DE LA
COMARCA MINERA BARRANCA DE
METZTITLÁN, MEDIANTE LA TÉCNICA
ERFCA.”**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A:

NANCY GUADALUPE PÉREZ RAMÍREZ

Director de tesis

M. en C. René Bernardo Elías Cabrera Cruz

Mineral de la Reforma, Hidalgo, 2010.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
COORDINACIÓN DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE CONTROL ESCOLAR, UAEH

PRESENTE

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado a la pasante de Licenciatura en Biología **Nancy Guadalupe Pérez Ramírez**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado "Evaluación de la calidad ambiental en la región de la Comarca Minera Barranca de Metztitlán, mediante la técnica ERFCA", después de revisarlo en reunión de sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:	M. en C. Miguel Ángel Villavicencio Nieto	<i>Miguel A. Villavicencio</i>
PRIMER VOCAL:	M. en C. Leticia Romero Bautista	<i>[Firma]</i>
SEGUNDO VOCAL:	Dr. Juan Carlos Gaytán Oyarzún	<i>[Firma]</i>
TERCER VOCAL:	M. en C. René Bernardo Elías Cabrera Cruz	<i>René B. Elías Cruz</i>
SECRETARIO:	Dr. Alberto José Gordillo Martínez	<i>[Firma]</i>
PRIMER SUPLENTE:	Dr. William Scott Monks Sheets	<i>Scott M.</i>
SEGUNDO SUPLENTE:	Dra. Griselda Pulido Flores	<i>[Firma]</i>

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
Mineral de la Reforma, Hidalgo a 28 de julio de 2010

[Firma]

Biol. Ulises Iturbe Acosta
Coordinador Adjunto de la Licenciatura en Biología

DEDICATORIA

*A esos dos seres de luz que me han dado su cariño, amor, apoyo y confianza, a ellos que solo han tenido palabras de aliento para mí, y que siempre me han ayudado cuando más lo necesitó. Este logro es suyo porque sin ustedes nunca lo hubiera podido alcanzar, **PAPAS**.*

*A una persona que siempre estuvo ahí escuchándome, riendo y sufriendo conmigo, aquella con la que comparto sueños y metas, a ella que con su cariño me ha ayudado a ser mejor persona, gracias por todo **HERMANA**.*

*A dos personas que me han dado su cariño y confianza a ellos que siempre están conmigo cuando los necesitó y que han tenido para mí solo buenos deseos, **PADRINOS (JORGE Y TERE)**.*

*A ese animalito tierno que me ha dado alegrías y siempre ha estado conmigo **CHUSESIN**.*

AGRADECIMIENTOS

A mis papás por su apoyo y cariño, por haber hecho de mí una mejor persona y profesionalista, por haberme ayudado, (mucho) en la recolección de datos, por su confianza, su amor y cariño que depositan día a día en mí, gracias por todo.

A mi Hermana por siempre estar conmigo, por su tiempo y sus palabras de aliento gracias por todo por siempre creer en mí.

A mis amig@s (lidia, ale, dian, vero, alma, viole, ilse, nata, yaz, ana, cachito, fer, Martin, froy, alan y carlos,) que sin importar el orden siempre me apoyaron en cada momento de mi vida y que muchos de ellos si no todos aportaron un granito de arena a formarme como persona, gracias por las risas, las ilusiones y los sueños compartidos.

Al M. en C. René Bernardo Elías Cabrera Cruz por su confianza y su apoyo en la elaboración de este trabajo, por la paciencia que me tuvo y que fue grande, porque nunca me exigió más de lo que podía dar, pero sobre todo gracias por sus palabras de aliento y motivación para la culminación de este trabajo, porque un profesor es el que te enseña, pero un maestro es del que aprendes, gracias por transmitirme sus conocimientos.

Al Doctor Alberto José Gordillo Martínez, Doctor Scott Monkš Sheets, Doctora Griselda Pulido Flores, M. en C. Miguel Ángel Villavicencio Nieto, M. en C. Leticia Romero Bautista y al Dr. Juan Carlos Gaytán Oyarzún por sus valiosos comentarios, sus palabras de aliento que me instan a seguir adelante en mi desarrollo profesional haciéndome crecer como persona, pero sobretodo como profesionalista, además de sus aportaciones al trabajo permitió su enriquecimiento

A la Doctora Elena María Sánchez Otazo por su apoyo en la realización de este trabajo, sus palabras de aliento y la confianza depositada.

ÍNDICE

	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Resumen	1
2	Introducción	3
3	Antecedentes	6
3.1	Contaminación al aire	7
3.2	Contaminación al agua	8
3.3	Contaminación al suelo	9
3.4	Situación ambiental en Hidalgo	10
3.5	Situación ambiental en la Comarca Minera – Barranca de Metztitlán	12
4	Objetivos	15
4.1	Objetivo general	15
4.4	Objetivos particulares	15
5	Justificación	17
6	Metodología	19
6.1	Conformación del grupo de trabajo	19
6.2	Definición del área de estudio	20
6.4	Ubicación geográfica	21
6.4	Recolección de datos	22
6.5	Cálculos	23
6.6	Valoración de la calidad ambiental	27
7	Resultados	29
7.1	Inventario ambiental	29
7.1.1	Medio físico inerte	29
7.1.1.1	Geología	29
7.1.1.2	Hidrología	30
7.1.1.3	Climatología	32
7.2	Medio físico biótico	33
7.2.1	Zona ecológica	33
7.2.2	Tipo de vegetación	34
7.2.3	Ecosistemas en México	36
7.2.4	Tipos de ecorregiones	36
7.2.5	Regiones prioritarias para la conservación	37
7.2.5.1	Regiones Terrestres prioritarias	37
7.2.5.2	Regiones Hidrológicas prioritarias	38
7.2.5.3	Área de importancia para la conservación de las aves (AICAS)	39
7.2.6	Áreas Naturales Protegidas	40
7.2.7	Áreas Naturales Protegidas Estatales y Municipales	42
7.2.8	Riqueza Biológica	43
7.2.8.1	Especies consideradas en estado crítico	52

	DESCRIPCIÓN	PÁG.
7.3	Medio socioeconómico	54
7.3.1	Población	54
7.3.2	Clasificación y uso de suelo	54
7.3.3	Actividad económica	55
7.3.4	Vías de comunicación	56
7,4	Resultados de aportes de contaminación	58
7.4.1.	Contaminación al aire	61
7.4.1.1	Emisiones al aire de fuentes móviles	61
7.4.1.2	Emisión al aire de fuentes industriales	67
7.4.2	Contaminación al agua	74
7.4.2.1	Efluentes domésticos	74
7.4.2.2	Efluentes industriales	78
7.4.3	Contaminación al suelo	86
7.4.3.1	Emisiones al suelo provenientes de los residuos sólidos urbanos	86
7.4.3.2	Emisiones al suelo provenientes del sector industrial	88
8	Calidad ambiental	93
8.1	Determinación de la calidad del aire	93
8.2	Determinación calidad del agua	95
8.3	Determinación de la calidad del suelo.	100
8.3.1	Calidad para residuos sólidos industriales	102
8.4	Calidad biológica	102
9	Conclusiones	105
10	Referencias	109

ANEXOS

No DE ANEXO	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Lista de industrias importantes con códigos de clasificación de la organización de las naciones unidas	116
2	Lista de abreviaturas	118
3	Formato de la encuesta aplicada al departamento de limpiezas de cada municipio	119
4	Formato de la encuesta realizada a los encargados del rastro municipal	119
5	Formato de encuesta realizada a las fuentes industriales	119

ÍNDICE DE TABLAS

No DE TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
I	Zona de Estudio	20
II	Características geográficas de los municipios	22
III	Divisiones de la actividad manufacturera	23
IV	Forma esquemática de presentar los resultados globales del inventario de emisores y emisiones.	25
V	Clasificación de las fuentes de contaminación atmosférica (Algunos ejemplos).	25
VI	Tipo de trabajo para el cálculo de cargas de desechos sólidos industriales.	26
VII	Organismos de cuenca en el Estado de Hidalgo	31
VIII	Principales tipos de clima y porcentaje estatal	32
IX	Flora presente en la zona de estudio por municipio	46
X	Diversidad biológica de Aves, Mamíferos, Reptiles y Coleópteros en la zona de estudio	49
XI	Número de habitantes y superficie en la zona de estudio	54
XII	Principales cultivos en cada municipio y superficie sembrada en la zona de estudio	56
XIII	Longitud de la red carretera por tipo de camino	57
XIV	Clave y Nombre de los Municipios de la zona de Estudio	58
XV	Número de industrias presentes por Municipio	58
XVI	Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina por municipio, por región y tipo de contaminante	62
XVII	Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de diesel por municipio y tipo de contaminante	63
XVIII	Número de industrias por giro y por Municipio	67
XIX	Contaminación por sector y por Municipio	69
XX	Emisiones totales (ton/año) por fuente y por municipio	71
XXI	Población que cuenta con servicio de drenaje	74
XXII	Cantidad de contaminantes provenientes de efluentes domésticos	75
XXIII	Número de industrias presentes por municipio	78
XXIV	Cargas de contaminantes por sector y municipio	79
XXV	Cantidad de contaminantes por sector y por parámetro	81
XXVI	Cantidad de contaminantes por municipio y por fuente	82
XXVII	Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) por municipio y por Región	86
XXVIII	Manejo de los RSU de acuerdo a cada presidencia municipal	87
XXIX	Cantidad (ton/año) de contaminantes por sector industrial	89
XXX	Total de emisiones por municipio y por región	90

No DE TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
XXXI	Indicador por Habitante y Extensión	93
XXXII	Comparación de los municipios de la zona de estudio con otros donde se ha aplicado la técnica	94
XXXIII	Escala de Referencia	95
XXIV	Total de contaminación por efluentes de tipo industrial y doméstico	96
XXXV	Características específicas que deben cumplir los sitios de disposición final	100
XXXVI	Tipos de sitios de disposición final	101
XXXVII	Características de un relleno sanitario	101
XXXVIII	Índices Biológicos por municipio	103

ÍNDICE DE FIGURAS

No DE FIG.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
	Ubicación de los municipios que integran la zona de estudio Comarca	
1	Minera – Barranca de Metztitlán	21
2	Geología del Estado de Hidalgo	29
3	Cuencas prevalentes en Hidalgo; los puntos rojos indican las estaciones meteorológicas por cuenca	31
4	Climas predominantes en el Estado de Hidalgo.	33
5	Tipo de Vegetación en México	34
6	Climas presentes en el Estado de Hidalgo	35
7	Ecorregiones presentes en México y en el Estado de Hidalgo	37
8	Mapa de Regiones Terrestres prioritarias para la conservación en México	38
9	Zonas Hidrológicas Prioritarias	39
10	Mapa de áreas de importancia para la conservación de aves	40
11	Áreas naturales protegidas en el Estado de Hidalgo	43
12	Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001 en la Región de la Comarca Minera	52
13	Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001 en la Región de la Comarca Minera Barranca de Metztitlán	53
14	Mapa de uso potencial de suelo.	55
15	Vías de comunicación del Estado de Hidalgo	57
16	Geo-referenciación de las fuentes industriales en la zona de estudio	59
17	Emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a gasolina por municipio (ton/año)	64
18	Emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a diesel por municipio (ton/año)	64
19	Contaminantes emitidos al aire en el área de estudio, por parámetro de contaminación (ton/año) por fuentes móviles con motor de gasolina y diesel.	65

No DE FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
20	Porcentaje de las emisiones de contaminación por parámetro de contaminante	65
21	Porcentaje de las emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a gasolina, por municipio.	65
22	Porcentaje de las emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a diesel, por municipio.	65
23	Porcentaje de las emisiones de contaminación por parámetro de contaminante para el aeropuerto	66
24	Geo-referenciación de fuentes industriales para el medio aire	68
25	Cantidad de contaminantes (ton/año) por municipio	69
26	Contaminantes (ton/año) por sector industrial y por municipio	69
27	Cantidad de contaminantes (ton/año) por parámetro	70
28	Porcentaje de contaminantes por Municipio (totales)	71
29	Camión contaminante en el municipio de Zacualtipán	72
30	Camión contaminante en el municipio de Mineral de la Reforma	72
31	Torre de enfriamiento en el municipio de Pachuca	72
32	Quema de Basura, heces y hierba en el municipio de Metztlán	72
33	Smog en el municipio de Pachuca	72
34	Quema de Basura en el municipio de Huasca de Ocampo	72
35	Volumen de desecho de efluentes domesticas ($10^3\text{m}^3/\text{año}$) por municipio	76
36	Porcentaje de volumen de desecho de efluentes domesticas ($10^3\text{m}^3/\text{año}$) por municipio	76
37	Cantidad de contaminantes emitidos por efluentes domésticos por municipio (ton/año)	76
38	Porcentaje de contaminantes emitidos por efluentes domésticos por municipio (ton/año)	76
39	Cantidad de contaminantes emitidos por efluentes domésticos de acuerdo a su tipo (ton/año)	77
40	Porcentaje de emisiones por efluentes domésticos de acuerdo a su tipo (ton/año)	77
41	Fuentes industriales en agua en la zona de estudio	79
42	Cantidad de contaminante por municipio (ton/año)	80
43	Porcentaje de contaminante por municipio (ton/año)	80
44	Cantidad de contaminante por sector industrial (ton/año)	80
45	Porcentaje de contaminante por sector industrial (ton/año)	80
46	Cantidad de contaminantes emitidos, de acuerdo a su tipo (ton/año)	81
47	Porcentaje de contaminantes emitidos, de acuerdo a su tipo	81
48	Cantidad de contaminante por municipio (ton/año)	83
49	Agua contaminada en el municipio de Metztlán	84
50	Río contaminado en el municipio de Mineral del Chico	84

No DE FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
51	Agua contaminada en el municipio de Zacualtipán	84
52	Agua contaminada en le municipio de San Agustín Metzquititlán	84
53	Agua espumosa en Zacualtipán	84
54	Descarga de aguas doméstica en el municipio de Mineral de la Reforma	84
55	Cantidad de contaminante por región (ton/año)	87
56	Cantidad de contaminante por municipio (ton/año)	88
57	Cantidad de contaminante por municipio (ton/año)	88
58	Fuentes emisoras al suelo presentes en la zona de estudio	89
59	Cantidad de contaminantes (ton/año) de RSU y de Residuos industriales	90
60	Basurero ilegal del Municipio de Zacualtipán	91
61	Contenedores de basura en el municipio de Metztitlán	91
62	Camión recolector de basura en el municipio de Pachuca	91
63	Rastro municipal del municipio de Zacualtipan	91
64	Basurero del Municipio de San Agustín Metzquititlán	91
65	Membrana de lixiviados del basurero del “Huixmi” perteneciente al municipio de Pachuca	91
66	Comparación de la zona de estudio con otros municipios donde ha sido aplicada la técnica ERFCA	94
67	Porcentajes de las emisiones del área de estudio con respecto a los municipios donde se ha aplicado ERFCA	94
68	Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	97
69	Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Demanda Química DQO	97
70	Parámetro evaluado en la calidad del agua Total Sólidos Suspendido (SS)	98
71	Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Nitrógeno	98
72	Parámetro evaluado en la calidad del agua Total Fosforo	99
73	Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Grasas y Aceite	99

1.- RESUMEN

La problemática ambiental que sufre Hidalgo hace necesaria la elaboración de inventarios de contaminación cuya finalidad es conocer el estado actual el entorno. En este trabajo se realizó un inventario de la contaminación emitida en la Región Comarca Minera – Barranca de Metztitlán, identificando las fuentes y calculando sus emisiones por medio de la aplicación de la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA), dicha técnica permite evaluar y estimar de manera rápida y económica las principales fuentes y tipos de contaminación del sector industrial y doméstico para aire, agua y suelo. Se han detectado 607 fuentes contaminantes por sector industrial, de las cuales el sector agropecuario presenta 561. Para aire, las emisiones se estimaron en 112,961 ton/año de las cuales las fuentes industriales aportaron 9,253 ton/año y las fuentes móviles a gasolina 79,783 ton/año, mientras que a diésel 23,925 ton/año en cuanto a la Región de la Comarca Minera se emite 85,340 ton/año y la Barranca de Metztitlán con 27,621 ton/año. Para el medio agua se estimó la contaminación a los cuerpos de agua en 213,901 ton/año de las cuales el sector agropecuario emite 169,359 ton/año, mientras que las industrias emiten 6,028 ton/año y los efluentes doméstico 38,515 ton/año; para el caso de la Comarca Minera se emitió un total de 126185 ton/año de las cuales lo agropecuario se estimó en 89,072 ton/año, lo industrial en 5,921 ton/año y lo doméstico en 31,192 ton/año, para la Barranca de Metztitlán el sector agropecuario es el de mayor importancia con un estimado de contaminación de 80,287 ton/año, seguido de los efluentes domésticos con 7,323 ton/año y de lo industrial con 107 ton/año. Para el suelo se estimó la contaminación total en 328,547 ton/año de las cuales las fuentes industriales aportaron 183,259 ton/año y los Residuos sólidos Urbanos con 145,179 ton/año, para el caso de la Región Comarca Minera la contaminación total fue de 310,483 ton/año de las cuales lo industrial fue de 183,259 y los Residuos Sólidos Urbanos con 127,224 ton/año, para la Barranca de Metztitlán la contaminación total fue de 18,064 ton/año de las cuales lo industrial aportaron 109 ton/año y los residuos sólidos urbanos 17,955 ton/año.

INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar la calidad ambiental en las Regiones de la Comarca Minera y de la Barranca de Metztitlán, mediante la elaboración de un inventario de contaminación a medio aire, agua y suelo, así como de las fuentes domésticas e industriales. La zona de estudio comprende los municipios de Pachuca, Mineral de la Reforma, Mineral del Chico, Mineral del Monte y Omitlán de Juárez para el caso de la Comarca Minera y de Huasca de Ocampo, Atotonilco el Grande, San Agustín Metzquitlán, Metztitlán y Zacualtipán de los Ángeles para la Barranca de Metztitlán.

En una primera parte se habla de la problemática ambiental a nivel nacional, estatal y regional, puntualizando los principales problemas de contaminación como el aumento demográfico, la erosión y los desechos urbanos por citar algunos. El trabajo tuvo como objetivo la realización de un inventario de las principales fuentes de contaminación y una estimación de sus emisiones contaminantes en el área de estudio, a través del empleo de los parámetros de contaminación contenidos en la técnica ERFCA para evaluar la calidad ambiental en base a la legislación mexicana. La importancia de dicho estudio radica en ser el primero en su tipo para la región de la Barranca de Metztitlán, cuyo valor biológico se centra en la Reserva de la Biosfera, haciendo de este estudio una fuente de conocimiento para la situación ambiental de dicha región, por su parte, la región de la Comarca Minera al contar con estudios anteriores de este tipo permitirá conocer la situación actual del medio ambiente, así como conocer la principal problemática para dicha región.

La realización de este trabajo se llevó a cabo mediante la utilización de la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA). Dicha técnica permite evaluar y estimar de manera rápida, sencilla y económica las fuentes de contaminación, así como destacar los parámetros más importantes. Dentro de los resultados se presenta la ubicación geográfica de la zona de estudio, así como de las características climáticas, hidrológicas, geológicas, y presencia biótica en la zona ya que por un lado se cuenta con el primer parque nacional, mientras que del lado de la Región de Metztitlán se encuentra presente la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, y que juntos comprende una alta riqueza biológica y de importancia para dicho estudio. También se destacaron aspectos referentes sobre la población, servicios y actividades económicas desarrolladas, lo cual constituye un inventario ambiental.

En cuanto a los resultados se muestran los principales aportes de contaminantes para cada medio (aire, agua y suelo), para el caso del medio aire se tomó en cuenta las fuentes móviles y las industriales, mientras que para el medio agua fueron los efluentes domésticos que estuvieron dados por la población que tenía servicio de drenaje y la que no contaba con este servicio y los efluentes industriales, finalmente el medio suelo estuvo dado por los residuos sólidos urbanos y los residuos industriales. Se pudo observar la Región más contaminada, así como el municipio que mayores emisiones arrojaba por medio, y el parámetro más destacado por medio.

Detectados los aportes de contaminantes se procedió a la determinación de la calidad ambiental para los medios agua y suelo basándose para esto en lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, detectando así la importancia de cada parámetro y su afectación para cada medio. Para el caso del medio aire, esta determinación no se pudo llevar a cabo ya que la NOM lo da en mg/m^3 y los resultados que otorga la técnica ERFCA son en $\text{ton}/\text{año}$, para agua se analizaron los resultados con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 y en el suelo se realizó mediante el análisis del servicio de recolección de basura, así como los sitios de disposición final de los residuos generados y con la NOM-083-SEMARNAT-2003. De igual forma se determinó la calidad de la riqueza biológica mediante el número de especies reportadas para la región, de las que se encuentran en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la relación entre el total de las especies de vida silvestre reportadas y de vida silvestre protegida con la extensión de la zona de estudio

Finalmente se identificó la mayor problemática por Región detectada para cada medio (aire, agua y suelo), así como los municipios que mayores aportes emiten y el parámetro más sobresaliente, en donde la Región de la Comarca Minera es la más contaminada y Pachuca de Soto el municipio que más contamina. Por medio se detectó que el suelo es el más contaminado seguido del medio agua y el aire respectivamente, en cuanto a los parámetros se refiere se observa que los Residuos Peligrosos son el principal problema, seguido de los Sólidos Suspendidos para el caso del agua y del Monóxido de Carbono para el aire.

ANTECEDENTES

3. ANTECEDENTES

La contaminación es hoy en día es un factor determinante para establecer la relación que hay entre el medio ambiente y la sociedad. En el mundo uno de los problemas más graves que existen son el uso irracional de los Recursos Naturales, siendo los más destacados los recursos renovables que todavía son la fuente de supervivencia de casi una tercera parte de la población; por esa razón, el deterioro del medio ambiente reduce directamente el nivel de vida y las perspectivas de mejoramiento económico de las poblaciones rurales además de la repercusión sobre medios como el aire, agua y suelo y resultan en un desequilibrio ambiental con efectos desfavorables para el hombre, la flora y fauna, y que conllevaría a una inminente desaparición de especies que afectaría a todo el globo terráqueo. Muestra de ello sería el hoy comentado tema sobre el cambio climático, provocado por la falta de cultura ambiental hacia el ambiente (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1999).

Según Hernández Muñoz *et al* (2006) la contaminación del agua, la contaminación del aire y la eliminación indiscriminada de desechos, residuos urbanos e industriales provocan grandes impactos, generando efecto negativos directos e indirectos sobre y el medio ambiente. La contaminación debido a la actividad humana, a la actividad de la industria, a la actividad agrícola, con el uso indiscriminado de productos químicos, de pesticidas de insecticidas, de herbicidas, a la actividad ganadera, nos hace temer o al menos generarnos una preocupación intensa y constante sobre los efectos relativos de la modificación de la calidad del entorno.

El origen de la contaminación es muy variado, pero se pueden citar como causantes a los desechos urbanos e industriales, los drenados de la agricultura y de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas, los efluentes de plantas depuradoras, los subproductos de los procesos de depuración, la ruptura de drenaje y el lavado de la atmósfera, entre otros. El problema del agua es complejo; para poder hacer uso de ella se requiere que tenga la calidad adecuada y exista en cantidad disponible de agua, tomando en cuenta su calidad, se utilizan índices de calidad de agua (Jiménez, 2001).

La evaluación del impacto ambiental está dirigida a efectuar análisis detallados de diversos proyectos de desarrollo y del sitio donde se pretenden realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos ambientales que puede ocasionar su ejecución. De esta manera es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto (análisis costo-beneficio ambiental) y, en su caso, determinar las condiciones para su ejecución y las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales que será necesario tomar para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente (SEMARNAT, 2000).

La alta densidad demográfica ha hecho que todo el mundo, incluido México, se vea afectado en cuanto a la baja de sus recursos renovables, principalmente bosques, suelo y agua y en la alza de contaminación, la falta de planeación y manejo así como el desconocimiento del valor económico pero sobre todo ecológico de los ecosistemas ha provocado grandes problemas de contaminación llevando a la pérdida de valiosos recursos en el mundo, esta situación ha determinado la necesidad de incorporar la variable ambiental y los criterios ecológicos orientadas estas a la planificación y el desarrollo sustentable de las actividades

humanas, con el fin de que tanto la conservación como el aprovechamiento de los recursos naturales sean compatibles.

3.1 CONTAMINACIÓN AL AIRE

Desde sus orígenes el ser humano ha emitido contaminantes al aire, pero esto se incrementó de manera dramática a partir de la Revolución Industrial iniciando en el Reino Unido a finales del siglo XVIII. En esta época el trabajo manual fue reemplazado por maquinaria, o por la introducción de tecnologías que empleaban el vapor y que hacían posible tener altos niveles de producción. Además de los beneficios de la Revolución Industrial también se incrementó el uso de combustibles, tal como el carbón mineral y el petróleo, indispensables para el funcionamiento de la nueva maquinaria, y que al consumirse emitían grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera (Warner, 2001).

Desde entonces el problema de la contaminación del aire se ha convertido en una constante en muchas ciudades industriales de todo el mundo, lo que ha causado problemas de salud a la población. Los casos más dramáticos y graves son la famosa niebla tóxica londinense en 1952, y el deterioro de los bosques europeos por la “lluvia ácida” en los años cincuenta y setenta del siglo XX, y la grave situación de la calidad del aire en la Ciudad de México, Tokio y Sao Paulo durante las últimas décadas. Esto ha obligado a tomar conciencia de la importancia de una atmósfera limpia para el bienestar de la población y del medio ambiente (Parker, 2001).

En México, al igual que en otros países, se han desarrollado inventarios de emisiones que proporcionan información sobre la cantidad de contaminantes que se liberan al aire. A principios del 2006, solo se contaba con inventarios para algunas ciudades como lo eran zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey y Valle de Toluca; así como Ciudad Juárez, Mexicali, Tijuana-Rosarito, Salamanca, y el corredor industrial El Bajío. Actualmente se cuenta con un inventario de emisiones a nivel nacional, que contiene información sobre la cantidad de contaminantes que se generan por fuente emisora y por entidad federativa (GEO, 2004).

Debido al crecimiento industrial, los índices de contaminación del aire, han aumentado en los últimos años, produciendo efectos nocivos en la salud de los habitantes del país, daños en sus bienes y trastornos al sistema ecológico en general. Este aumento en los índices de contaminación se debe a las emisiones producidas por plantas industriales, comerciales y de servicios (fuentes fijas) y vehículos en general (fuentes móviles), así como tolveras, erosiones (Programa Nacional de Capacitación Ambiental, 1998).

El objetivo de los inventarios de emisiones contaminantes de aire es ver la calidad del aire, definida está según Quadri y Sánchez (1994) como la cantidad de combustibles consumidos (quemados) en una zona determinada, por su calidad, por las tecnologías de combustión y control de emisiones empleadas, por el arrastre de polvos desde zonas desecadas o desprovistas de vegetación, por las condiciones meteorológicas que determinan la dispersión de los contaminantes, y por la fisicoquímica atmosférica que define los procesos y

productos de interacción entre diferentes contaminantes. Los estudios realizados en cuanto a la contaminación atmosférica más relevantes son lo que se han hecho en torno a la ciudad de México, esto debido a que es la segunda ciudad más poblada del mundo – con cerca de 18 millones de habitantes - lo que la hace ser más sensible a una infinidad de contaminantes como es el caso de la contaminación del aire ya que según Gutiérrez (2000) la ciudad de México ocupa los primeros lugares en muchos de los parámetros a medir en cuanto a la calidad del aire por ejemplo en la concentración anual de NO₂ en ciudades que cuenta con más de 9 millones de personas, seguida la ciudad de México de urbes como Beijing, Sao Paulo y Nueva York.

3.2 CONTAMINACIÓN AL AGUA

La contaminación del agua es la adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad. La calidad del agua puede definirse como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es, para poder ser bebida por el hombre y los animales, para soporte de una vida marina sana, para riego de la tierra y para recreación. La materia extraña contaminante podrá ser o materia inerte, como la de los compuestos de plomo o mercurio, o materia viva, como la de los microorganismos. El efecto más perjudicial del agua contaminada para el hombre ha sido ciertamente el de la transmisión de enfermedades, como la fiebre tifoidea, en el Hemisferio Occidental, y el cólera, en el Hemisferio Oriental. Y algunas otras transmitidas al hombre por microorganismos del agua del agua son la disentería, la hepatitis infecciosa y la gastroenteritis (Turk *et al.*, 2004).

De acuerdo con la definición de contaminante, se considera que se genera contaminación en el agua por la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos mensurables en la flora, la fauna (incluido el humano) o en los materiales de utilidad u ornamentales (Turk *et al.*, 1973). En general se considera como “contaminante” al exceso de materia o energía (calor) que provoqué daño a los humanos, animales, plantas y bienes, que perturbé negativamente las actividades que normalmente se desarrollan cerca o dentro del agua. A pesar de la dificultad para definir la contaminación, es claro que ésta provoca el abatimiento o muerte de la flora y fauna, impide el uso del agua en industrias o ciudades y deteriora el medio, e incluso, el paisaje (Jiménez, 2001).

El problema de la contaminación es múltiple y se presenta en formas muy diversas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever. Pero las principales consecuencias biológicas de las contaminaciones derivan de sus efectos ecológicos (Vizcaíno, 1975).

La mayor parte de la contaminación se origina en los usos urbano, industrial y agrícola, sin dejar de lado el impacto de la contaminación natural del agua, que afecta principalmente a las aguas subterráneas próximas a las costas debido a la intrusión salina, la cual normalmente es provocada por la extracción excesiva de agua para consumo humano. Hay dos tipos de contaminación: la puntual y la difusa o dispersa. La primera puede ser controlada mediante acciones específicas; la segunda, se produce en general a lo largo de extensas superficies

hacia los acuíferos o por los márgenes de los ríos y laderas de los embalses. Al no haber un punto de concentración es muy difícil su identificación y control (CEDMA, 2006) El desperdicio y la contaminación han causado que en 50 años el país disponga de menos de la mitad del agua y que México sea catalogado como un país con disponibilidad promedio baja.

En México no ha sido definida una lista de contaminantes convencionales o tóxicos prioritarios; sin embargo, con el objeto de que cuente con una lista de sustancias tóxicas de atención prioritaria en sus cuerpos de agua, el instituto de ingeniería de la UNAM, a partir de un estudio bibliográfico, propuso un total de 52 sustancias, de las cuales el 77 % corresponde a plaguicidas y el 23% corresponde a origen industrial (Arévila *et al.*, 1997).

3.3 CONTAMINACIÓN AL SUELO

Los Residuos sólidos domésticos, junto con los comerciales, institucionales, los no tóxicos industriales y los que se recolectan en las vías públicas, ascienden en los países hasta 90% del total de los desperdicios urbanos. En 1992 se produjeron 720 mil millones de toneladas de basura en el mundo; de las cuales, 440 mil millones corresponden a países industrializados y 280 mil millones a los países en desarrollo (Aguilar, 1999).

La contaminación del suelo ocasiona también impactos negativos en la calidad del medio ambiente, en la salud de la población, la obtención de productos agrícolas insalubres, el aumento de la inestabilidad y reducción del valor del suelo, cambio en el tipo de aprovechamiento del suelo y la pérdida de condiciones naturales para su máximo aprovechamiento. El aumento continuo de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos, el desarrollo industrial y agrícola ocasionan, día a día, la contaminación de los suelos, que radica en la presencia de sustancias (basura, fertilizantes, hidrocarburos, pesticidas...) extrañas de origen humano en él.

La degradación del suelo es toda modificación que conduzca al deterioro del suelo, es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir cuantitativa y cualitativamente bienes y servicios (FAO-UNESCO). En México se han elaborado diferentes cálculos sobre la generación de desperdicios sólidos y se tienen diagnósticos por zona, aunque todavía no se tiene completo el inventario a nacional. Sin embargo, se estima que en 1992 se generaron 83 588 toneladas diarias de residuos sólidos, aproximadamente de las cuales 82% provenían de zonas urbanas y 18% de zonas rurales (Aguilar, 1999).

Con los datos de la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, Subsecretaría de Desarrollo Urbano, Secretaría de Desarrollo Social, 1995, se calcula que la generación de desperdicios sólidos en las ciudades tiene un promedio de 0.899 kg/hab./día. (Aguilar, 1999) En México se inicia a partir de la década de 1970 la instalación de sistemas de tratamiento de residuos sólidos, principalmente de plantas de composteo, reciclaje y tritura; sin embargo, en la mayoría de los casos se fracasa por no lograr el autofinanciamiento que se requería (Aguilar, 1999).

En muchas regiones de México aún se acostumbra quemar los desperdicios en los patios traseros de las casas. También en los tiraderos se queman los residuos para que el trabajo de la pepena sea menos difícil, pero con esto se produce una severa contaminación porque algunos plásticos contienen diversos derivados del cloro o clorinas que, al quemarse, emiten dioxinas, furanos y ácido clorhídrico. Estas moléculas son altamente tóxicas y están relacionadas con el debilitamiento del sistema inmunológico, afectando el desarrollo fetal y causando problemas de piel. Entre las numerosas emisiones tóxicas, una de las principales es la del bióxido de carbono. La emisión de este gas es una de las causas principales del gran problema ambiental que estamos padeciendo: el efecto invernadero o calentamiento de la atmósfera, con su consecuente alteración de los climas. Además, existe en el aire cada vez mayor cantidad de partículas de materia fecal asociadas no sólo al problema de defecación al aire libre o la existencia de fauna doméstica en las zonas urbanas, sino al aumento de los pañales desechables en los tiraderos, incrementando las enfermedades respiratorias y digestivas (Aguilar, 1999).

3.4 SITUACIÓN AMBIENTAL EN HIDALGO

En el estado de Hidalgo las diversas características socioeconómicas, indicadoras de bienestar y progreso, permiten identificar las localidades que funcionan como núcleos de desarrollo o como centros rectores en diversas actividades entre los que se encuentra Pachuca ciudad capital de la entidad, que tiene una gran tradición histórica, su nombre proviene (según Peñafiel) del verbo náhuatl pachoa “gobernar”, por lo que significa “en el lugar del gobierno”. Pachuca cuenta con cerca de 275,578 habitantes según lo reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el censo del 2005. El INEGI en su Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo menciona a Pachuca la bella airosa como una de las zonas mineras e industriales más relevantes en la región hidalguense, ya que junto con Zimapán produce grandes cantidades de plata y oro, además que junto con el Real del Monte forman el distrito minero Pachuca-Real del Monte y que dentro de este se encuentran yacimientos de plomo, cobre y zinc. Cuenta también con industria pesada – fabricación de barras de plata- y mediana, la cual ha tenido un extraordinario desarrollo.

Hidalgo es un estado con poca disposición de agua es por ello que se ha optado por el rechazo de este recurso. La región del Valle del Mezquital y el distrito de riego de Tulancingo, Hidalgo, usan agua residual sin tratamiento alguno para riego agrícola. Y la termoeléctrica de Tula, cuenta con una planta que trata de 850 a 1,300 l/s de agua residual del Gran Canal y la emplea en enfriamiento (Jiménez-Cisneros, 2001).

La contaminación del agua es muy alta debido a las zonas densamente pobladas y altamente industrializadas por las que pasan los ríos. A esto se añaden, en el Valle del Mezquital, los problemas de contaminación debidos a las aguas residuales provenientes del Distrito Federal que contienen, esencialmente, detergentes y compuestos nitrogenados.

En cuanto a las aguas subterráneas, las zonas más importantes son Tepeji de Ocampo, Valle del Mezquital (Ixmiquilpan, Actopan) Tulancingo, Tecozautla, Pachuca, Tizayuca y Apan,

particularmente los acuíferos del Valle del Mezquital. Allí, además, hay problemas de contaminación por infiltración de las aguas residuales utilizadas en la agricultura. En la zona de Tula la extracción de aguas subterráneas ha incrementado por la industrialización (refinería de petróleo, planta termoeléctrica). Los acuíferos de los valles de Apan y Tulancingo forman parte de la cuenca de México y son explotados principalmente con fines agrícolas. Existen, además, en Hidalgo, varios manantiales de aguas termales. En Hidalgo se aprovecha el 78.2% de la capacidad útil de agua que fluye en los distritos de riego del Valle de México, de los cuales 99% se concentran en el Mezquital. De las 20 presas existentes en el Valle de México 8 se encuentran en Hidalgo, 7 de las cuales están conectadas al sistema de riego del Valle del Mezquital (CONAGUA, 2008).

En cuanto a la calidad de agua subterránea, la actividad agrícola de riego desde hace varias décadas al sur de las ciudades de Pachuca y Tizayuca, más el excedente de aguas de la Compañía Real del Monte Y Pachuca, y la aplicación de fertilizantes químicos, están propiciando sensibles cambios en la composición química de la misma, tal y como lo demuestra el aumento de conductividad y los sólidos en las zonas de Téllez y Tizayuca, lo que traerá a corto plazo la alteración de la calidad natural de esta. El proceso de deterioro de los suelos es una de las principales amenazas para el desarrollo de Hidalgo, al influir en los procesos productivos y socioeconómicos del medio rural, ya que su regeneración se realiza a un ritmo muy lento, que tarda cientos de años, e incluso miles de años

Siendo Hidalgo una de las mayores entidades federativas con mayor diversidad de regiones naturales, la problemática que atañe a sus suelos no puede clasificarse de simple, debiendo iniciarse una política de conservación a partir del reconocimiento preciso de su situación actual, ya que es una realidad tanto el deterioro, como la ausencia de información detallada y actualizada de este fenómeno en el estado (CONAGUA 2008). En Hidalgo, durante los últimos cinco años, no se tienen áreas significativas de cambio de uso del suelo autorizado; sin embargo, en las regiones Sierra Gorda, Huasteca y Otomí-Tepehua, se presentan fuertes cambios de uso de suelo para agricultura de subsistencia. Situación similar se presenta en el Valle del Mezquital, donde los cambios de uso desuelo van encaminados a una ganadería extensiva y de autoconsumo. De esta manera, se estima que se pierden anualmente alrededor de 1,500 hectáreas de vegetación forestal

En Hidalgo son poco los inventarios de contaminación siendo los últimos los publicados en el 2004, recientemente se han realizado estudios acerca de la calidad ambiental como los realizados con helmintos como bioindicadores en dos lagos de Hidalgo (García Alemán *et al* 2008) además de estudios realizados en el Lago de Tecocomulco en donde se evalúa la calidad ambiental (Pulido *et al.*, 2005), así como la evaluación de metales en el sedimentos del lago de Tecocomulco (Romo *et al*, 2009) y la determinación de la calidad del agua en la laguna (Delgadillo *et al*, 2009). Existen además estudios que destacan por relacionar la ganadería y/o agricultura con la calidad del suelo, siendo esta última la estudiada en los municipios de Apan, Almoloya y Emiliano Zapata en donde se hizo la caracterización del cultivo de cebada maltera (*Hordeum sativum jess*) y la relación con la calidad del suelo (Prieto *et al*, 2009)

Así como estudios de contaminación por metales y metaloides en aguas subterráneas como es el caso reportado para el municipio de Zimapán (Armienta, Rodríguez, 2005), dentro de este mismo municipio se encuentran artículos reportados en cuando al daño toxicológico y teratogénico que provoca el arsénico (Prieto *et al*, 2007) dicho estudio entabla la relación y los posibles daños que provoca el arsénico en las branquias de peces cebra (*Danio rerio*) de igual forma se encuentran estudios de índices de calidad ambiental en la cuenca del río Amajac (Álvarez *et al*, 2006), en donde predicen el grado de contaminación así como el establecer estrategias de planeación en el manejo del recurso hídrico. También se han realizado estudios en donde se establecen los límites permisibles de acumulación de cadmio, níquel y plomo en suelos del Valle de Mezquital, Hidalgo (Vázquez-Alracón *et al*, 2005).

De igual forma se encuentran estudios relacionados a suelos ácidos, como es el caso del municipio de Acaxochitlán en donde se realizó un estudio de propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos ácidos (Cruz-Chávez *et al*, 2009), así mismo se encuentran estudios en donde la temática principal es la salud relacionada con la contaminación ambiental, en específico por metales tóxicos, en una población de Xochitlán municipio de Tula de Allende (Monroy *et al*, 2009).

3.5 SITUACIÓN AMBIENTAL EN LA COMARCA MINERA – BARRANCA DE METZTITLÁN

El estado de Hidalgo cuenta con 10 regiones geográficas que son muy diferentes en sus características físicas y biológicas. Las regiones presentes son la Huasteca Hidalguense, Sierra Gorda, Sierra Alta, Sierra Baja, Sierra de Tenango, Valle de Tulancingo, Comarca Minera, Altiplanicie Pulquera, Cuenca de México y Valle del Mezquital.

El estado de Hidalgo es rico en yacimientos de oro, plata, cobre, zinc y mercurio, que se envían a otras entidades de México y al extranjero, para su industrialización. En el estado las compañías mineras Real del Monte y Pachuca, S.A. y Minera Autlán son las más importantes (COREMI, 1992). La ciudad de Pachuca, Hgo., tiene jales de mina que resultaron de la acumulación de más de 200 años; el método de beneficio empleado en este distrito minero para la extracción del Au y Ag fue principalmente por amalgamación con Hg y por cianuración. Muchos habitantes de la ciudad no perciben el problema ambiental; considerando que las condiciones meteorológicas (vientos que alcanzan velocidades de 65 kph y que se presentan hasta nueve meses al año) favorecen la dispersión de partículas finas que se encuentran en la superficie de los jales (COREMI, 1992; Romero *et al*, 2008).

La Comarca Minera se encuentra en la parte centro del estado, encontrándose municipios de importancia como Pachuca, capital del estado además de Mineral de la Reforma; es en estos municipios donde se han realizado estudios previos destacando la problemática ambiental que aqueja dicha zona, el primero de ellos en donde se estimó la contaminación emitida en ambos municipios (García y Sanagustín, 1994) utilizando la técnica de Evaluación rápida de fuentes de contaminación ambiental, más tarde se realizó un “Inventario de

contaminación emitida a suelo, agua y aire en 14 municipios del Estado de Hidalgo, México”, en este estudio se determinó por municipio los parámetros así como la contaminación emitida al aire, agua y suelo; en dicho estudio destacan municipios industrializados como lo es la Región de Tula-Tepeji, Tizayuca, Tulancingo, así como los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma que son los más densamente poblados (Cabrerá *et al*, 2003), así mismo se elaboró un “Inventario de Residuos peligrosos industriales en 17 municipios del estado de Hidalgo, México”, en donde hallaron el número de fuentes emisoras siendo Tulancingo el más representativo con 84 seguido de Pachuca con 65, Tizayuca con 55 y Tepeji del Río con 24, en estos municipios es donde se concentró el 72% de las fuentes emisoras (Cabrerá *et al*, 2004).

Cabe destacar que el municipio de Pachuca perteneciente a la Región de la Comarca Minera se encuentra “rodeado” de jales en donde el impacto es a nivel local, ya que se concentran sustancias que han sido utilizadas para el tratamiento metalúrgico. Dichas sustancias que se encuentran se percolan, y asocian a elementos que pueden ser nocivos para la salud, tales como: plomo, arsénico, cadmio, níquel, antimonio entre otros que puede estar en estado soluble y por ende pueden producir contaminación del agua. Tovar, Viladevall y Yta en su estudio del “Origen de los elementos químicos contenidos en los jales de los distritos mineros de Zimapán y Pachuca-Real del Monte. Hidalgo, México” indican las diferencias en los compuestos de estos jales en lo que se refiere a los jales de Pachuca-Real del Monte se encuentra en mayor medida el manganeso, mientras que en menor contenido se encuentra el hierro, plomo, cobre y zinc.

Caso contrario ocurren en la Barranca de Metztitlán en donde la problemática ambiental ha sido poco estudiada, y donde se destacan problemas como la contaminación de cuerpos de agua, los cambios de uso de suelo, los tiraderos clandestinos y la ganadería extensiva, además del uso inadecuado de agroquímicas en cultivos agrícolas haciendo necesaria la elaboración de estudios que permitan identificar los principales problemas ambientales. Entre los estudios que más destacan se encuentra el de la determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en la laguna de Metztitlán (Lozada *et al*, 2005) en donde se determinó la concentración de algunos metales en la especie de *Cyprinus* que es cultivada en la laguna encontrándose altos contenidos de aluminio en los órganos de dicha especie, además de un estudio en donde se evalúan los plaguicidas organoclorados en el sistema lacustre de Metztitlán (Fernández, 2004) en donde se estableció el origen de los plaguicidas así como el posible impacto que estos pudieran ocasionar, (Ibáñez *et al*, 2002) hizo la caracterización del lago de todo el sistema lacustre de Metztitlán. Además de estudios de evaluación de la concentración de Hidrocarburos aromáticos policíclicos en las aguas de la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán (García *et al*, 2009).

OBJETIVOS

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un inventario de la contaminación emitida en las Regiones de la Comarca Minera y Barranca de Metztitlán a través del cálculo de las emisiones contaminantes de fuentes diversas, por medio del uso de parámetros e indicadores en base a la normatividad mexicana para evaluar la calidad de la zona de estudio.

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar el número de fuentes generadoras de contaminación a través de la clasificación de los protocolos de la técnica ERFCA para calcular las emisiones contaminantes.

Calcular la cantidad de residuos emitidos en los medio aire, agua y suelo por medio de la aplicación de indicadores ambientales para conformar un inventario de contaminación ambiental.

Estimar los niveles de contaminación emitida en aire, agua y suelo, así como los esquemas para su manejo en base a lo dispuesto por la legislación ambiental mexicana para determinar la calidad ambiental.

JUSTIFICACIÓN

5. JUSTIFICACIÓN

El estado de Hidalgo cuenta con una amplia variedad de ecosistemas haciendo de Hidalgo un estado muy heterogéneo con gran riqueza biológica, además de que su distribución poblacional no se encuentra esparcida equitativamente concentrándose en ciertos puntos del estado. La zona de estudio compuesta por la Comarca Minera y la Barranca de Metztitlán tienen una realidad contrastante por un lado la Comarca Mineral cuenta con el Municipio de Pachuca, que es la capital del Estado y por ende con una mayor concentración poblacional; además de su zona conurbada (Mineral de la Reforma) que crece por arriba de la media nacional demandando servicios para satisfacer las necesidades de la población, entre ellos el crecimiento del padrón vehicular y la apertura de fábricas contando además con un Parque Nacional el primero de ellos en su categoría, en contraste la Barranca de Metztitlán y su Reserva de la Biosfera son de realidades diferentes en donde su actividad económica es agrícola y ganadera, además de que este estudio sería pionero en esta región permitiendo tener un inventario de contaminantes en la zona. Por otro lado, la alta tasa de riqueza biológica presente en ambas regiones hace pertinente la elaboración de estudios que permitan conocer la realidad ambiental de las zonas. Debido a esto y a que la realidad económica y social de las poblaciones cambia con el tiempo es necesario hacer estudios periódicos de los contaminantes emitidos, así como de sus medidas mitigadoras y de la importancia que le da la sociedad a la problemática ambiental

METODOLOGÍA

6. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó mediante la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA), la cual permite realizar una evaluación rápida, precisa y a un costo relativamente bajo de la cantidad de contaminantes de aire, agua y suelo producidos en una región o país, abarcando todas sus áreas, ya sea urbano, industrial, comercial (Weitzenfeld, 1989).

Ya que la salud igual que el ambiente ha estado siendo afectados por un creciente número y cantidad de contaminantes que se vierten sin control, la mejor manera de planear un programa técnico de control es primero conocer las fuentes de contaminación y el volumen de los contaminantes que producen. Frente a lo demorado y costoso que significa estudiar en cada caso el volumen y tipo de contaminantes, la técnica (ERFCA), propone una metodología para realizar una evaluación rápida de las fuentes, aprovechando las experiencias de los países y de la extensa literatura técnica disponible (la técnica ERFCA conjunta toda una serie de métodos particulares para determinados procesos, contaminantes o parámetros de contaminación, en un plano en específico ya sea suelo, agua o aire, determinando de todos estos coeficientes para el rápido cálculo de aportes contaminantes).

La técnica ERFCA tiene por objeto destacar fuentes importantes tales como descargas de aguas municipales de las que se sospecha tengan un impacto significativo en el medio ambiente del área de estudio. Algunas veces, las fuentes principales de contaminación pueden incluir muchos grupos de fuentes más pequeñas, por ejemplo, talleres de piezas metálicas, fábricas de cerámica, fábricas textiles, etc. Por medio de esta técnica se identifican las mayores fuentes de desechos y contaminación que tienen un impacto significativo en el bienestar de la población y en la calidad de los recursos naturales. Mediante la información obtenida pueden planearse estudios continuos de control de la contaminación de alta prioridad para lograr un manejo efectivo de la misma, y de este modo, derivar directamente acciones de control ambiental.

La técnica ERFCA comprende los siguientes pasos:

6.1 CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

El presente estudio requiere de uno o varios profesionales calificados con experiencia en investigaciones ambientales y capacitadas en el programa de ERFCA. De esta manera, el grupo de trabajo quedó conformado por la P.D.B. Nancy Guadalupe Pérez Ramírez, M. en C. René Bernardo Elías Cabrera Cruz y Dr. Alberto José Gordillo Martínez.

6.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La selección de las fronteras apropiadas, es importante para el desarrollo de una Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental. Generalmente dentro de un estudio de este tipo, existen muchas opciones para elegir fronteras, las cuales están contenidas dentro de las siguientes categorías.

FRONTERAS FÍSICAS: Cuencas hidrológicas (superficiales o subterráneas), cadenas montañosas, costas, ríos, cumbres escarpadas, carreteras, vías férreas, canales, etc.

FRONTERAS POLÍTICO-LEGALES: Límites de ciudad, de región, estado o provincia; distritos de salud pública; distritos censales, regiones de control de calidad del aire, etc. En el presente estudio se escogió al municipio para definir el área de estudio.

FRONTERAS ECONÓMICAS: Zonas industriales; distritos mineros, áreas de desarrollo económico; distritos de recolección de aguas/ alcantarillado/ desecho (CANACINTRA, 2005; COPARMEX, 2005).

En esta fase se construye un inventario ambiental de la zona de estudio seleccionada en los medios físicos (inerte y biótico) y humano (social y económico).

La zona de estudio se encuentra localizada en el Estado de Hidalgo perteneciente a la República Mexicana, comprende los municipios de Pachuca, Mineral de la Reforma, Mineral del Monte, Mineral del Chico y Huasca de Ocampo pertenecientes a la Comarca Minera; para la Reserva Biosfera Barranca de Metztitlán se tomaron en cuenta los municipios de Omitlán de Juárez Atotonilco el Grande, San Agustín Metzquititlán, Metztitlán y Zacualtipán de los Ángeles (**Tabla I** y **Figura 1**).

Tabla I. Zona de Estudio

REGIÓN	CLAVE DEL MUNICIPIO	NOMBRE DEL MUNICIPIO
COMARCA MINERA	48	Pachuca de Soto
	51	Mineral de la Reforma
	39	Mineral del Monte
	38	Mineral del Chico
	45	Omitlán de Juárez
BARRANCA DE METZTITLÁN	24	Huasca de Ocampo
	12	Atotonilco el Grande
	36	San Agustín Metzquititlán
	37	Metztitlán
	81	Zacualtipán de los Ángeles

Fuente: INEGI 2005.

6.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la extensión territorial del Estado de Hidalgo es de 20,905.12 Km² lo cual lo hace ocupar el vigésimo sexto lugar entre los estados de la república.

El estado de Hidalgo, cuenta con 84 municipios tiene una superficie de 20,905.12 km²; se localiza entre los paralelos 19° 36' 30" y 21° 23' 30" de latitud norte y entre los meridianos 97° 58' 45" y 99° 53' 30" de longitud oeste (**Tabla II**). Se encuentra en la parte centro del país colinda al norte con los estados de Querétaro de Arteaga, San Luis Potosí, Veracruz- Llave, y el estado de México, al sur con Puebla, Tlaxcala y estado de México, al oeste con el Estado de México y Querétaro de Arteaga y al este con Veracruz-Llave y Puebla.

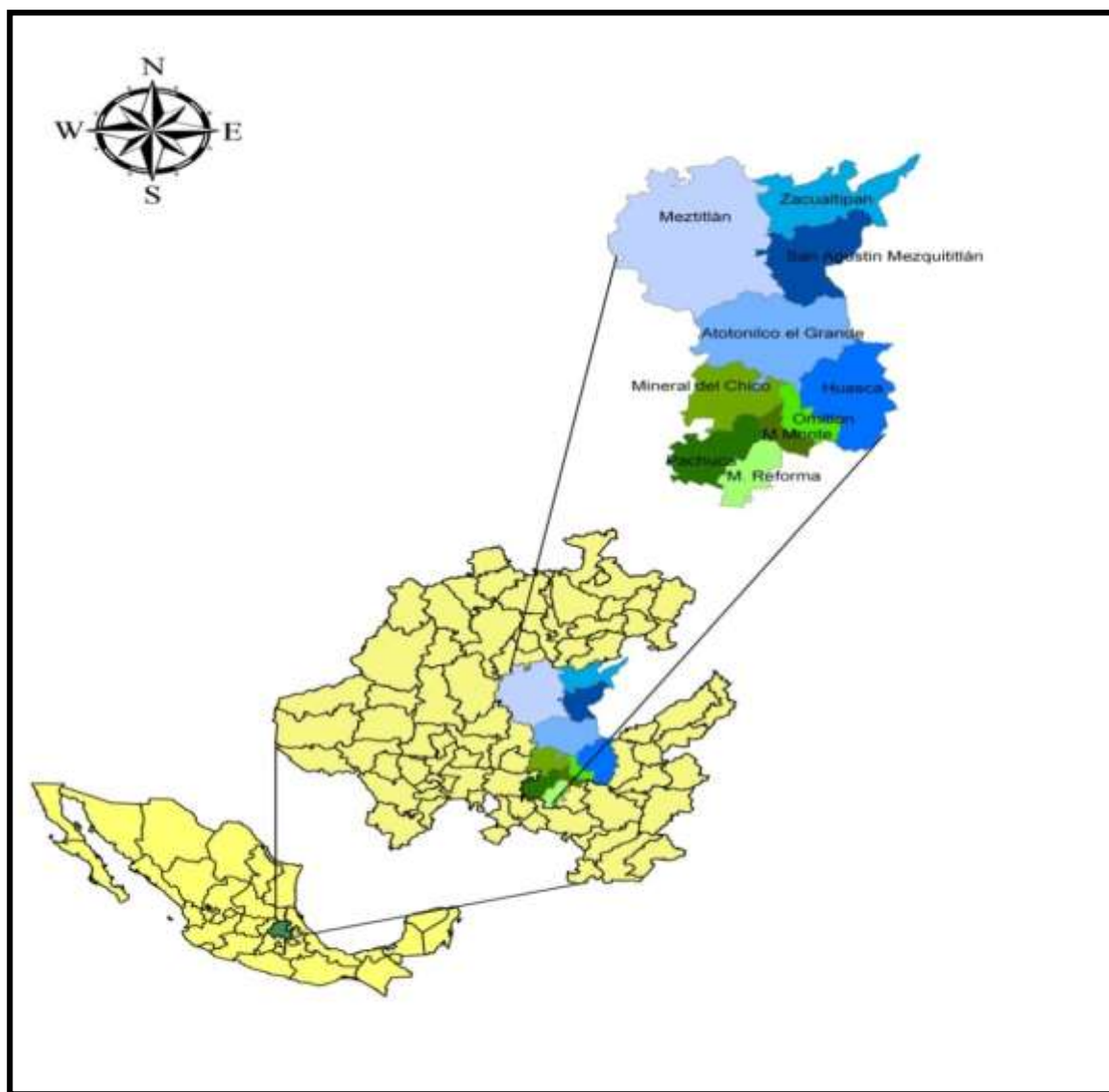


FIGURA 1. Ubicación de los municipios que integran la zona de estudio Comarca Minera – Barranca de Metztitlán. Elaboración propia.

Tabla II. Características geográficas de los municipios

Municipio	Cabecera municipal	Latitud (grados)	Norte (m)	Longitud (grados)	Oeste (m)	% Territorio estatal
Pachuca	Pachuca	20	11	98	52	0.76%
Mineral de la Reforma	Pachuquilla	20	6	98	47	0.52%
Atotonilco El Grande	Atotonilco	20	26	98	50	2.20%
Huasca de Ocampo	Huasca	20	20	98	39	1.47
San Agustín Metzquititlán	San Agustín	20	36	98	44	
Metztitlán	Metztitlán	20	49	99	0	1.15%
Mineral del Chico	El Chico	20	16	98	51	0.93%
Mineral del Monte	Real del Monte	20	11	98	42	0.24%
Omitlán de Juárez	Omitlán	20	13	98	41	0.37%
Zacualtipán de los Ángeles	Zacualtipán	20	44	98	44	1.21%

Fuente INEGI, 2005.

6.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para un estudio de esta naturaleza, la recopilación de datos es esencial, por lo que como primer paso se procede a identificar todas las posibles fuentes de datos. Mucha de esta información, se encuentra en publicaciones del gobierno, anuarios estadísticos y en directorios empresariales (CANACINTRA, 2005).

Se elabora una lista previa de fuentes de información empezando con dependencias federales, estatales y municipales, posteriormente con organismos privados y por último con fuentes de información general. Además, se recurre a encuestas directas en las industrias. Posteriormente se analiza la información y se elabora una lista de empresas.

Estas empresas se clasifican de acuerdo al “Indexes to the International Standar Industrial Classification of all Economic Activities”, el sistema de clasificación conforme a la actividad económica desarrollado por la O.N.U. (Weitzenfeld ,1989), como se muestra en la **Tabla III**. De manera más específica, en el Anexo I se pueden apreciar los giros industriales considerados, que son las que la técnica ERFCA considera.

TABLA III. Divisiones de la actividad manufacturera

División. No	TÍTULO DE LA CATEGORÍA.
11	Producción agropecuaria
31	Manufactura de alimentos, bebidas y tabaco.
32	Manufactura de textiles, artículos de vestir e industria del cuero.
33	Manufactura de madera, productos de madera, incluyendo muebles.
34	Manufactura de papel, productos de papel, imprenta y publicaciones.
35	Manufactura de químicos, petróleo, carbón, caucho y productos plásticos.
36	Manufactura de productos minerales no metálicos, excepto productos del petróleo y carbón.
37	Industria metálica básica.
38	Manufactura de productos fabricados de metal, maquinaria y equipo.
39	Otras industrias manufactureras.

Una vez terminada la clasificación, se procedió a recolectar información en cada empresa acerca si la empresa en cuestión está actualmente en funcionamiento, el giro de la empresa y compararlo con lo reportado y la producción en cada caso tomando en cuenta para la recolección a la Ley de Información Estadística y Geográfica de 1980, la cual establece, en su artículo 38, los principios de confidencialidad y reserva en relación a datos e informes que los particulares proporcionen para fines estadísticos o provengan de registros administrativos o civiles.

6.5 CÁLCULOS

El cálculo de cargas contaminantes utilizado por esta técnica, se basa en el siguiente fundamento:

La carga contaminante total (K) que recibe la atmósfera, es la suma de los aportes parciales de las diferentes fuentes emisoras. (Tabla II: Forma esquemática de presentar los resultados globales del inventario de emisores y emisiones).

$$K = \sum_{i=1}^n K_i \quad (1)$$

Donde:

K_i = aporte contaminante de la fuente emisora i

n = número total de fuentes emisoras

Por otra parte, cada fuente contaminante vierte a la atmósfera varios tipos de sustancias.

$$K_i = \sum_{j=1}^m K_{ij} \quad (2)$$

Donde:

K_{ij} = aporte del contaminante j de la fuente emisora i

m = número total de tipos de contaminantes

Por lo tanto, al final tendremos:

$$K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m K_{ij} \quad (3)$$

Utilizando la información que proporciona cada fuente de contaminación la misma se puede agrupar en forma diferente, según interese, para una presentación más globalizada. Anteriormente, ya se indicó el caso de total de contaminantes por fuente (K_i).

Podría interesar el total del contaminante j , que aportan las distintas fuentes. En este caso tendríamos la siguiente expresión:

$$K_j = \sum_{i=1}^n K_{ij} \quad (4)$$

Donde:

K_j = aporte total de contaminante j de las n fuentes contaminadoras

Una primera aproximación para cuantificar la carga contaminante que recibe la atmósfera, cuando aún no se han hecho estudios de aportes reales se realiza utilizando factores de aportes que para las diferentes fuentes emisoras registra la literatura técnica. En estos casos se asume que la emisión es una función lineal del volumen de producción para el caso de industrias, o de la cantidad de combustible utilizado o consumido para el caso de fuentes generadoras de energía, y en general materia prima quemada.

Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$K_{ij} = F_{ij} \cdot P_i \quad (5)$$

Dónde: F_{ij} = factor de emisión del contaminante j de la fuente i

P_i = producción o consumo de la fuente i

Por lo tanto, el aporte total de la fuente i será:

$$K_i = \sum_{j=1}^m K_{ij} = \sum_{j=1}^m F_{ij} \cdot P_i = P_i \sum_{j=1}^m F_{ij} \quad (6)$$

TABLA IV. Forma esquemática de presentar los resultados globales del inventario de emisores y emisiones

				M
i \ j	j=1	j=2	...	$\sum K_{ij}$
				j=1
i=1	K ₁₁	K ₁₂	K _{1j}	$\sum K_{1j}$
i=2	K ₂₁	K ₂₂	...	$\sum K_{2j}$
i=3	K ₃₁
...	K _{i1}
n				
$\sum K_{ij}$	$\sum i1$	$\sum i2$...	$\sum \sum K_{ij}$
i=1				i j

Fuente Weitzenfeld, 1989

Un esquema de cálculo similar al presentado para fuentes puntuales es aplicable a fuentes de área y a fuentes móviles. Un agrupamiento de las fuentes de contaminación es entre puntuales y de área, y entre fijas y móviles, como se observa en la **Tabla V**.

Esta forma de presentar los cálculos de las cargas contaminantes que recibe la atmósfera ayuda a ver con claridad quiénes son los mayores responsables de la contaminación existente y elaborar los planes de control en forma más técnica.

TABLA V. Clasificación de las fuentes de contaminación atmosférica (Algunos ejemplos)

FUENTE	FIJAS	MÓVILES
PUNTUALES	Industrias	
	Canteras	
	Generación de energía	
AÉREAS	Agricultura	
	Incineradores	Vehículos
	Polvo de Suelo	

Fuente ERFCA.

Una vez considerado la anterior y con los datos de producción de las empresas clasificadas dentro del ERFCA, se procederá a realizar los cálculos que correspondían a cada una de ellas, de acuerdo a su actividad manufacturera mediante el empleo de los cuadernos de trabajo, como se muestra en la **Tabla VI** para emisiones al aire, agua y sólidos, mismos que contienen coeficientes para las industrias más importantes, desde el punto de vista de la emisión de contaminantes en general.

Como ejemplo, tenemos que para la producción agrícola y ganadera particularmente de corral de engorda para reses la cual clasifica dentro de ERFCA. Si se tiene su producción en cabezas/año X 10³, se multiplica esta por 20.1 y nos da los m³/año que se emite de volumen de desecho, por 250 y nos da DBO₅, por 1716 y nos da las ton/año de sólidos suspendidos y por 80.3 las ton/año de otros desechos que la técnica no considera importantes.

TABLA VI. Tipo de trabajo para el cálculo de cargas de desechos sólidos industriales

CÓDIGO	TIPO DE INDUSTRIA Y PROCESO	UNIDAD DE PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN 10 ³ UNIDADES/AÑO	DESECHO SÓLIDO KG/UNIDAD TON/AÑO	NATURALEZA DEL DESECHO
3511c	Ácido fosfórico (proceso húmedo)	ton de P ₂ O ₅		4750*	Yeso cuando es removido de los efluentes.
3511h	Hidróxido de Sodio			40*	Grafito y lodos de purificación (CaCO ₃ ; Mg(OH) ₂ , tal vez con Hg)
	(método de cátodo de mercurio)	ton de Cl ₂			
3512	Producción de plaguicidas	ton de ingrediente activo		200*	Contenedores, sacos, 1.5% de material tóxico, activo, etc.
	Formulación	ton de ingrediente activo		20	Productos rotos de emulsión material potencialmente tóxico
3521	Pinturas de látex	ton de pintura		5.8	Sedimento de pintura, solventes de desecho etc/Hg 125 g/l
3521	Solventes para pintura	ton de pintura		8.3	Sedimento de pintura, solventes de desecho etc/metales pesados 4.5 %
3522	Productos químicos farmacéuticos orgánicos sintéticos	Ton		800	Solventes de desecho

Fuente ERFCA. NOTA: los factores que presentan asterisco ofrecen cargas de desechos sólidos sobre una base seca.

6.6 VALORACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL

Esta fase se realiza analizando los criterios y lineamientos contenidos en la legislación ambiental mexicana contra los datos obtenidos en el inventario ambiental, así como los esquemas de manejo de la contaminación ambiental en los municipios que conforman la zona de estudio.

Para el caso del aire, se utilizaron 2 Normas Oficiales Mexicanas que establecen los límites de emisiones a la atmosfera de combustibles que usan los automóviles en circulación la NOM -041 ECOL-1999 que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustibles además de la NORMA Oficial Mexicana NOM-044-ECOL-1996, que establece los niveles máximos permisibles de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible. Para esta parte no se pudo determinar la calidad ambiental debido a que la Norma Oficial nos da los valores en mg/m³ siendo los obtenidos por la técnica en ton/año, para este caso se hizo una comparación con estudios previos que utilizaron la misma técnica.

La calidad del agua se determinó mediante la elaboración de escalas de gravedad utilizando los criterios de Hernández Muñoz (2001) así como los niveles admisibilidad para las descargas de contaminantes de origen industrial y doméstico tomando como referencia la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. De esta manera se comparó cada uno de los parámetros que marca la técnica para el agua con lo establecido en la NOM determinando la admisibilidad o no de cada uno de ellos.

En el suelo, la calidad ambiental se determina a través de la NOM 083 SEMARNAT 2003 muestra las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Se consideran los residuos sólidos urbanos (RSU) de fuentes domésticas y los residuos de origen industrial. Para determinar dicha calidad se visitó cada uno de los sitios de disposición final verificando si cumplen o no con lo determinado por dicha NOM es decir si son sitios controlados o no.

La calidad de riqueza biológica se determinó por el número total de especies presentes en cada municipio de acuerdo a alguna categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la extensión territorial de cada municipio. De la división de tales cantidades se determinó el indicador de riqueza biológica protegida (IRBP) para el índice de riqueza biológica (IRB) se dividió el número total de especies presentes por municipio entre la extensión territorial de cada uno.

RESULTADOS

7. RESULTADOS

7.1 INVENTARIO AMBIENTAL

7.1.1 MEDIO FÍSICO INERTE

7.1.1.1 GEOLOGÍA

Hidalgo con sus tres provincias fisio-gráficas: El Eje Neovolcánico, La Sierra Madre Oriental y la Llanura costera del Golfo de México, se caracteriza por una gran variedad de formas de relieve que en el estado se manifiestan principalmente en sierras escarpadas que se concentran dentro de la Sierra Madre Oriental y en el Eje Neovolcánico (**Figura 2**).

Esa gran complejidad de relieve se debe a varios factores, entre los que destacan la diversidad en cuanto a la constitución y edad de las rocas; a la historia tectónica del estado, expresada en numerosas estructuras que conforma a las sierras, tales como plegamiento, fallas y aparatos volcánicos que han sido labrados a través del tiempo por la erosión, formando barrancas, valles y dando lugar a paisajes abruptos y llamativos.



Figura 2. Geología del Estado de Hidalgo
Fuente INEGI, 2009

La geología de la Región de la Barranca de Metztitlán se debe a movimientos tectónicos regionales que originaron fracturas o líneas de debilitamiento donde una activa erosión vertical dio origen a la profunda barranca y a las cañadas laterales de ambos márgenes. Durante el Mesozoico esta región se encontraba cubierta por las aguas del mar o que se comprueba por la existencia de calizas, lutitas y areniscas compactadas en el seno marino, así como por la presencia de fósiles de Amonitaceas (Cephalopoda) pertenecientes al jurásico superior. Movimientos orogénicos posteriormente elevaron los sedimentos marinos y los intensos esfuerzos plegaron las formaciones sedimentarias de manera espectacular. Más tarde, esfuerzos tectónicos posteriores fracturaron las formaciones cretácicas permitiendo una fácil erosión, así como la intrusión de rocas volcánicas, fuertes movimientos ocasionaron el desgajamiento de los cerros y en el lugar llamado El tablón se formó una gran represa: la actual laguna de Metztitlán (Trejo, 1998)

Para la Región de la Comarca Minera y en específico de la zona de Pachuca su geología se caracteriza por ser de procedencia volcánica variando su composición desde riolita hasta basalto con predominancia general de dacita y andesita. Sin embargo, en el sector oriental, conocido como Sierra de las Navajas prevalecen el basalto y la obsidiana. En lo que se refiere a los municipios de Mineral del Chico, Mineral del Monte y Omitlán su geología es en su totalidad de procedencia volcánica fundamentalmente dacitas y andesitas. Presentan variaciones en cuanto al color encontrándose desde oscuro-verdoso en las partes bajas hasta color rojo en las partes altas (Sánchez, 1927). En esta región afloran cuatro de las 10 formas de sucesión volcánica (Geyne *et al*, 1963) siendo la Formación Pachuca, Formación Real del Monte, Formación Cerezo y Formación Zumate.

7.1.1.2 HIDROLOGÍA

El clima y la topografía son factores que influyen para que en el estado de Hidalgo existan pocas corrientes de agua, como es el caso de las regiones del norte y noroeste de la entidad, donde a pesar de existir lluvias abundantes, sus aguas no pueden ser aprovechadas por los habitantes de la región debido a lo abrupto de la Sierra Madre Oriental, que hace que los escurrimientos de agua lleguen a las zonas bajas de algunos de los estados con los que colinda la entidad. Casi la totalidad del estado pertenece a la cuenca hidrológica “Rio Pánuco” (que abarca el 94.7% del territorio y es considerada como una de las más importantes del país, tanto por su superficie, que la ubica en el cuarto lugar nacional, como por el volumen de sus escurrimientos, que le otorgan el quinto lugar) y solo una pequeña parte queda comprendida dentro de la región “Tuxtla-Nautla” (INEGI, 2000)

Hidalgo cuenta de igual forma con algunas lagunas y presas, que, aunque escasas, sus aguas se aprovechan para el riego, para uso doméstico, para programas psicosociales, para generar electricidad y también para áreas de recreación. A pesar de ser escasa las corrientes de agua que existen en el estado, algunas de ellas en su recorrido son alteradas por los desechos industriales y por descargas orgánicas, situación que provoca un alto grado de contaminación en los ríos Tula, Tulancingo y de las Avenidas en Pachuca. El estado de Hidalgo cuenta con 6 cuencas hidrológicas (**Figura 3 y Tabla VII**).

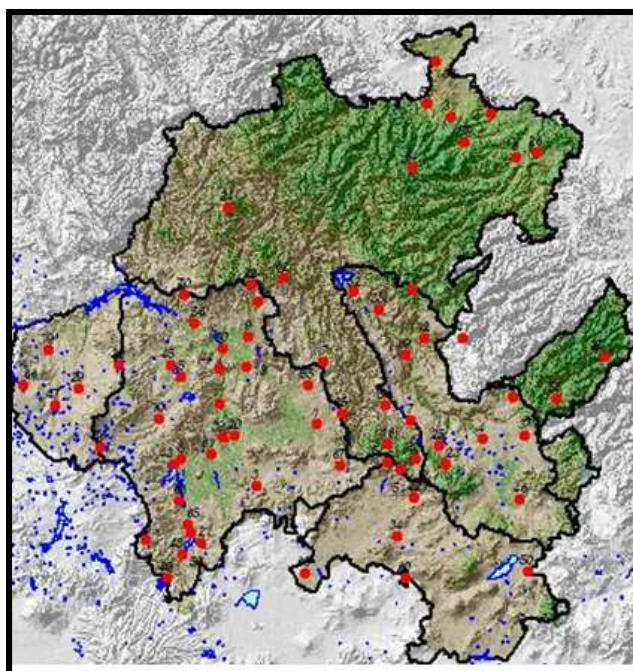


FIGURA 3. Cuencas prevalentes en Hidalgo; los puntos rojos indican las estaciones meteorológicas por cuenca
Fuente CONAGUA, 2009

Tabla VII. Organismos de cuenca en el Estado de Hidalgo

ORGANISMO DE CUENCA	CUENCA	AREA (km ²)	AREA (% Estatal)	MUNICIPIOS
REGIÓN HIDROLÓGICA 26 PÁNUCO				
VALLE DE MÉXICO	TULA	4,905	23.46	21
	AVENIDAS	2,592	12.40	12
GOLFO NORTE	METZTITLÁN	2,574	12.31	15
	SAN JUAN	1,354	6.48	3
	MOCTEZUMA	8,445	40.40	28
REGIÓN HIDROLÓGICA 27 TUXPAN NAUTLA				
GOLFO CENTRO	TUXPAN-NAUTLA	1,036	4.96	5
TOTAL		20,905	100	84

FUENTE CONAGUA 2009

Para la Región de la Barranca de Metztitlán se cuenta con un río que nace en los montes de Ahuozontepec, en los límites con el estado de Puebla cambiando de dirección oeste a norte desde el municipio de Tulancingo y atravesando los municipios de Acatlán y Metepec, después las aguas del Río Apulco donde se inicia la Cuenca de Metztitlán, que cruza los municipios de Huasca que se acrecenta con los ríos de Izatla, San José, San Miguel, Ixutla, Tianguilo y Regla unidos desembocan en el Río Grande. Por el lado norte se tienen los arroyos que nacen en Veracruz; para formar posteriormente el río Metzquititlán y con las aguas del río Pantepec, desembocan en el río Grande o de Metztitlán terminando en la laguna de Metztitlán (Trejo, 1998).

Por su lado la Comarca Minera y en particular el municipio de Pachuca está representado por la cuenca de Avenidas, Pachuca cuenta con diez corrientes de agua y con un cuerpo de la misma, de manera general carece de Mantos Acuíferos y lo más prevaeciente de la ciudad son las corrientes de agua residuales y pluviales. Para el caso del Municipio de Mineral de la Reforma cuenta con un solo río; de los Hules, que cruza el municipio de norte a sur, encontrándose al final (en el sur) con el río Atempa, por otro parte la zona que corresponde al Parque Nacional “El Chico” cuenta con arroyos temporales provenientes de manantiales y escurrimientos locales, siendo los más característicos Los Otates, Los Ailes, El Salto, Agua Fría y Paraíso. La mayoría drenan hacia la Cuenca del Pánuco convirtiéndose en afluentes del río Milagro el cuál finalmente vierte sus aguas en el Golfo de México (Trejo, 1998).

7.1.1.3 CLIMATOLOGÍA

El clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado promedio de la atmósfera en un lugar y periodo específicos; en este sentido, el clima representa el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar y periodo determinados. Para conocer el clima es necesario observar y registrar el estado del tiempo atmosférico durante muchos años, atendiendo especialmente a la temperatura y a la precipitación, que son los elementos principales del clima. (García, 1987). En México hay cuatro grupos de climas: cálidos húmedos, templados húmedos, fríos y secos. La distribución porcentual que ocupan los principales tipos de clima de México es: cálido húmedo, 4.7%; cálido subhúmedo, 23.0%; seco, 28.3%; muy seco, 20.8%; templado subhúmedo, 20.5% y templado húmedo con 2.7% del territorio (no se consideran en estas estimaciones otros tipos de climas que existen en el país, por tener menor importancia en términos de la superficie que ocupan) (SEMARNAT 2000). El Estado de Hidalgo presenta tres tipos principales de clima: el clima tropical el seco y el templado (**Tabla VIII y Figura 4**).

TABLA VIII. Principales tipos de clima y porcentaje estatal

TIPO DE CLIMA	% DE LA SUPERFICIE ESTATAL
Templado sub-húmedo con lluvias en verano	31.5
Semi-seco templado	29.7
Semicálido húmedo con lluvias todo el año	13.3
Semicálido sub-húmedo con lluvias en verano	5.8
Semi-seco semicálido	4.9
Otros tipos de clima	14.8

Fuente INEGI 2009.

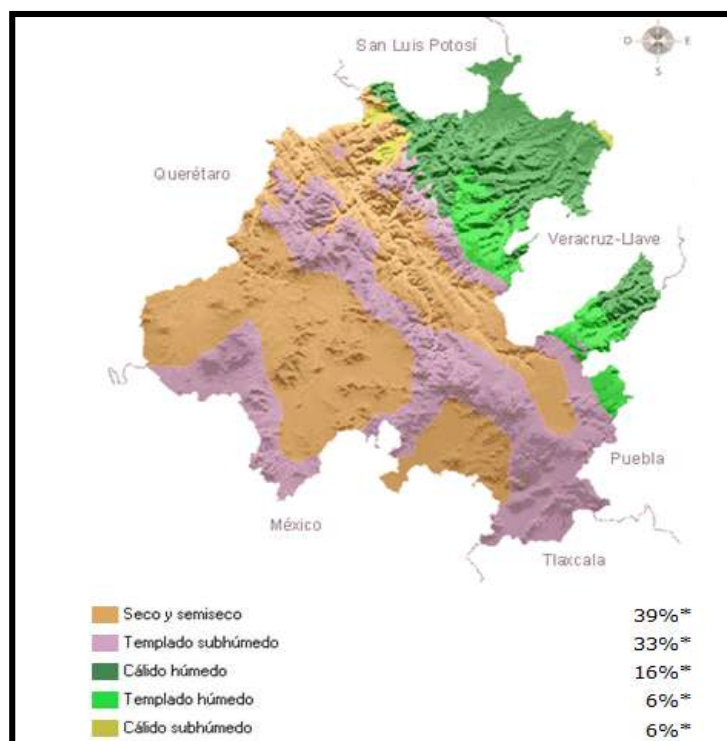


Figura 4. Climas predominantes en el Estado de Hidalgo.
Fuente: INE, 2005

Para la Región de la Barranca de Metztitlán se presenta un que en términos generales es seco y semiseco cálido en diferentes partes, lo que se determina por el efecto de sombra de lluvia que la Sierra Madre Oriental ejerce sobre esta región. En la temporada de lluvias, en verano, los vientos alisios descargan su humedad sobre la zona de barlovento y las partes elevadas de dicha cadena montañosa, donde se encuentran bosques de pino y encino, entre otros tipos de vegetación templado-fría. Tales vientos arriban a la cañada de Metztitlán con poca humedad y la cruzan por encima contribuyendo a su carácter semiseco. En realidad, las nubes todavía cuentan con algo de humedad, pero terminan de descargarla en las montañas elevadas al Oeste de la Barranca. El carácter cálido del clima se relaciona con la altitud, mientras que las montañas al Este y noreste se yerguen entre 1,800 a 2,600 msnm, en la vega la altitud es del orden de 1,200 a 1,300 msnm en las cercanías de la laguna. Los factores que contribuyen a la presencia de mayores temperaturas en la Barranca son la latitud y el gradiente adiabático (CONANP, 2003).

7.2 MEDIO FÍSICO BIÓTICO

7.2.1 ZONA ECOLÓGICA

El análisis de Toledo y Ordóñez (1993) agrupa los ecosistemas terrestres de México en seis zonas ecológicas: (1) tropical húmeda, (2) tropical subhúmeda, (3) templada húmeda, (4) templada subhúmeda, (5) árida y semiárida, y (6) zona inundable o de transición mar-tierra

(Figura 5). Esta regionalización se basa en criterios que incluyen el tipo de vegetación, el clima y aspectos biogeográficos, con el objetivo de simplificar la heterogeneidad ecológica y facilitar el reconocimiento de grandes discontinuidades en el paisaje a escala nacional (CONAFOR 2009).

En el estado de Hidalgo confluyen cuatro provincias fisiográficas: el Altiplano Mexicano, el Eje Volcánico Transversal, la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera Nororiental, por lo que su topografía es complicada, con grandes áreas escarpadas cuyas altitudes van de 195 a 3100 m. Tiene un mosaico edafológico complejo y cinco zonas climáticas. Todo esto crea una diversidad ambiental, lo que propicia que en el estado incidan cinco de las zonas ecológicas que Toledo y Ordóñez (1998) reconocen para la república mexicana: árida y semiárida, templada húmeda, templada subhúmeda, tropical húmeda y tropical subhúmeda (Pérez *et al*, 2003).

7.2.2 TIPO DE VEGETACIÓN

En 1987 Rzedowski propone la clasificación de la vegetación de México más utilizada, agrupando los principales tipos de vegetación de acuerdo con sus características fisiográficas, climáticas, edafológicas y fisonómicas (Figura 5), siendo estos tipos de vegetación los siguientes: Bosque de pino – encino, Bosque de encino, Selva baja caducifolia, Matorral y Pastizal.

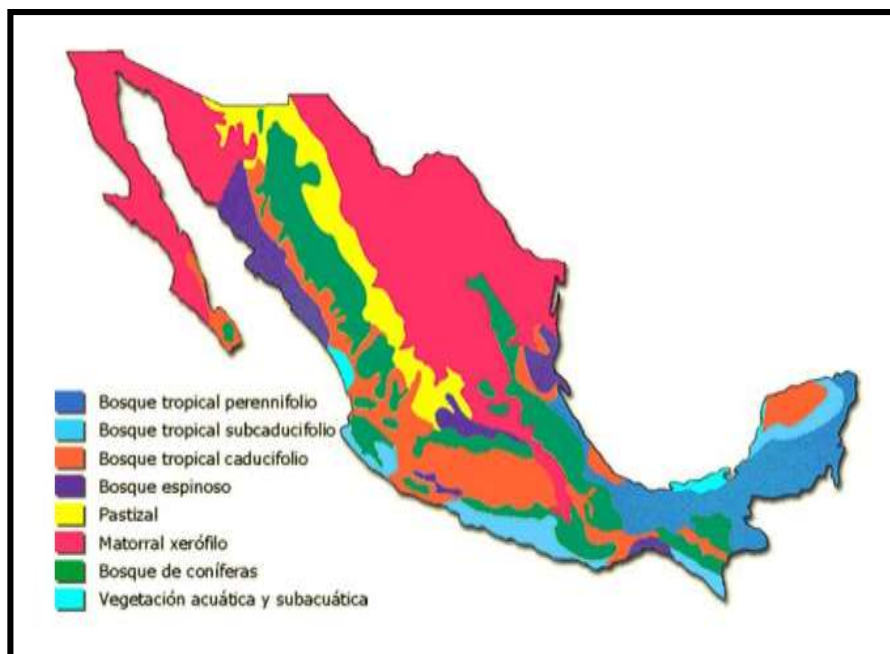


FIGURA 5. Tipo de Vegetación en México
Fuente SEMARNAT, 2009

Los tipos vegetativos de la Región de la Barranca de Metztitlán están influenciados por las condiciones fisiográficas, climáticas y geológicas; que le atribuyen modalidades que no enclavan en la nomenclatura de las clasificaciones de vegetación (Greenwood y Sánchez, 1965).

La ubicación de la Barranca de Metztitlán en la parte centro Este del estado de Hidalgo, constituye una amplia y profunda depresión entre la Sierra de Pachuca y la Sierra de Zacualtipán, además de que la localización a sotavento de la Sierra Madre Oriental influye mayoritariamente en sus condiciones de aridez, debido al efecto de sombra de lluvia que aquélla ejerce; esta condición de aridez se ve localmente influenciada por las diferencias de altitud, pues los extremos varían desde los 1,000 m hasta los 2,000 m, lo que determina marcadas diferencias desde el punto de vista climático. El sustrato geológico juega un papel importante en la distribución de la vegetación, sobre todo de las comunidades presentes en las partes más secas, conjuntamente, la orientación determina la distribución de la vegetación (CONAP, 2003)

La Barranca de Metztitlán presenta vegetación de Matorral xerófilo en donde se encuentran especies como *Fouquieria splendens*, *Opuntia*; así como de Matorral crasicaule de *Cephalocereus semilis* en donde la presencia de dicha especie determina las características del suelo (regesol y lutitas calcáreas), dentro de este ambiente se encuentran especies como *Karwinskia humboldtiana*; igual se encuentra la vegetación del tipo de Matorral crasicaule de *Stenocereus dumortiei* en las laderas norte y noroeste, así como el matorral submontaño, el Bosque tropical caducifolio en donde las comunidades vegetales están dominadas por árboles de baja altura siendo notoria la presencia de especies como *Bursera morelensis* así como de epífitas y trepadoras.

Para el caso de la Comarca Minera se encuentra vegetación del tipo de Pastizal, Bosque de tlixcal o táscate, Bosque de oyamel-encino, Bosque de pino-encino, Bosque de encino y Bosque de Cedro (**Figura 6**).

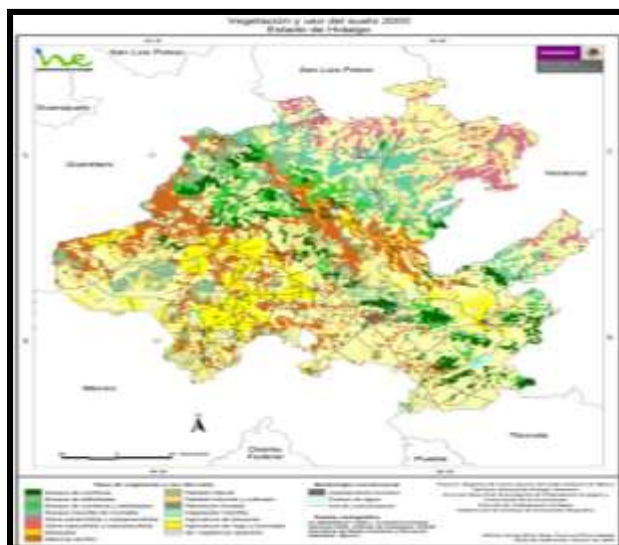


Figura 6. Climas presentes en el Estado de Hidalgo
Fuente INE, 2009

7.2.3 ECOSISTEMAS EN MÉXICO

Los biomas son conjuntos de vegetación afines en zonas climáticas semejantes. Al nivel global se reconocen al bioma marino más cuatro biomas terrestres principales; tundra, pastizal, bosque y desierto. Algunos autores subdividen éstos para obtener ocho biomas terrestres, que a su vez pueden subdividirse aún más (Blue Planet Biomes, 2005; Radford University, 1996). Imbricados en la matriz tanto de los biomas terrestres, como en su interfase con los biomas marinos se presentan los biomas dulceacuícolas, con patrones particulares en la distribución de su biodiversidad.

Debido a su ubicación geográfica y a su diverso relieve, México tiene una gran diversidad de ecosistemas, que van desde lo más alto de las montañas hasta los mares profundos, pasando por desiertos y arrecifes de coral, bosques nublados y lagunas costeras (www.biodiversidad.gob.mx/) En México, se tiene el bioma marino más cinco de estos ocho biomas: bosques templados, selvas tropicales, pastizales, matorral xerófilo y vegetación mediterránea. Además, se cuenta con áreas relictuales y/o ecológicamente distintos de los otros tres biomas: tundra (= praderas de alta montaña), bosque boreal o taiga (= bosque de oyamel o ayarín) y sabana (asociada las planicies del trópico húmedo en donde el manto freático es casi superficial), los tres con una distribución muy restringida. La distribución de todos estos biomas en México se relaciona estrechamente con los tipos de clima (García, 1987).

Los biomas terrestres principales que se encuentren en México tienen una distribución potencial (eso es, previa modificación por la especie humana) en la cual cada uno abarca grandes porciones del territorio nacional, prácticamente sin interrupción. No obstante, al interior de estas zonas, los ecosistemas, las comunidades vegetales y la fauna no son homogéneas, sino se difieren de un lugar a otro, en buena medida debido a factores microclimáticos, altitudinales y latitudinales, pero también debido a diferencias de corte biogeográfica relacionadas con el pasado geológico de cada región.

7.2.4 TIPOS DE ECORREGIONES

En el mundo existen 238 eco regiones identificadas por los científicos como los lugares biológicamente más importantes de la Tierra, merecedores del más alto grado de prioridad de conservación. México cuenta con doce de estos, y en particular Hidalgo posee 6 de estas.

En Hidalgo la vegetación se encuentra representada principalmente por los bosques tropicales perennifolios, subcaducifolio y caducifolio, la zona baja del bosque mesófilo de montaña. En la sierra madre oriental se presenta el bosque mesófilo de montaña, bosques de encinos y los bosques de coníferas, en el Sistema volcánico Transversal se encuentran los matorrales xerófilos, los bosques espinosos y los pastizales (**Figura 7**).

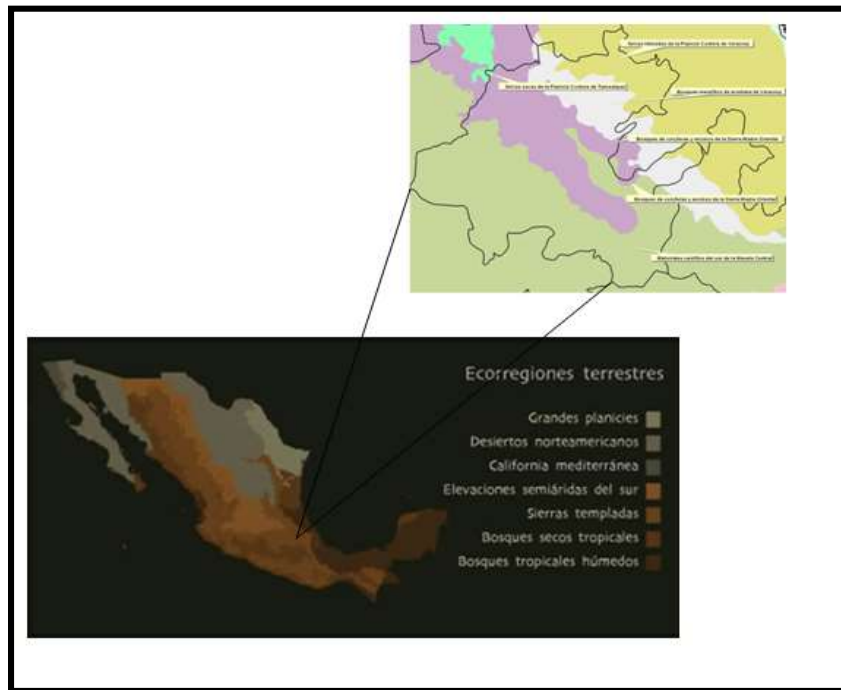


Figura 7. Ecorregiones presentes en México y en el Estado de Hidalgo
Fuente CONABIO, 2010 e INE, 2005

7.2.5 REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN

La identificación de regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en México es el resultado de diversas iniciativas auspiciadas por instituciones, gubernamentales y no gubernamentales, nacionales e internacionales, como la CONABIO, la CONANP, el fmcn, Pronatura, Cipamex, la cca, la Fundación David y Lucile Packard, el wwf, la usaid, tnc y BirdLife International. Desde 1997 estas iniciativas concentran los esfuerzos de investigación y conservación de la biodiversidad. En todo el país se han utilizado diversas metodologías para identificar las regiones prioritarias. (CONABIO, 2009).

7.2.5.1 REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS

Esta regionalización incluye la identificación de sitios con un alto valor de biodiversidad en los ambientes terrestres del país, utilizando diversos criterios para su determinación, entre los que se encuentran los de tipo biológico que consideran: 1) extensión del área; 2) integridad ecológica funcional de la región; 3) importancia como corredor biológico entre regiones; 4) diversidad de ecosistemas; 5) fenómenos naturales extraordinarios; 6) presencia de endemismos; 7) riqueza específica; 8) centros de origen y diversificación natural, y 9) centros de domesticación o mantenimiento de especies útiles (CONABIO, 2009).

Como resultado se tienen 152 regiones terrestres que cubren 515 558 km² (**Figura 8**), las cuales están delimitadas por rasgos topográficos, cuencas hidrológicas, áreas naturales protegidas, tipos de sustrato y de vegetación. La mayor concentración de las regiones terrestres prioritarias se presenta en las entidades más extensas del país: Chihuahua, Sonora y Coahuila, que al tener una baja densidad poblacional disponen de grandes espacios relativamente inalterados. Por otro lado, destacan Oaxaca y Quintana Roo por la alta proporción de su superficie incluida (CONABIO, 2009). Dentro del estado de Hidalgo se encuentran dos RTP la 101 denominada Sierra Gorda-río Moctezuma y la 102 Bosque Mesófilos de la Sierra Madre Oriental, siendo esta última la que se encuentra dentro de la zona de estudio en los municipios de Metztlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán de los Ángeles.

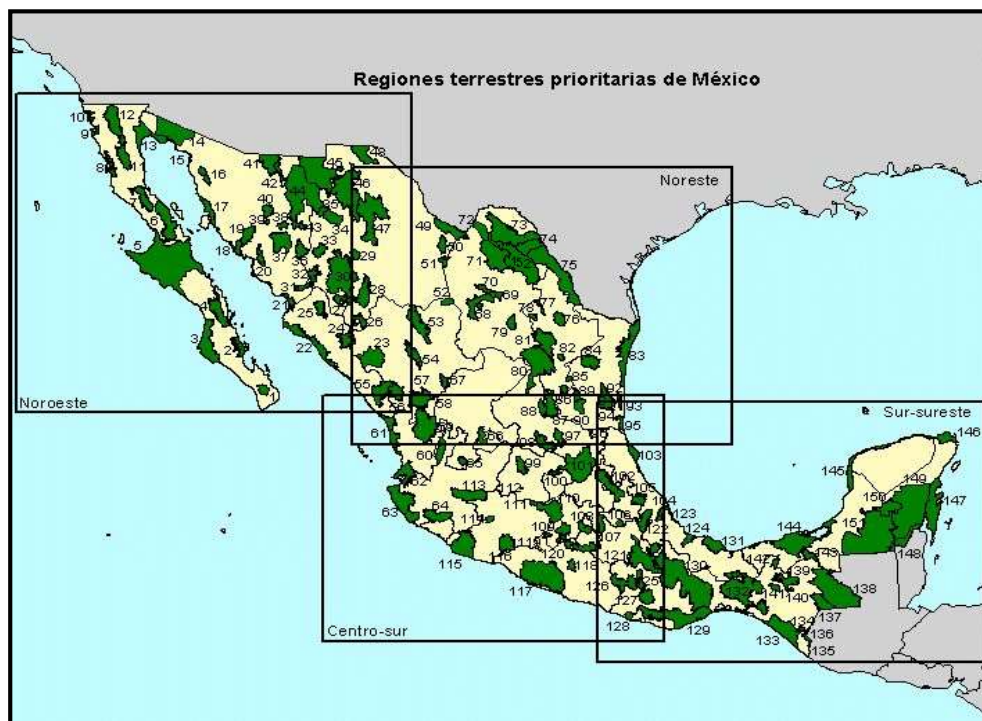


FIGURA 8. Mapa de Regiones Terrestres prioritarias para la conservación en México
Fuente Arriaga *et al* 2000

7.2.5.2 REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS

La determinación de las regiones hidrológicas prioritarias tuvo criterios basados en aspectos de biodiversidad, así como los riesgos y amenazas a los que están sujetas las diversas cuencas hidrológicas, aunque estos se adecuaron para los grupos biológicos que se presentan en ambientes limnológicos, a las características físicas y químicas de los cuerpos de agua epicontinentales, así como a los ecosistemas incluidos en toda la cuenca hidrográfica, desde el parteaguas hasta las zonas costeras (Arriaga *et al.* 2000a). Se delimitaron 110 regiones hidrológicas en un área de 777 248 km² de las principales cuencas hidrográficas del país (**Figura 9**). Las áreas con la mayor concentración y extensión geográfica de regiones

hidrológicas prioritarias (RHP) se encuentran a lo largo de la Sierra Madre Occidental y en las cuencas aluviales del norte del país (CONABIO, 2009).

En el caso de la Sierra Madre Occidental, las RHP se localizan en las partes altas de la sierra de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas y Jalisco donde se forman las cabeceras de los ríos que descargan a las planicies costeras del Pacífico, hacia el occidente, y al Altiplano mexicano, al oriente (CONABIO, 2009).

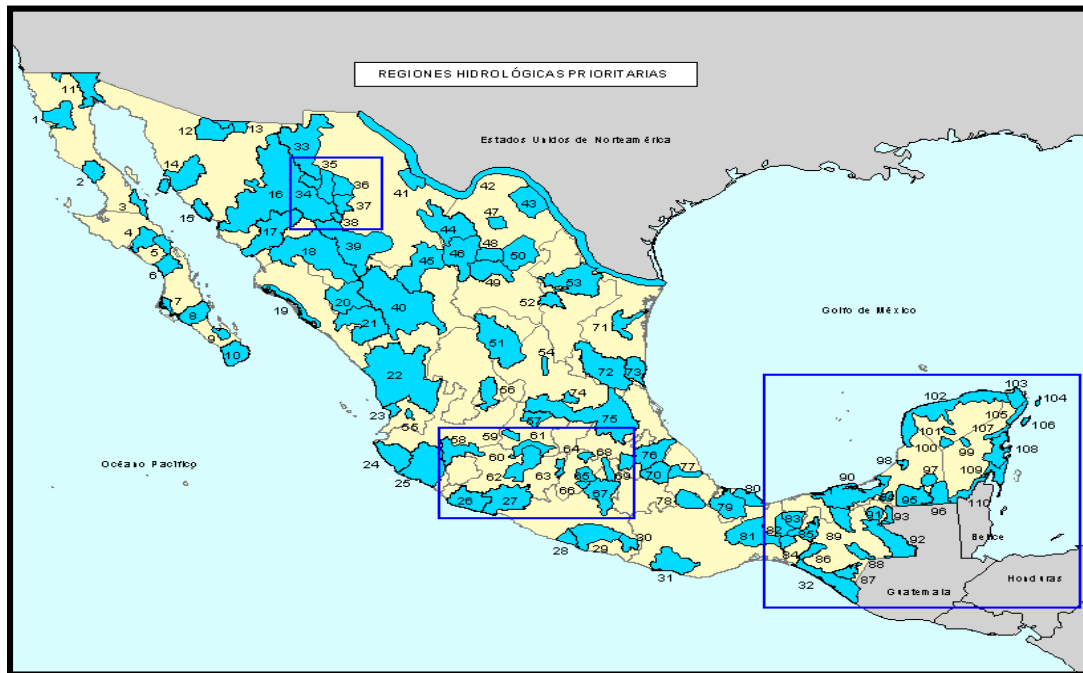


Figura 9. Zonas Hidrológicas Prioritarias
Fuente Arriaga *et al* 2002

El estado de Hidalgo cuenta con una RHP la número 75 denominada Confluencia de las Huastecas que comprende los estado de Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro y tiene una extensión de 27,404. 85 km² en Hidalgo se encuentra en la presa Zimapán, lagos Metztitlán y Molango, así como los ríos Santa María, Bagres, Jalpan, de las Albercas, Naranjo, Mesillas, Tamuín o Pánuco, Grande de Metztitlán, San Pedro, Gallinas, Tampaón, Choy, Moctezuma, Ojo Frío, Tempoal o Calabazo, Tulancingo, Hondo, Amajac, del Hule, Axtla y Matlapa, arroyos, manantiales, cascadas, aguas hidrotermales.

7.2.5.3 ÁREA DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS)

En México existen 230 áreas de importancia para la conservación de las aves con una cobertura de 309,655 km². Estas áreas se encuentran en todos los estados de la República (**Figura 10**), pero las extensiones más grandes geográficamente están en la Península de Yucatán, en la confluencia de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, así como en los estados de Oaxaca, Tabasco, Veracruz, Chiapas y Sonora (CONABIO, 2009).

En el estado se encuentran cuatro áreas de importancia la 51 denominada Huayacocotla, la subcuenca Tecocomulco (C-71) la de Tlanchinol (C-41) y por último la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda (C-06).

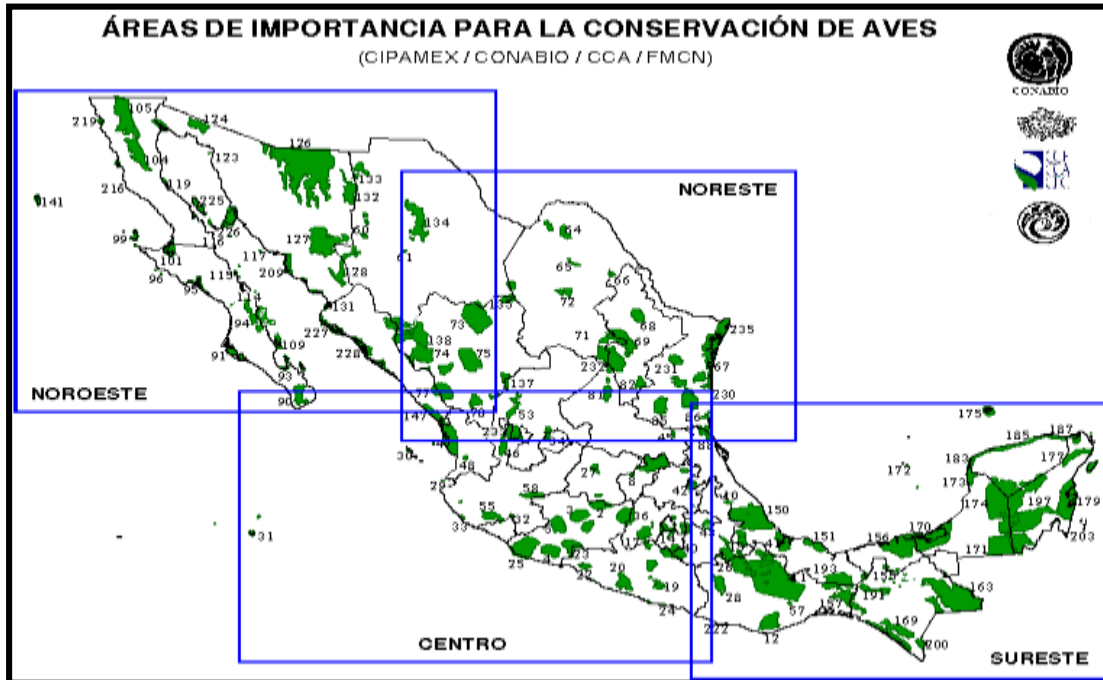


FIGURA 10. Mapa de áreas de importancia para la conservación de aves
Fuente Arriaga *et al* 2000

7.2.6 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La zona de estudio posee dos áreas naturales protegidas de competencia Federal una por Región.

En la Comarca Minera se cuenta con el Primer parque Nacional promulgado en México denominado Parque Nacional “El Chico” decretado el 6 de julio de 1982, constituyendo así la primera área natural protegida decretada en México y América Latina, con una superficie de 2,739.0263 ha, se ubica al centro del Estado de Hidalgo, entre las coordenadas 98° 41’ 50” y 98° 46’ 02” longitud oeste y 20° 10’ 10” y 20° 13’ 25” latitud norte. Incluye parte de los municipios de Mineral del Chico, Mineral del Monte y Pachuca de Soto. La creación de este primer Parque Nacional tiene como objetivo el proteger, conservar y recuperar los ecosistemas del mismo, mediante un adecuado manejo y administración, así como conservar la diversidad biológica y los ecosistemas del Parque Nacional El Chico (CONANP, 2010)

El Parque Nacional El Chico, desde 1967 y al menos hasta 1980, ha sido distinguido como integrante del selecto grupo de 14 parques nacionales mexicanos que internacionalmente

gozan de reconocimiento por parte de la Organización de las Naciones Unidas, figurando en su lista mundial de Parques Nacionales y Reservas equivalentes.

De acuerdo con su poligonal de deslinde, el parque colinda al Noroeste con el pueblo El Puente, al Norte con ejidos de San José Zoquital, al Noroeste con ejidos de la ranchería Carboneras, al Suroeste con la comunidad de La Estanzuela, al Sur con la presa Jaramillo y pueblo de El Cerezo, y al Sureste con el ejido definitivo de Pueblo Nuevo (CONANP, 2005).

El Parque Nacional El Chico tiene especial relevancia dado que el macizo montañoso que comprende, el cual constituye una mínima fracción del parteaguas que separa a los sistemas hidrológicos correspondientes a las cuencas del Río Pánuco y Valle de México (Melo y López, 1993).

Los tipos de vegetación son: Bosque de oyamel (1,856.0 ha), Bosque de pino-encino (403.0 ha), Bosque de oyamel-encino (95.0 ha), Bosque de tlaxcal o táscate (63.0 ha), Pastizal (46.0 ha), Bosque de cedro (27.0 ha) y Bosque de encino (25.0 ha). La flora está constituida por 545 especies, 264 géneros y 73 familias.

Para el caso de la Región de la Barranca de Metztitlán se encuentra la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán.

La ubicación geográfica del Estado de Hidalgo entre el eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental generaron condiciones fisiográficas relevantes que han permitido se albergue una gran riqueza natural. Específicamente la región de Metztitlán ha sido considerada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad como Zona Prioritaria para la Conservación, ya que es parte principal de la zona de los cañones excavados por las afluentes del río Pánuco (CONAP, 2003). Así también, la región es considerada como Refugio Pleistocénico de la Biota Desértica Mexicana, por las afinidades que muestran la intensa relación que existió en el pasado con el desierto de Chihuahua y Sonora, funcionando actualmente como Corredor Biológico de las Zonas Áridas en el Altiplano Central del País.

La representatividad biogeográfica de varios ecosistemas terrestres (Matorral xerófilo; Matorral Sub-montano, Bosque de Coníferas, Bosque Tropical Caducifolio), su biodiversidad con buen grado de conservación, su alto nivel de endemismo, así como la presencia de ecosistemas acuáticos; todo esto aunado a la gran riqueza cultural por la existencia de construcciones históricas (construcción colonial del siglo XVI), pinturas rupestres, gran diversidad gastronómica y artesanal y una extensión de 96,042.94 Has., le dieron las características para declararla como área natural protegida con categoría de Reserva de la Biosfera, el 27 de noviembre del año 2000.

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán se localiza al centro este del Estado de Hidalgo, incluye los municipios de Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán de Ángeles; se ubica en la región hidrológica número 26 del río Pánuco, presenta gradientes altitudinales que van desde los 1000 hasta los 2000 msnm y es hábitat de un conjunto de ecosistemas frágiles de zonas áridas que contienen una gran riqueza en flora y fauna silvestre de importancia biológica, científica, económica, social y cultural (CONAP, 2003)

7.2.7 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS ESTATALES Y MUNICIPALES

El Estado de Hidalgo poseedor de gran cantidad de recursos naturales y particularmente de una diversidad biológica importante en la Zona Centro de México, se encuentra inmerso en un inevitable y acelerado proceso de crecimiento industrial, económico, social y urbano, en donde atender la variable ambiental viene a constituirse en un pilar indispensable y estratégico para caminar sólidamente hacia el desarrollo sustentable (COEDE, 2009)

Con base a los Ordenamientos Ecológicos Territoriales y diversos estudios, se deduce que la superficie prioritaria de conservación en el territorio asciende a 614,157.38 hectáreas, es decir el 29.38% del total estatal. No obstante, lo anterior Hidalgo cuenta con 36 áreas naturales protegidas de competencia Federal, Estatal y/o Municipal (**Figura 11**); las cuales cubren sólo 139,357.56 hectáreas, es decir el 22.69% de la superficie prioritaria para la conservación y el 6.67% de la extensión territorial del Estado (COEDE 2009).

Las áreas naturales protegidas de competencia estatal y municipal suman 31, las cuales cubren una superficie de 7,270.80 hectáreas, representando el 1.3% de la superficie prioritaria de conservación en el Estado. La mayor parte de esta superficie corresponde a reservas ecológicas establecidas en áreas boscosas de encino, pino y *juniperus* (enebro), y matorral xerófilo.

El municipio de Pachuca cuenta con una zona de Protección forestal (DOF. 11/09/1937), además de contar con una Áreas Naturales Protegidas de Competencia Estatal Parque Ecológico Cubitos (Parque Estatal) que cuenta con una superficie de 90.4506, el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo decretó el 28 de marzo de 1994 al cerro de Cubitos y el Zopilote como zonas de conservación ecológica. En el 2002, se realiza una revisión de sus colindancias y se establece una nueva poligonal para el Parque, la cual asciende a 90-40-06.20 has y que mediante decreto Gubernamental se establece en el periódico Oficial No. 53 Bis. Tomo CXXXV, de fecha 30 de diciembre de 2002, declarándose Área Natural Protegida en la categoría de Parque Estatal denominado "Parque Ecológico Cubitos".

Dentro de la misma zona de estudio se encuentra El Bosque del Hiloche, fue decretado como Parque Estatal, el 06 de septiembre de 2004, con una superficie de 99.88 ha. Se encuentra al centro del Estado de Hidalgo entre las coordenadas 98° 41' 30.9" y 98° 40' 08.1" longitud oeste y 20° 08' 21.7" y 20° 09' 26.6" latitud norte. La totalidad de su área pertenece políticamente al municipio de Mineral del Monte.

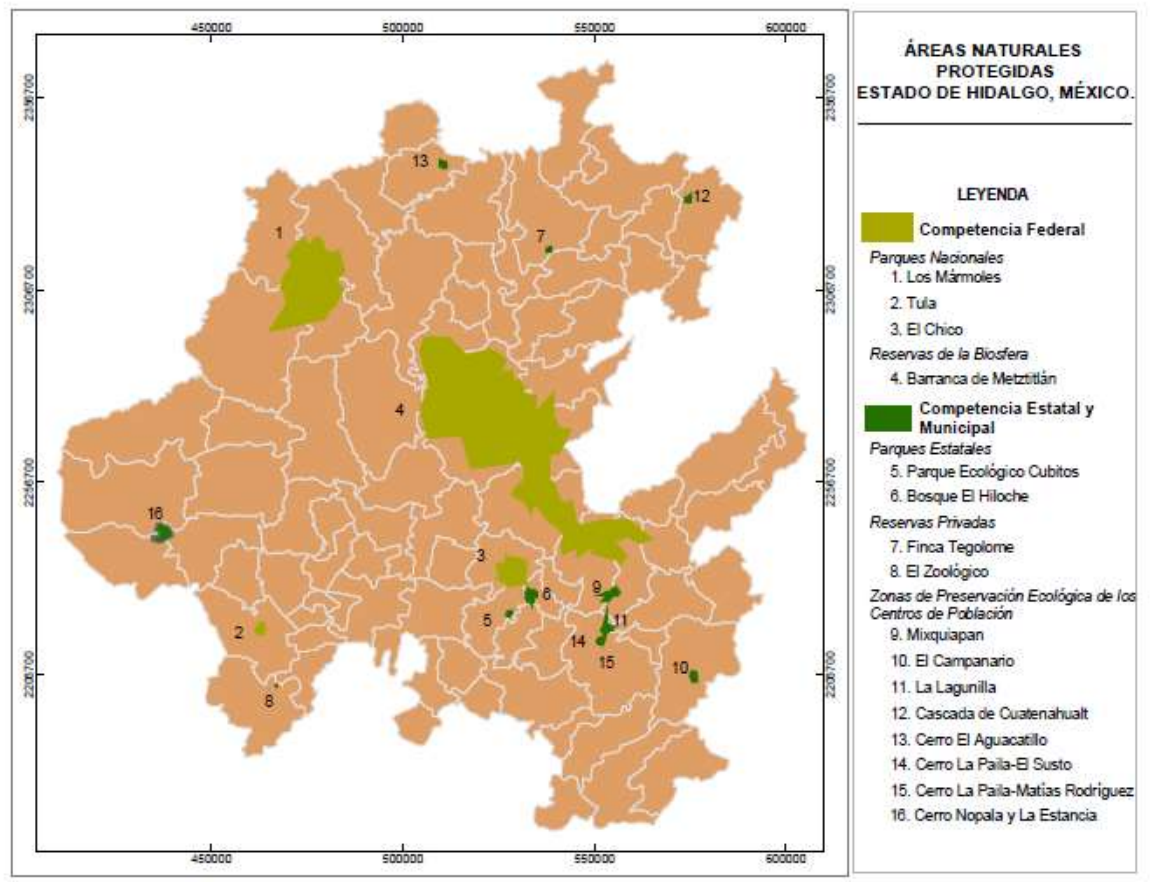


FIGURA 11. Áreas naturales protegidas en el Estado de Hidalgo
FUENTE COEDE, 2009

7.2.8 RIQUEZA BIOLÓGICA.

México, mosaico de paisajes y culturas que ocupa dos millones de kilómetros cuadrados, es, además, un país en el que la diversidad de formas de vida alcanza una magnitud extraordinaria. Del total de especies vegetales, animales y de microorganismos conocidos en el planeta, alrededor del 10% existen en México, más aún, muchas de ellas viven exclusivamente en México. Es el tercer país de mayor diversidad biológica; el primero en número de especies de reptiles; segundo en especies de mamíferos y en el prosperan 50% de las 900 especies de cactáceas conocidas en el mundo (Robles *et al.*, 1993).

Dadas las condiciones geológicas, fisiográficas y climáticas que integran una amplia variedad de ambientes, el Estado existe una diversidad florística y faunística sobresaliente, representada por 3,706 especies de flora y 675 especies de fauna. Todas estas especies se encuentran en 14 tipos de vegetación localizados en tres regiones ecológicas: región árida, región templada y la región tropical (COEDE, 2009).

En Hidalgo han sido registradas 10 especies consideradas en peligro de extinción, 66 amenazada, 23 sujetas a protección especial y 75 raras. El estado de Hidalgo ocupa el 9no

lugar de diversidad florística de México a pesar el deterioro acelerado en la región (Sánchez *et al.*, 2008).

En el caso de la zona de estudio es importante la alta tasa de biodiversidad existente debido a que dentro de la zona se encuentra un Parque Nacional denominado “El Chico”, además de contar con la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, ambos son puntos de alto grado de diversidad tanto de flora como de fauna.

La riqueza florística de la primera es considerada como rica y diversa a pesar de su pequeña extensión, teniendo en cuenta que el parque está constituido por pequeñas extensiones del Valle de México y de la Sierra de Pachuca. El parque Nacional el Chico debido a sus rasgos fisiográficos muy particulares, permite una alta cantidad de hábitats disponibles para la vida silvestre (CONANP, 2005). Por otro lado, existen en el área taxas que se han descrito como nuevos para la ciencia como *Draba hildalgensis* Calderón, *Mancoa rollinsiana* Calderón, *Tigridia martinezii* Calderón y *Pinguicola crassifolia* Zamudio, siendo las dos últimas especies, además de *Chimaphila maculata* y *Allium stoloniferum* endémicas al Municipio de Mineral del Chico (Hernández, 1995). Así mismo se ha registrado una nueva especie de encino con el nombre de *Quercus pachucana* Zavala, distribuida en los alrededores de la presa Jaramillo (Zavala, 2000). Por otro lado, la Sierra de Pachuca es rica y variada, debido a las características ambientales tan variadas que presenta.

Son muchos los estudios realizados en el región de la Comarca Minera específicamente en el parque Nacional el Chico referentes a la diversidad florística, Hernández (1995) en su estudio florístico- fanerogámico registra un total de 530 especies correspondientes a 264 géneros y 73 familias, siendo las familias mejor representadas Compositae, Gramineae, Labiate, Caryophyllaceae, Leguminosae, Rosaceae, Umblliferae, Scrophulariaceae, Cyperaceae, Ordhidaceae, Solanaceae y Cruciferae que constituyen el 58.4% del total de las especies. En cuanto a las pteridofitas del Parque Nacional se han identificado al momento 43 especies agrupadas en 17 géneros y 9 familias de helechos y lycopodios (Serrano y Sánchez, 2009). En cuanto al municipio de Zacualtipán se han realizo estudios acerca de la pteridoflora del mismo identificándose 15 familias, 27 géneros y 47 especies, dentro de las cuales se encontró que *Elaphoglossum dissitifrons* representa un nuevo registro para el estado de Hidalgo (Pérez y Sánchez, 2009). Hernández (1995), señaló que la mayor riqueza de especies, se da en los bosques de *Abies*, de *Quercus* y de *Abies-Quercus*, y que esto posiblemente se deba a la gran extensión que ocupan estas comunidades con respecto a los otros tipos de vegetación. Estos bosques se mezclan con otras especies arbóreas formando bosques mixtos, además de compartir especies de los estratos herbáceo y arbustivo de diversas familias; ya que en algunas áreas del bosque de *Abies* se presenta formando masas puras, pero en otros sitios está sujeto a diversos grados y formas de disturbio lo cual puede ser en parte responsable de su variabilidad en composición florística. En cuanto a los listados de anfibios y reptiles para la región de la Comarca Minera se encuentran estudios específicos en la zona del parque Nacional El Chico, en donde se encontraron 25 especies, 11 de anfibios (cinco salamandras y seis anuros) y 14 reptiles (Camarillo y Casa, 2001). Para los mamíferos (Aguilar *et al.*, 2005) identificó 30 especies, pertenecientes a 7 órdenes, 14 familias y 25 géneros, de las cuales doce especies son nuevos registros y cinco de ellas son murciélagos. Los mamíferos más abundantes fueron la ardilla *Sciurus oculatus* y el cacomixtle *Bassariscus*

astutus, entre las especies no registradas se encuentra el zorrillo listado *Mephitis macroura* y el zorrillo manchado *Spilogale putorius*.

Además se encuentran estudios acerca de las Mariposas del Parque (*Lepidoptera*) en donde se obtuvieron 69 especies, comprendidas en 53 géneros y 4 familias (Bizuet *et al.*, 2001).

Para el caso de las aves se encontraron 39 especies pertenecientes a cinco órdenes y 18 familias para los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma (Carbó, 2008 y Zuria 2010), para el caso del Parque Nacional se tienen registros de 48 especies distribuidas en 17 familias y 38 géneros. Donde dominan por su abundancia *Basileuterus belli* (chipe rey cejidorado), *Turdus migratorius*, *Pipilo erythrophthalmus* (pipilo), *Junco phaenotus* (ojos de lumbre) y *Dendroica occidentales* y *D. virens* (chipe negriamarillo) sobresalen por su abundancia.

En lo que se refiere a la Región de la Barranca de Metztitlán se tienen registros acerca de su flora vascular constituida de 465 taxas pertenecientes a 270 géneros y 83 familias. El grupo de las dicotiledóneas es el más grande estando integrado por 71 familias, 221 géneros y 392 especies. Entre las familias más representadas se encuentran las siguientes: Asteraceae (44 géneros y 70 especies), Cactaceae (17 géneros y 57 especies) y Leguminosae (22 géneros y 42 especies) (CONAP, 2003). De la fauna registrada en la Reserva, solo el 1.5 % son peces, el 1.8 % son anfibios, todos ellos pertenecientes al Orden Anura, el 9.2 % de las especies son reptiles, el 69.6 % son especies de aves y el 17.8 % son mamíferos.

En cuanto a los reptiles se registraron dos familias con una especie cada una, Ranidae (*Rana spectabilis*) presente en la laguna y ríos; y Bufonidae (*Bufo valliceps*) sólo presente en la laguna. Se tienen tres familias más con una especie cada una, de éstas, Pelobatidae (*Spea hammondi multipticata*) y Leptodactylidae (*Hylactophryne a.augustini*) son propias de matorral xerófilo, en tanto que la familia Hylidae (*Hyla miotympanum*) se distribuye preferentemente en arroyos y manantiales. La familia Pelobatidae es exclusivamente neártica en tanto que las demás son especies compartidas, es decir, que es factible encontrarlas en regiones neotropicales y neárticas. Cabe señalar que dos especies son endémicas de México, *Rana spectabilis* e *Hyla miotympanum*, lo que incrementa la importancia de la fauna silvestre en la zona de la Reserva

Tabla IX. Flora presente en la zona de estudio por municipio

CLASE	ORDEN	FAMILIAS	PACHUCA	M. REFORMA	M. MONTE	M. CHICO	OMITLÁN	HUASCA	A. EL GRANDE	SAN A. METZQUITLÁN	METZTITLÁN	ZACUALTIPÁN	TOTAL DE ESPECIES POR GENERO	
			No de sp.											
Asparagales	Liliopsida	Agavaceae	-	-	-	8	-	3	-	-	-	-	11	
		Asteraceae	15	9	27	48	-	17	9	7	57	41	230	
		Caryophyllaceae	14	-	6	18	-	-	-	-	-	-	-	38
		Ranunculaceae	-	-	6	10	-	1	-	-	-	-	3	20
		Rosaceae	2	-	6	15	-	-	-	-	-	-	-	23
Eudicotyledoneae	Ranunculales	Berberidaceae	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	3	
	Fabales	Leguminosae	14	-	21	22	-	3	11	-	-	-	71	
Liliopsida	Poales	Bromeliaceae	3	-	2	2	-	-	2	-	-	2	11	
	Poales	Eriocaulaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	4	
Magnoliopsida	Lamiales	Acanthaceae	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	
	Caryophyllales	Amaranthaceae	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
	Sapindales	Anacardiaceae	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	
	Gentianales	Apocynaceae	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	
	Aquifoliales	Aquifoliaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
	Apiales	Araliaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
	Gentianales	Asclepiadaceae	4	-	2	-	-	3	2	-	-	-	11	
	Violales	Begoniaceae	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3	
	Lamiales	Boraginaceae	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	4	
	Sapindales	Burseraceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	Caryophyllales	Cactaceae	26	3	2	-	-	3	-	-	11	-	45	
	Asterales	Campanulaceae	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3	
	Dipsacales	Caprifoliaceae	2	-	3	3	-	-	-	-	-	-	8	
	Caryophyllales	Chenopodiaceae	4	2	1	-	-	-	-	-	-	-	7	
	Malvales	Cistaceae	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	
	Solanales	Convolvulaceae	4	3	1	4	-	-	-	-	-	-	12	
	Fagales	Fagaceae	-	-	8	7	-	-	-	-	-	2	17	
	Laurales	Lauraceae	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	
	Malvales	Malvaceae	6	-	3	-	-	-	-	-	-	-	9	
	Papaverales	Papaveraceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	Piperales	Piperaceae	1	-	2	5	-	-	-	-	-	-	8	
	Plumbaginales	Plumbaginaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	Polygonales	Polygonaceae	4	-	3	3	-	-	1	-	3	1	15	
	Caryophyllales	Salicaceae	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	4	
	Lamiales	Callitrichaceae	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	
	Asterales	Compositae	71	3	53	67	-	-	-	-	-	-	194	
	Saxifragales	Crassulaceae	9	-	1	1	-	-	-	-	-	-	11	
	Brassicales	Cruciferae	15	-	6	8	-	-	-	-	-	-	29	
	Cucurbitales	Cucurbitaceae	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	6	
	Ericales	Ericaceae	-	-	4	5	-	-	-	-	-	-	9	
	Malpighiales	Euphorbiaceae	7	-	5	3	-	-	-	-	-	-	15	
	Garryales	Garryaceae	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	
	Gentianales	Gentianaceae	1	-	4	2	-	-	-	-	-	-	7	
	Geraniales	Geraniaceae	1	-	4	5	-	-	-	-	-	-	10	

	Theales	Gutiferae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
	Solanales	Hydrophyllaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	Lamiales	Labiatae	10	1	14	16	-	-	-	-	-	-	41
	Lamiales	Lentibulariaceae	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	3
	Cornales	Loasaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	Gentianales	Loganiaceae	4	-	-	2	-	-	-	-	-	-	6
	Santalales	Loranthaceae	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	4
	Myrtales	Lythraceae	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
	Caryophyllales	Nyctaginaceae	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	Lamiales	Oleaceae	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
	Myrtales	Onagraceae	7	-	5	8	-	-	-	-	3	-	23
	Lamiales	Orobanchaceae	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
	Oxalidales	Oxalidaceae	-	-	1	2	-	-	-	-	-	6	9
	Caryophyllales	Phytolaccaceae	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
	Lamiales	Plantaginaceae	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	5
	Ericales	Polemoniaceae	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	5
	Ericales	Primulaceae	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	4
	Ericales	Pyrolaceae	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	5
	Brassicales	Resedaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	Rosales	Rhamnaceae	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Gentianales	Rubiaceae	5	-	8	4	-	-	-	-	-	-	17
	Saxifragales	Saxifragaceae	1	-	1	3	-	-	-	-	-	-	5
	Scrophulariales	Scrophulariaceae	8	-	-	14	-	-	4	-	3	3	32
	Solanales	Solanaceae	10	-	-	14	-	-	-	-	-	5	29
	Ericales	Symplocaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	Apiales	Umbelliferae	2	-	-	20	-	-	-	-	-	-	22
	Urticales	Urticaceae	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4
	Dipsacales	Valerianaceae	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	5
	Lamiales	Verbenaceae	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	6
	Violales	Violaceae	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	5
Monocotyledoneae	Asparagales	Amaryllidaceae	8	-	-	4	-	-	-	-	-	-	12
	Commelinales	Commelinaceae	3	-	6	4	-	-	-	-	-	-	13
	Poales	Cyperaceae	5	-	5	9	-	2	-	-	2	11	34
	Poales	Gramineae	29	-	9	20	-	-	-	-	-	-	58
	Asparagales	Iridaceae	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
	Poales	Juncaceae	2	-	-	6	-	2	-	-	-	5	15
	Liliales	Liliaceae	4	-	5	7	-	-	-	-	-	-	16
Asparagales	Orchidaceae	-	-	6	15	-	-	-	-	-	-	21	
Pinopsida	Pinales	Cupressaceae	1	-	3	4	-	-	-	-	-	-	8
		Pinaceae	1	-	1	4	-	-	-	-	-	-	6
		Cerniceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
		Marsilleaceae	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3
		TOTAL	344	22	264	435	0	37	30	7	84	78	1301

Fuente: Hernández, 1995; Barrios, 1996; COEDE, 2000; CONANP 2003; Pérez *et al*, 2005; CONANP 2005; UNIBIO, 2009; Pérez y Sánchez, 2009; Serrano y Sánchez, 2009.

En cuanto a los mamíferos la región registra 42 especies diferentes (Castro y Romo, 1997). De las familias reportadas en el área de la Reserva, cuatro pertenecen a la región neártica: *Vespertilionidae*, *Leporidae*, *Sciuridae* y *Heteromyidae* que avanzan en la región neotropical y las familias *Cricetidae*, *Felidae*, *Canidae*, *Procyonidae* y *Mustelidae* que son compartidas (Álvarez y Lachica, 1991). De la fauna vertebrada registrada para la Reserva, el 7.9 % se encuentra en alguna categoría dentro de la Norma Oficial Mexicana, 1.9 % son reptiles, 4.1 % son aves y el 1.9 % son mamíferos (CONAP, 2003).

Listados florísticos además de los ya mencionados destacan por realizarse en cuanto a municipios se refiere, para el caso de la zona de estudio se encontró un total de 1,301 especies de plantas (Hernández, 1995; Barrios, 1996; COEDE, 2000; CONANP 2003; Pérez *et al*, 2005; CONANP 2005; UNIBIO, 2009; Pérez y Sánchez, 2009; Serrano y Sánchez, 2009), de las cuales la familia Asteraceae es la mejor representada con 230 especies, seguida de la familia Compositae con 194 especies en cuanto a los municipios se tiene que Mineral del Chico es el mejor estudio, debido a que posee dentro de sus límites el Parque Nacional “El chico”, para este municipio se encontró un total de 435 especies, seguido del municipio de Pachuca que presentó 344 especies y de Mineral del Monte con 264 especies (**Tabla IX**) se observa que estos municipios pertenecen a la Comarca Minera, por su lado la Región de la Barranca de Metztitlán se tiene que el municipio mejor estudio es Metztitlán que presentó 84 especies seguido del Municipio de Zacualtipán con 78 especies. Se encontró un total de 85 familias de las cuales el municipio mejor representado Mineral del Chico, presenta 64 de las 85 familias es decir es el municipio que hasta el momento representa una mayor riqueza biológica, además de ser el municipio mejor estudio.

Delgado y Márquez (2006) en su estudio del conocimiento y conservación de los Coleóptera Escaravaeidea (Insecta) del estado de Hidalgo, México, hace un estudio acerca de los géneros presentes en el estado. Para la zona de estudio se encontró un total de 130 especies de Coleópteros, pertenecientes a 35 géneros de los cuales el mejor representado es *Phyllophaga* con 13 especies, seguido del género *Chrysina* con 12 especies, en cuanto al municipio que presenta una mayor riqueza biológica de escarabajos se tiene que el municipio de Zacualtipán es el mejor representado con 52 especies, las cuales pertenecen a 21 géneros, siendo así el municipio que mayor riqueza biológica en cuanto a escarabajos se refiera presenta, seguido de este se tiene al municipio de Pachuca que presenta 28 especies, en este municipio se encontró a *Phyllophaga (Phyllophaga) pachuca* especie reportada como endémica de la zona de Pachuca.

TABLA X. Diversidad biológica de Aves, Mamíferos, Reptiles y Coleópteros en la zona de estudio

GÉNERO	PACHUCA	M. REFORMA	M. MONTE	M. CHICO	OMITLÁN	HUASCA	A. EL GRANDE	SAN A. METZQUITILÁN	METZTILÁN	ZACUALTIPÁN	TOTAL DE ESPECIES POR GENERO
	No de sp.										
	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>I</u>	<u>F</u>	<u>F</u>	<u>R</u>	<u>O</u>	<u>S</u>		
Baiomys	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Chaetodipus	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Choeronycteris	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2
Coendu	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Corynorhinus	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Cratogeomys	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cryptotis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Cuniculas	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Dermanura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Desmodus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
Didelphis	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Dipodomys	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2
Eptesicus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Euderma	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Eumops	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Herpailurus	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Lasiurus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Leopardus	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Leptonycteris	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	3
Lynx	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Microtus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Mormoops	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2
Mustela	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Myotis	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
Nasua	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Oligoryzomys	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Oryzomys	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3
Oryzomys	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Perognathus	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Peromyscus	5	2	1	3	-	-	-	4	1	-	16
Potos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Puma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Reithrodontomys	-	1	1	1	-	-	-	1	1	-	5
Sciurus	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
Sciurus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Sigmodon	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2
Sturnira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Thomomys	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
TOTAL	5	9	6	6	0	0	0	0	23	18	67
	<u>R</u>	<u>E</u>	<u>P</u>	<u>T</u>	<u>I</u>	<u>L</u>	<u>E</u>	<u>S</u>			
Abronia	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2
Ambystoma	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Aspidoscelis	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	4
Barisia	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
Chiropterotriton	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4
Cnemidophorus	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Conopsis	3	-	-	1	-	1	-	-	-	-	5
Crotalus	0	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2
Diadophis	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Eumeces	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3
Geophis	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Hyla	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3
Phrynosoma	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
Pituophis	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Pseudoeurycea	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
Rana	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3
Sceloporus	6	-	3	4	3	1	3	3	4	-	27
Thamnophis	-	-	-	1	-	3	1	-	-	-	5
Total	20	0	4	21	4	6	4	5	6	0	70

	<u>A</u>	<u>V</u>	<u>E</u>	<u>S</u>		
Archilochus	-	-	-	-	-	1
Atlapetes	-	-	-	1	-	-
Auriparus	-	-	-	-	-	1
Bombycilla	1	-	-	-	-	-
Bubulcus	1	-	-	-	-	-
Calothorax	1	-	2	-	-	-
Campylorhynchus	1	-	-	-	-	-
Cardinalis	-	-	-	-	-	1
Carduelis	1	-	4	-	-	-
Carpodacus	2	-	-	-	-	1
Certhia	-	-	-	1	-	-
Chondestes	-	-	-	-	-	1
Colibri	-	-	1	-	-	-
Columbina	3	-	-	-	-	1
Contopus	-	-	-	-	-	1
Cyananthus	1	-	-	-	-	-
Dendroica	2	-	1	-	-	-
Empidonax	-	-	3	5	-	1
Eugenes	1	-	-	-	-	-
Falco	-	-	-	-	-	1
Geococcyx	-	-	-	-	-	1
Hirundo	1	-	-	-	-	-
Hylocharis	1	-	-	-	-	-
Icterus	4	-	-	-	-	-
Junco	-	-	-	1	-	-
Lampornis	1	-	-	-	-	-
Lanius	1	-	-	-	-	-
Leptotila	-	-	-	-	-	1
Melanerpes	1	-	1	-	-	-
Melanotis	-	-	-	-	-	1
Melospiza	1	-	-	-	-	-
Mimus	1	-	-	-	-	1
Molothrus	2	-	-	-	-	-
Myadestes	-	-	1	-	-	-
Myiarchus	-	-	-	-	-	1
Myioborus	-	-	-	1	1	-
Oriturus	-	-	-	1	-	-
Parus	-	-	2	1	-	1
Passer	1	-	-	-	-	-
Picoides	1	-	-	-	-	-
Pipilo	3	-	1	-	-	-
Piranga	-	-	-	-	-	-
Piranga	2	-	-	-	-	3
Polioptila	2	-	-	-	-	1

Psaltriparus	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3
Pyrocephalus	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Quiscalus	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Regulus	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	3
Ridgwaya	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Salpinctes	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Sayornis	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
Selasphorus	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	4
Sphyrapicus	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3
Spizella	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Sporophila	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
Thryomanes	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Toxostoma	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Troglodytes	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3
Turdus	2	-	3	2	-	-	-	-	1	-	8
Tyrannus	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Vermivora	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Wilsonia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Zenaida	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Total	50	0	31	18	1	0	0	0	29	0	129
	<u>C</u>	<u>O</u>	<u>L</u>	<u>E</u>	<u>O</u>	<u>P</u>	<u>T</u>	<u>E</u>	<u>R</u>	<u>A</u>	
Anomala	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Calomacraspis	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	3
Canthon	-	-	1	-	-	-	2	1	-	2	6
Cephalocyclus	1	-	-	-	1	-	-	-	-	3	5
Chlorixanthe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Chrysina	1	-	3	-	-	1	-	-	-	7	12
Copris	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
Cotines	1	1	-	-	-	-	1	-	-	1	4
Cyclocephala	-	-	-	-	-	-	-	1	1	4	6
Diplotaxis	7	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8
Epectinaspis	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3
Eucanthus	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Euetheola	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Euphorbia	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	7
Heliscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Liothorax	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Macridactylus	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Odontotaenius	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
Ohanaeus	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Oileus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
Onthophagus	1	1	-	-	-	3	-	-	-	4	9
Orizabus	2	-	-	-	-	-	-	-	1	2	5
Parachrysina	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2
Petrejoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
phanaeus	1	-	-	-	-	2	1	-	-	2	6
Phyllophaga	4	-	2	-	1	-	-	-	-	6	13
Planolinus	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Polyphylla	-	-	-	-	1	2	-	-	2	2	7
Procutejus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
Pseucanthus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Pseudogolius	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Ptichopus	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	3
Strategus	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	3
Tomarus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Xyloryctes	-	-	-	2	1	-	-	-	-	4	7
TOTAL	28	2	6	2	5	10	7	6	12	52	130

7.2.8.1 ESPECIES CONSIDERADAS EN ESTADO CRÍTICO

La alta diversidad de vegetación así como su topografía accidentada hace del Parque Nacional el Chico una fuente altamente en diversidad biológica. En el Parque Nacional se distribuyen 14 especies entre anfibios y reptiles catalogadas bajo una categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo). Entre las especies de anfibios se encuentran las ranas *Hyla plicata*, *H. robertorum*, el ajolote *Ambystoma velasci* y las salamandras *Chiropetrotriton dimidiatus*, *Ch. multidentatus*, *Pseudoeurycea belli* y *P. cephalica*. Mientras que entre reptiles se encuentran los escorpiones *Abronia taeniata* y *Barisia imbricata*, las lagartijas *Phrynosoma orbiculare* y *Sceloporus grammicus* y las culebras *Thamnophis cyrtopsis*, *T. scalaris* y *T. scaliger* (**Figura 12**).

En cuanto a la flora se refiere se encontraron especies que están bajo algún rango de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001, dentro de la categoría de sujeta a protección especial se señala la especie *Juniperus monticola* y *Pseudotsuga macrolepis* dentro de esta categoría se encuentra de igual manera *Taxus globosa* que fue calificada como una especie rara en la NOM-059-ECOL-1994 (que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial) y actualmente como una especie sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2001 (CONANP, 2005; COEDE, 2000 y UNIBIO, 2010). Dentro de las consideradas en peligro de extinción se encuentra *Gentiana spathaceae* y *Litsea glaucescens* mientras que en la lista de especies amenazadas encontramos a *Furcraea bedinghausii* perteneciente al matorral xerófilo.



El re Figura 12. Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001 en la Región de la Comarca Minera e concentración rica de especies. Lamentablemente su problemática ambiental aunado a la carencia de estudios florísticos y ecológicos, así como la depredación y saqueo de la flora hace que muchas especies se vean afectadas llegando a considerar según la NOM-059-SEMARNAT 2001 como especies en estado crítico (Flores y Gerez, 1988, Sánchez-Mejorada, 1978), señalan con estatus crítico a las cactáceas *Cephalocereus senilis* (viejito) y *Astrophytum ornatum* (biznaga) así como a la orquídea *Laelia speciosa* (flor de mayo). En cuanto a anfibios y reptiles de la Reserva se tiene que *Crotalus atrox*, *Lepydophyma sylvaticum* (Lagartija nocturna) *Scincella gemmingeri* (Encinela) se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 dentro de la categoría de Protección especial, para las aves se encontró que el género *Buteo jamaicensis* (Gavilán de cola roja) y *Lepus californicus* (Liebre) en el caso de los mamíferos se encuentran dentro de la misma categoría es decir especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas. En cuanto a las especies amenazadas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 (especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo) se encontró a *Astrophytum ornatum* (Biznaga liendrilla) *Bouvardia erecta* (Garcita) *Lophopera diffusa* (Peyote) *Mammillaria humboldtii* (Biznaga bola de nieve) *Mammillaria schiedeana* (Biznaga de Metztitlán) y *Cephalocereus senilis* (Viejito) para el caso de la flora siendo estos dos últimos especies endémicas de la Barranca de Metztitlán (COEDE, 2000 y CONANP, 2003) En el caso de los reptiles se tiene a *Thamnophis cyrtopsis* (culebra listonada cuello negro), *Thamnophis proximus* (Culebra listonada occidental), para aves se tiene *Aquila crtrysaetos* (águila real), *Bassariscus astutus* (Cacomixtle) y *Leptonycteris nivalis* (Murciélago trompudo) (UNIBIO, 2010; COEDE, 2000). De la fauna vertebrada registrada para la Reserva, el 7.9 % se encuentra en alguna categoría dentro de la Norma Oficial Mexicana, 1.9 % son reptiles, 4.1 % son aves y el 1.9 % son mamíferos (Figura 13).



Figura 13. Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001 en la Región de la Comarca Minera Barranca de Metztlán

7.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

7.3.1 POBLACIÓN

Hidalgo cuenta con 2, 374,308 hab. (INEGI 2005) de la cual la zona de estudio representa el 21% de la población total con 492 955 hab (**Tabla XI**). En cuanto a la superficie el estado de Hidalgo cuenta con 20 813 km² siendo 2 215 km² lo que abarca la zona de estudio es decir el 10.65% del estado.

TABLA XI. Número de habitantes y superficie en la zona de estudio

Clave del Municipio	Nombre del Municipio	Habitantes	Superficie km ²	% Superficie
48	Pachuca de Soto	275 578	195.3	0.76
51	Mineral de la Reforma	97 498	92.5	0.52
39	Mineral del Monte	11 944	77.1	0.24
38	Mineral del Chico	6 714	118.2	0.93
45	Omitlán de Juárez	7 529	110.5	0.37
24	Huasca de Ocampo	15 201	305.8	1.47
12	Atotonilco el Grande	23 823	457.88	2.2
36	San Agustín Metzquitlán	8 558	313	1.49
37	Metztlán	20 123	303.3	1.15
81	Zacualtipán de los Ángeles	25 987	241.6	1.21

FUENTE: INEGI 2008

7.3.2 CLASIFICACIÓN Y USO DE SUELO

Para el municipio de Pachuca la superficie utilizada es de 64% al uso urbano, debido a la utilidad extensiva e intensiva de la tierra; que gradualmente ha ido incrementándose por la demanda frecuente de vivienda, lo que corresponde a un aspecto demográfico que vincula la ocupación de áreas anteriormente destinadas al cultivo (**Figura 14**). Es seguida en 36% al uso agrícola, donde principalmente predominan las tierras de temporal y los pastos naturales, y en menor importancia, las tierras de riego (INEGI, 2005).

Para el caso de Mineral de la Reforma la superficie utilizada para cada actividad es de Agricultura, Pecuaria, Usos urbanos Otros usos. En Atotonilco el Grande el uso principal que se le da a la tierra en el municipio es el agrícola y el pecuario, ya que la mayoría del suelo es de buena calidad, tiene una producción de maíz, frijol, avena forraje, alfalfa verde y productos de la pradera. Una porción de tierra es de uso de riego y lo demás es de temporal. En lo referente al uso pecuario, las áreas de praderas y de pastizales son destinadas para el ganado ovino, bovino y caprino principalmente. El área de bosque y selva es destinada para el uso forestal, sobre todo para la obtención de productos maderables (INEGI, 2005). En Huasca el uso de suelo es agrícola y pecuario, ya que la mayoría del suelo es de buena calidad, tiene una producción de maíz, alberjon, cebada, haba, legumbres y frutas. En lo referente al uso pecuario, las áreas de praderas y de pastizales son destinadas para el ganado ovino, bovino y caprino principalmente.

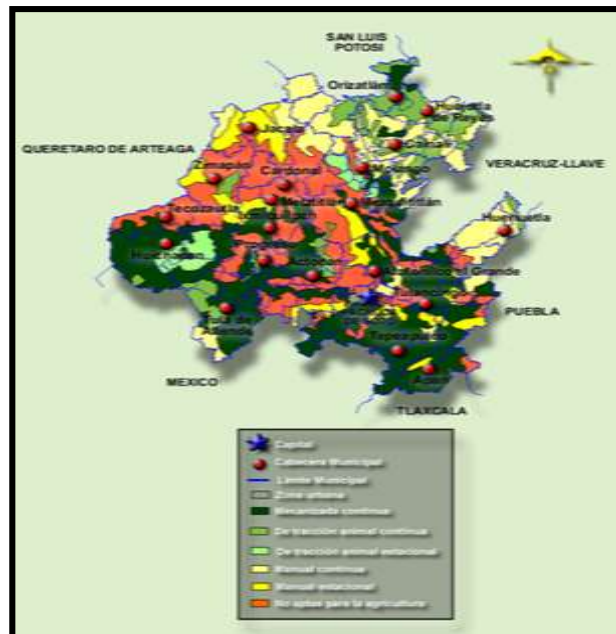


FIGURA 14. Mapa de uso potencial de suelo
Fuente INEGI 2009

El suelo en el Municipio de Mineral del Chico es principalmente de uso forestal, seguido del uso agrícola y por último tiene otros usos como es el pecuario. En el caso del Municipio de

Metztlán, Mineral del Monte, San Agustín Metzquitlán y Zacualtipán el uso principal es de agostadero y muy pequeño el uso agrícola (**Figura 14**). La tenencia es ejidal. Para el municipio de Omitlán el uso principal es el agrícola, ya que se destina alrededor del 52.8% de la superficie, otro tipo de uso es el de bosque o selva y pastos naturales; ya que la mayoría del suelo es de buena calidad, tiene una producción de maíz, avena forraje, frijol, trigo, grano y cebada forraje. En lo referente al uso pecuario, las áreas de praderas y de pastizales son destinadas para el ganado ovino, caprino, porcino y bovino principalmente.

7.3.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA

En los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma la principal actividad económica es la de comercio, siendo este el motor de desarrollo municipal. Para los municipios de Mineral Monte, Mineral del Chico, Omitlán, Huasca de Ocampo, Atotonilco el Grande, Metztlán, San Agustín Metzquitlán y Zacualtipán su principal actividad económica es la agricultura y la ganadería (**Tabla XII**); en los 4 primeros destaca igual el sector turístico al contar con parques, cascadas y demás zonas turística.

TABLA XII. Principales cultivos y superficie sembrada en la zona de estudio

MUNICIPIO	PRINCIPALES CULTIVOS	SUPERFICIE (hac.)
ESTADO	Maíz de grano, frijol, café cereza, caña de azúcar piloncillo, Cacahuate, Limón, Mandarina, orgánico, chile verde, Papaya.	588740.99
PACHUCA	Tuna, Alfalfa, Frijol, Maíz, Cebada	4271
M. REFORMA	Tuna, Alfalfa, Frijol, Maíz, Cebada	4853
M. MONTE	Maguey, Manzana, Cebada	858
M. CHICO	Avena, Maíz, Pera, Manzana, Aguacate	2879
HUASCA	Maíz grano, Frijol, Durazno, Nopal, Cacahuate, Tuna, Manzana	7620
OMITLÁN	Tuna, Pera, Durazno, Frijol, Cebada	1830
AT. EL GRANDE	Maíz de grano, frijol, Chile verde, naranja, café cereza, Limón, Tuna, Durazno Haba, Aguacate	7671
SAN. AGUSTÍN METZQUITILÁN	Frijol, Nuez de catilla, cacahuate Aguacate, Durazno, Granada, Ejote	3274
METZTITLÁN	Frijol, Papa, Cebada, Aguacate, Durazno, Limón, Mango	9123
ZACUALTIPÁN	Avena, Manzana, Durazno, Cebada, Café cereza, Naranja	1237

Fuente INEGI, 2005

7.3.4 VÍAS DE COMUNICACIÓN

Hidalgo cuenta con 7,923 kilómetros de carreteras, de los cuales 36 corresponden a CAPUFE, a carreteras federales 1,025 (12.9 %), a carreteras estatales 2,422 (30.6 %), a caminos rurales 3,822 (48.2 %) y 618 kilómetros (7.8 %) a caminos construidos por diversas dependencias para el apoyo de sus propias funciones. El Estado cuenta con 6 aeródromos en las ciudades de Pachuca, Huichapan, Molango, Ixmiquilpan, Tizayuca y Zimapán.

El aeropuerto e Pachuca cuenta con una pista de 1,800 metros de largo por 30 de ancho con plataforma de aviación general, pernocta y servicios de combustible. Presenta un promedio de 4,500 operaciones anuales. La red ferroviaria que complementa el sistema de comunicaciones del Estado contaba en 1999 con 978.5 kilómetros, equivalentes al 3% del total nacional. El ferrocarril constaba con 255.7 kilómetros de vías troncales; 108.3 kilómetros de ramales y 217.5 kilómetros de vías

secundarias; así mismo, 50.3 kilómetros de vías particulares, 184.7 kilómetros de vías auxiliares y 60 kilómetros. de vías en desuso. El 90 % presentan una antigüedad de más de 50 años. En la **Tabla XII** se observa la longitud de carretera en los municipios, así como las vías de comunicación que hay en estado y en los municipios (**Figura 15**).

TABLA XIII. Longitud de la red carretera por tipo de camino

MUNICIPIO	TOTAL	TRONCO/FED.	ALIMENTADORAS	CAMINOS	BRECHAS MEJORADAS
HIDALGO	11.148,530	750,220	2.773,310	6.350,730	1.274,270
PACHUCA	92.1	2.3	72.3	0	17.5
M. DELA REFORMA	62	1.4	27.9	26.4	6.3
M. MONTE	76.3	9	17	25.2	19.7
M. CHICO	202.6	0	46.3	105.9	50.4
HUASCA	234	0	27.4	119.6	87
OMITLÁN	79	8	2.3	30.9	25.8
ATOTONILCO EL GRANDE	338.5	29.2	28.1	209.7	71.4
SAN. AGUSTÍN	165.2	37	8	90.1	30.1
METZQUITILÁN					
METZTITLÁN	211.3	0	47.7	134.1	29.5
ZACUALTIPÁN	139.2	16	16.5	92.2	14.5

a/-Datos referidos al 31 de diciembre de cada año. b/-También es conocida como principal o primaria, tiene como objetivo específico servir al tránsito de larga distancia. Comprende caminos de dos carriles, y para 2004 no se incluyen carreteras de cuota/-También conocidas con el nombre de carreteras secundarias, tienen como propósito principal servir de acceso a las carreteras troncales. Para 2004 debido al programa de acuerdos de la descentralización administrativa y operativa de infraestructura de carreteras, se incluyen 110.3 kilómetros que correspondían a la SCT.d/ los datos que se encuentran en la tabla a partir del municipio de Tlanchinol son del año 2003. FUENTE:-Centro SCT Hidalgo. Dirección General; Unidad de Planeación y Evaluación. secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado. Subsecretaría de Obras Públicas.

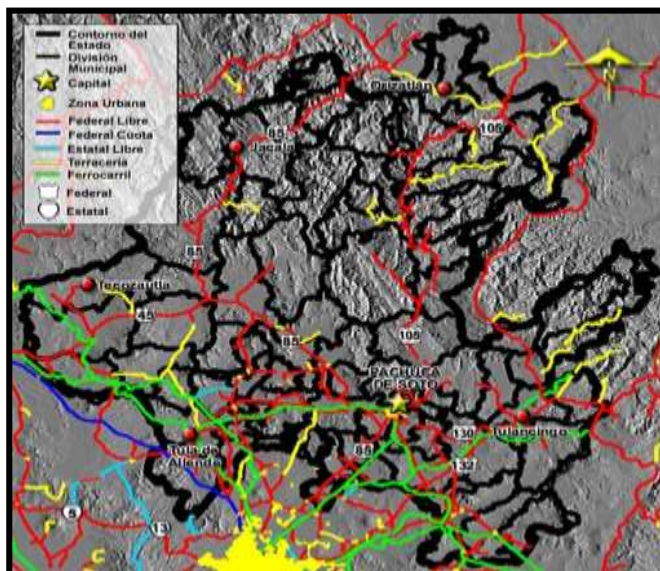


Figura 15. Vías de comunicación del Estado de Hidalgo
Fuente SCT, 2005

7.4 RESULTADOS DE APORTES DE CONTAMINACIÓN

La descripción de los resultados por municipio se maneja de acuerdo con la clave de cada municipio, a continuación se pone una tabla con el número del municipio y el nombre de cada uno de ellos (**Tabla XIV**)

Tabla XIV. Clave y Nombre de los Municipios de la zona de Estudio

CLAVE DEL MUNICIPIO	NOMBRE DEL MUNICIPIO	REGIÓN
48	Pachuca de Soto	COMARCA MINERA
51	Mineral de la Reforma	
39	Mineral del Monte	
38	Mineral del Chico	
45	Omitlán de Juárez	
24	Huasca de Ocampo	BARRANCA DE METZTITLÁN
12	Atotonilco el Grande	
36	San Agustín Metzquititlán	
37	Metztitlán	

En la **Tabla XV** se presentan las industrias presentes por cada municipio divididas por sectores según la nomenclatura utilizada por la Organización de las Naciones Unidas. Por regiones se observa que la más representativa es la Barranca de Metztitlán con un total de 416 fuentes de las cuales 415 pertenecen al sector ganadero y una al alimenticio, mientras que la Comarca Minera presenta 191 fuentes de las cuales el ganadero aporta 146 fuentes por 12 del sector alimenticio y el metal-mecánico.

TABLA XV. Número de industrias presentes por Municipio

	Municipio	SECTORES INDUSTRIALES										TOTAL
		11	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
COMARCA MINERA	48	28	9	6	1	1	5	2	0	8	0	60
	51	59	3	1	0	0	2	3	0	4	0	72
	39	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	38	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	45	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	TOTAL	146	12	7	1	1	7	5	0	12	0	191
BARRANCA DE METZTITLÁN	24	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
	12	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
	36	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126
	37	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
	81	93	1	0	0	0	0	0	0	0	0	94
	TOTAL	415	1	0	0	0	0	0	0	0	0	416
	TOTAL	561	13	7	1	1	7	5	0	12	0	607

En la **Figura 16** se observan las distintas fuentes industriales que se presentan en la zona de estudio tanto para la Comarca Minera como la Barranca de Metztitlán.

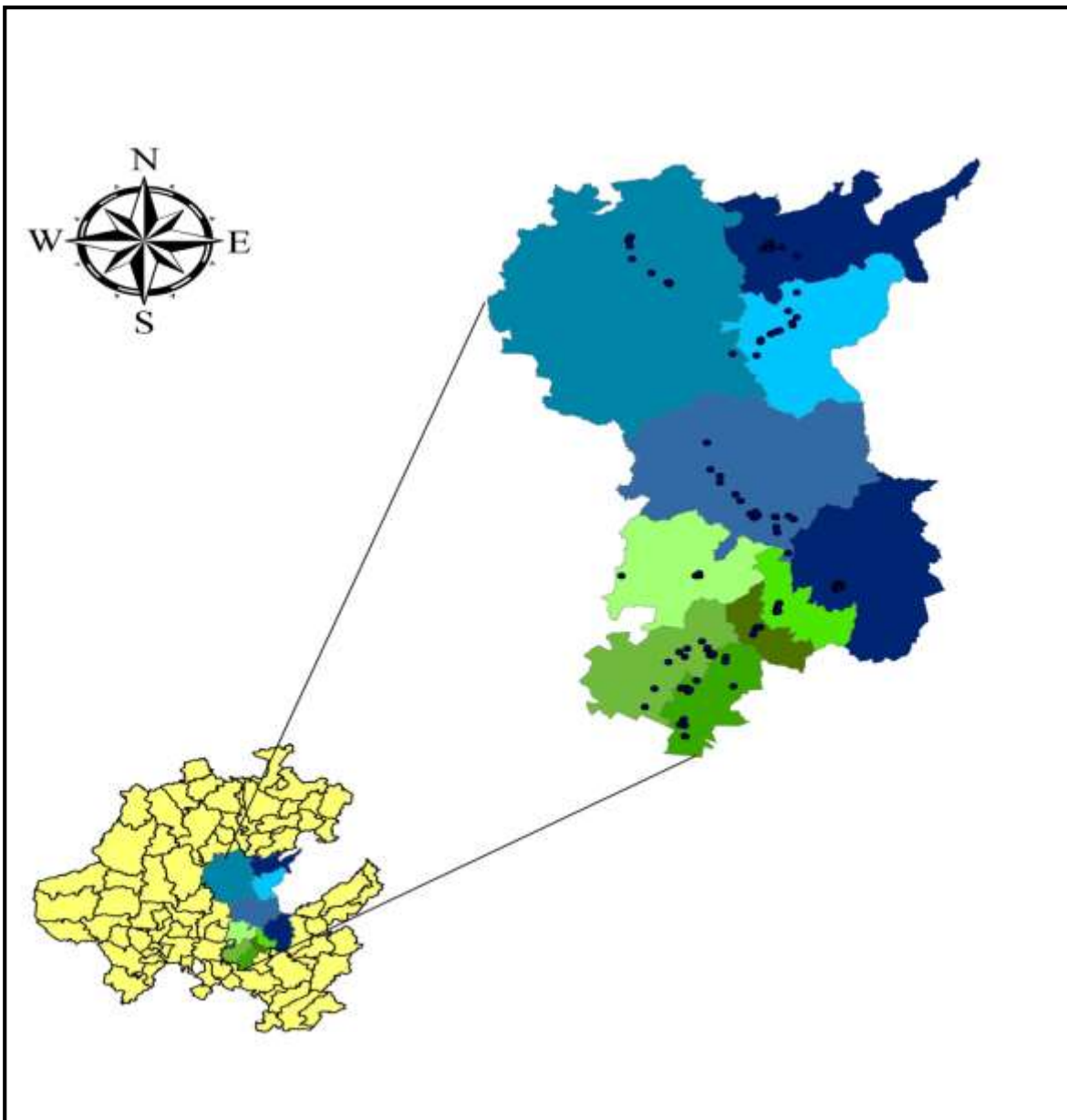


FIGURA 16. Geo-referenciación de las fuentes industriales en la zona de estudio
Fuente Elaboración propia

CONTAMINACIÓN AL AIRE

7.4.1 CONTAMINACIÓN AL AIRE

La contaminación del aire consiste en la presencia de sustancias o formas de energía que alteran la calidad del mismo e implica riesgo, daño o molestia grave a los seres vivientes en general. Las fuentes de emisiones contaminantes que incluye la técnica ERFCA son de tres tipos; fuentes móviles, industriales y de generación eléctrica, siendo los parámetros considerados por ERFCA las partículas suspendidas totales (PST), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), entre otros.

En el presente estudio se detectaron fuentes móviles como industriales, para el primer caso se clasifico el número de automotores que emplean gasolina y diesel información que fue proporcionada por la franquicia de Petróleos Mexicanos (PEMEX) en cada municipio que comprende la zona de estudio, dicha información es referida a la cantidad de litros que se vende por municipio.

Para los municipios de Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, Mineral del Monte y Huasca de Ocampo se consideró el consumo anual de combustible mediante el método americano, empleando el consumo anual de gasolina. Para los municipios de Mineral del Chico, Omitlán de Juárez, Atotonilco el Grande, San Agustín Metzquitlán, Metztlán y Zacualtipán de los Ángeles se utilizó el método europeo basado en el Kilometraje recorrido

7.4.1.1 EMISIONES AL AIRE DE FUENTES MÓVILES

Los cálculos se basan en el consumo total de gasolina y diésel al año por municipio, se tomaron en cuenta el número de gasolineras por municipio siendo el municipio de Pachuca de Soto el más representativo con 32, Mineral de la Reforma (14), Mineral del Monte (1), Huasca de Ocampo (3) los que cuentan con servicio de gasolineras.

La contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina por municipio indica que el municipio de Pachuca (48) emite cerca de 52,008 ton/año 29% menos con respecto al municipio de Mineral de la Reforma que emite cerca de 15,571 ton/año, seguido de Atotonilco el Grande (12) con 3,188 ton/año y de Huasca de Ocampo (24) con 2,531 ton/año (**Tabla XVI**).

En la **Figura 17** se observan las emisiones de contaminantes con motor a gasolina observándose que el municipio de Pachuca es el que más emisiones arroja al aire y en menor cantidad se encuentra el municipio de Mineral del Chico (38). En cuanto a los porcentajes de contaminantes con motor a gasolina por municipio y como se muestra en la **Figura 21** el municipio de Pachuca (48) emite el 65% de la contaminación total seguido con un 20% de Mineral de la Reforma (51) y de Mineral de Monte con un 4%. En la **Figura 21** se observa los porcentajes de contaminantes con motor a diésel, en donde el municipio de Pachuca (48) es el más representativo con el 38% de la contaminación total seguida con el 17% de Metztlán (37), con el 13% de Zacualtipán (81) y con el 12% de San Agustín Metztlán.

TABLA XVI. Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina por municipio, por región y tipo de contaminante

REGIÓN	Municipio	INDICADOR TON/AÑO					TOTAL ton/año
		PST	SO ₂	NO _x	HC	CO	
	48	257	69	1,325	1,865	48,492	52,008
	51	77	21	397	558	14,518	15,571
COMARCA MINERA	39	9	2	46	65	1,693	1,815
	38*	5	1	49	93	618	767
	45*	7	2	69	130	868	1,076
	<i>TOTAL</i>	<i>355</i>	<i>96</i>	<i>1,887</i>	<i>2,711</i>	<i>66,189</i>	<i>71,238</i>
	24	13	3	64	91	2,360	2,531
	12*	21	5	206	386	2,571	3,188
BARRANCA DE METZTITLÁN	36*	6	1	57	107	716	889
	37*	7	2	63	118	790	979
	81*	6	1	49	112	789	958
	<i>TOTAL</i>	<i>53</i>	<i>13</i>	<i>440</i>	<i>814</i>	<i>7,226</i>	<i>8,545</i>
TOTAL		408	108	2,326	3,526	73,415	79,783

En cuanto a las Regiones de la Comarca Minera y Barranca de Metztitlán se puede observaren la **Tabla XVI** que la primera de estas es la que mayor número de emisiones arroja a la atmosfera con 71,238 ton/año, es decir con el 89% de la contaminación total para la zona de estudio, siendo Pachuca (48) el municipio más representativo para la comarca Minera con 52,008 ton/año aportando el 73% de la contaminación para la Comarca Minera y el 65% de la contaminación total en la zona de estudio, el 11% restante para la Barranca de Metztitlán con 8,545 ton/año, siendo el municipio más representativo Metztitlán (37) con 979 ton/año.

TABLA XVII. Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de diésel por municipio y tipo de contaminante

REGIÓN	Municipio	INDICADOR TON/AÑO					TOTAL ton/año
		PST	SO ₂	NO _x	HC	CO	
	48	70	555	321	76	1,271	2,294
	51	38	301	174	41	688	1,242
COMARCA MINERA	39	2	14	8	2	33	59
	38*	11	22	313	14	190	550
	45*	14	28	387	39	238	705
	TOTAL	135	920	1,203	172	2,420	4,850
	24	3	25	14	3	57	102
	12*	157	1,581	4,326	433	2,662	9,159
BARRANCA DE METZTITLÁN	36*	48	476	1,303	130	802	2,760
	37*	69	697	1,908	191	1,174	4,039
	81*	59	349	1,285	158	1,164	3,015
	TOTAL	337	3,128	8,837	915	5,859	19,076
TOTAL		472	4,903	10,536	1,204	10,238	50,444

* El cálculo se realizó mediante el método Europeo

En la **Tabla XVII** se observa las emisiones con automotores a motor a diésel por municipio se tiene que Atotonilco el Grande (12) emite 9,159 ton/año seguido de Metztlán (37) con 4,039 ton/año mientras que San Agustín Metzquitlán (36) emite 2,760 ton/año en contraposición se tiene que Huasca de Ocampo (24) emite 102 ton/año y Mineral del Monte (39) emite en un menor grado con 59 ton/año. En lo que se refiere a las Regiones de la Comarca Minera y Barranca de Metztlán la última de estas es la región más contaminada con 19,076 ton/año siendo Atotonilco el Grande (12) el municipio más representativo tanto de la

Barranca como de la Zona de estudio en general con 9,159 ton/año es decir que aporta el 48% de la contaminación total para la Barranca y el 18% para la zona de estudio. Esto se debe a que dicho municipio cuenta con una flota vehicular en donde los camiones de carga son los más representativos, además de que este municipio cuenta con una carretera federal que permite el acceso a demás municipios. En la **Figura 17** se observa que el municipio que más contaminantes arroja al aire para fuentes móviles a gasolina es el municipio de Pachuca (48), seguido del municipio de Mineral de la Reforma(51) y del municipio de Mineral del Monte (39), en cuanto a las emisiones con motor a diésel y como se observa en la **Figura 18** el municipio más representativo es Atotonilco el Grande (12), seguido de Metztlilán y de Zacualtipán (81), debido esto a que estos municipios son principalmente carreteras federales en donde el transporte de carga es el más representativo, en contraste con municipios como Huasca y Mineral del Monte donde la flota vehicular es menor y consta principalmente de vehículos particulares.

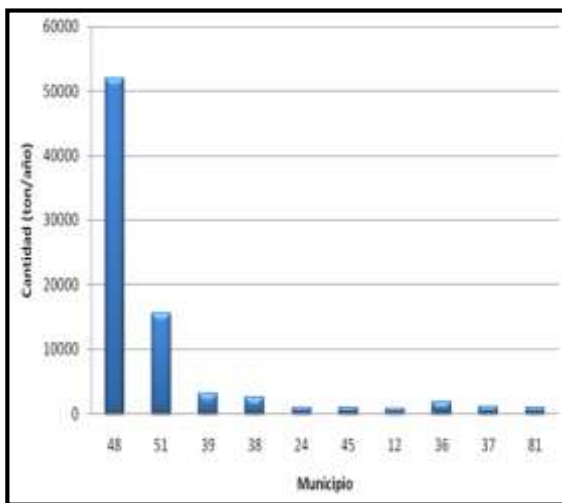


FIGURA 17. Emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a gasolina por municipio (ton/año)

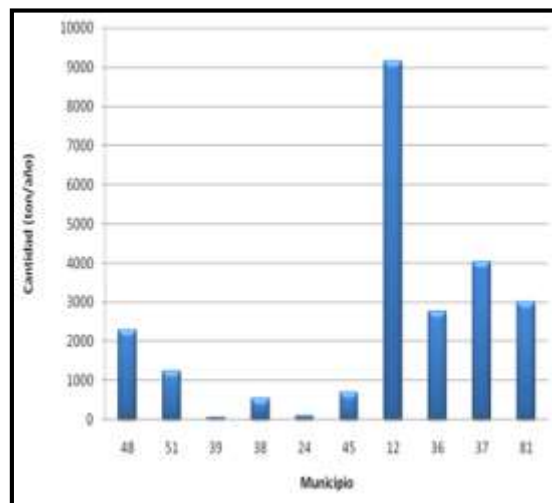


FIGURA 18. Emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a diesel por municipio (ton/año)

En cuando a los indicadores como muestra la **Figura 19** el más representativo en el Monóxido de carbono con 83,653 ton/año lo que representa el 78% de la contaminación Total en la zona de estudio, seguido de los óxidos de nitrógeno con 12,862 ton/año es decir el 12% y delos Hidrocarburos con 4,730 ton/año y del dióxido de azufre con 5,011 ton/año, cada uno representando el 5% y el 4% dejando con el 1% restante a las partículas sólidas totales (**Figura 20**).

La zona de estudio cuenta además con un Aeropuerto “Ing. Guillermo Villasana López”, para este caso se tomó en cuenta el número de aterrizajes por día se encontró que dicho aeropuerto emite 39 ton/año de contaminantes al aire, de las cuales el Monóxido de Carbono representa el 50% como se observa en la **Figura 23**

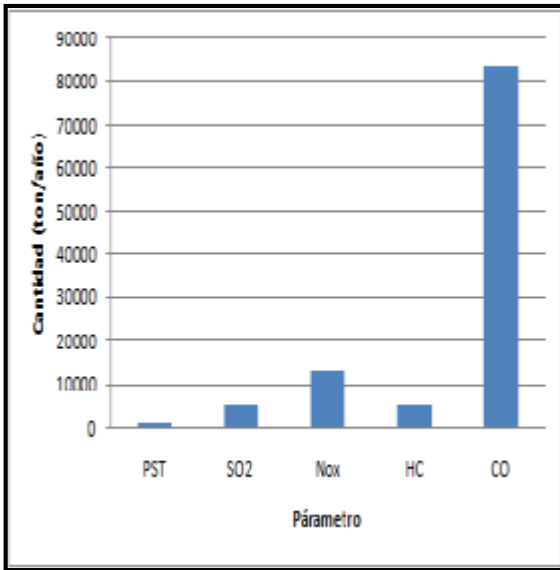


FIGURA 19. Contaminantes emitidos al aire en el área de estudio, por parámetro de contaminación (ton/año) por fuentes móviles con motor de gasolina y diesel.

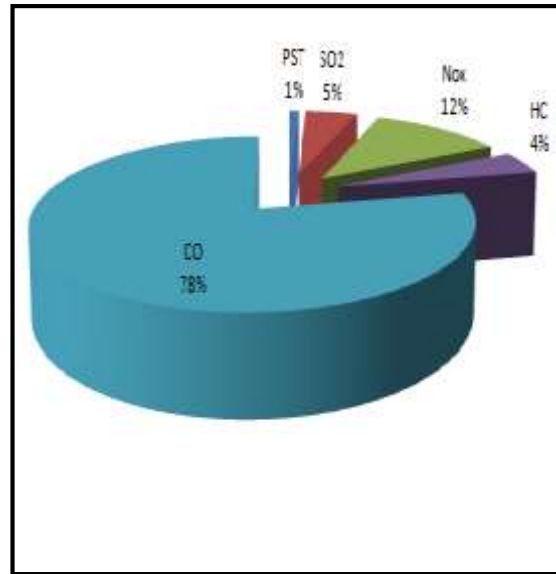


FIGURA 20. Porcentaje de las emisiones de contaminación por parámetro de contaminante

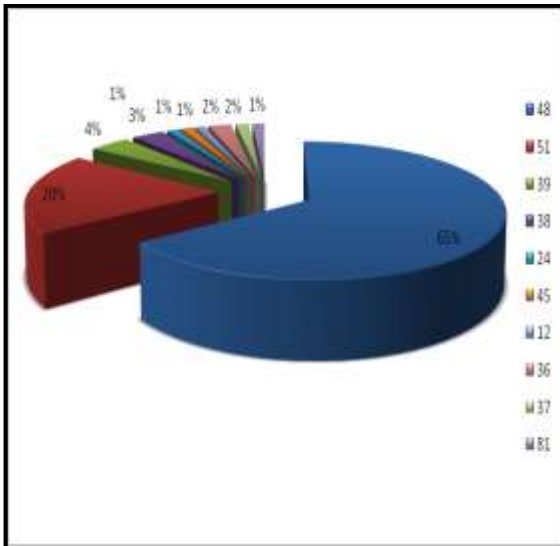


FIGURA 21. Porcentaje de las emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a gasolina, por municipio.

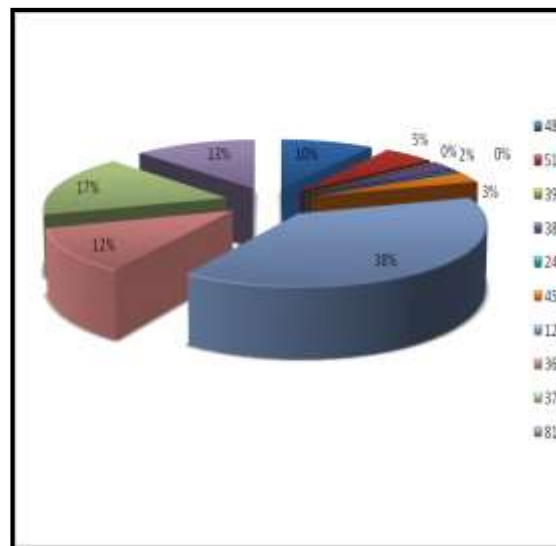


FIGURA 22. Porcentaje de las emisiones de contaminantes de fuentes móviles con motor a diesel, por municipio.

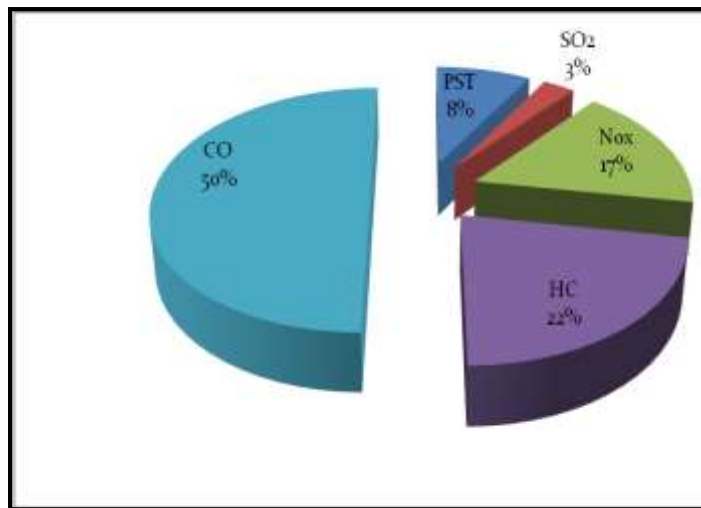


FIGURA 22. Porcentaje de las emisiones de contaminación por parámetro de contaminante para el aeropuerto

7.4.1.2 EMISIÓN AL AIRE DE FUENTES INDUSTRIALES

La contaminación de origen industrial se caracteriza por la gran cantidad de contaminantes producidos en las distintas fases de los procesos industriales y por la variedad de los mismos. Pachuca y Mineral de la Reforma se caracterizan por ser los municipios más poblados del estado de Hidalgo, junto con esto llevan consigo la generación de industrias, en la **Tabla XVIII** se observa el número de industrias por giro y por Municipio dentro de la zona de estudio, en donde se puede observar que la región de la Comarca Minera presenta 15 fuentes industriales de las cuales 6 de estas pertenecen al sector alimenticio en particular por los molinos de grano, seguida de esta se encuentra el sector de minerales no metálicos con 5 fuentes y con 4 al sector de productos químicos industriales. Para la región de la Barranca de Metztitlán no se encontraron fuentes industriales.

TABLA XVIII. Número de industrias por giro y por Municipio

	Municipio	Sector								Total
		31	31	33	34	35	36	37	38	
COMARCA MINERA	48	5	0	0	0	4	5	0	0	14
	51	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	6	0	0	0	4	5	0	0	15
BARRANCA DE METZTITLÁN	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	6	0	0	0	4	5	0	0	15	

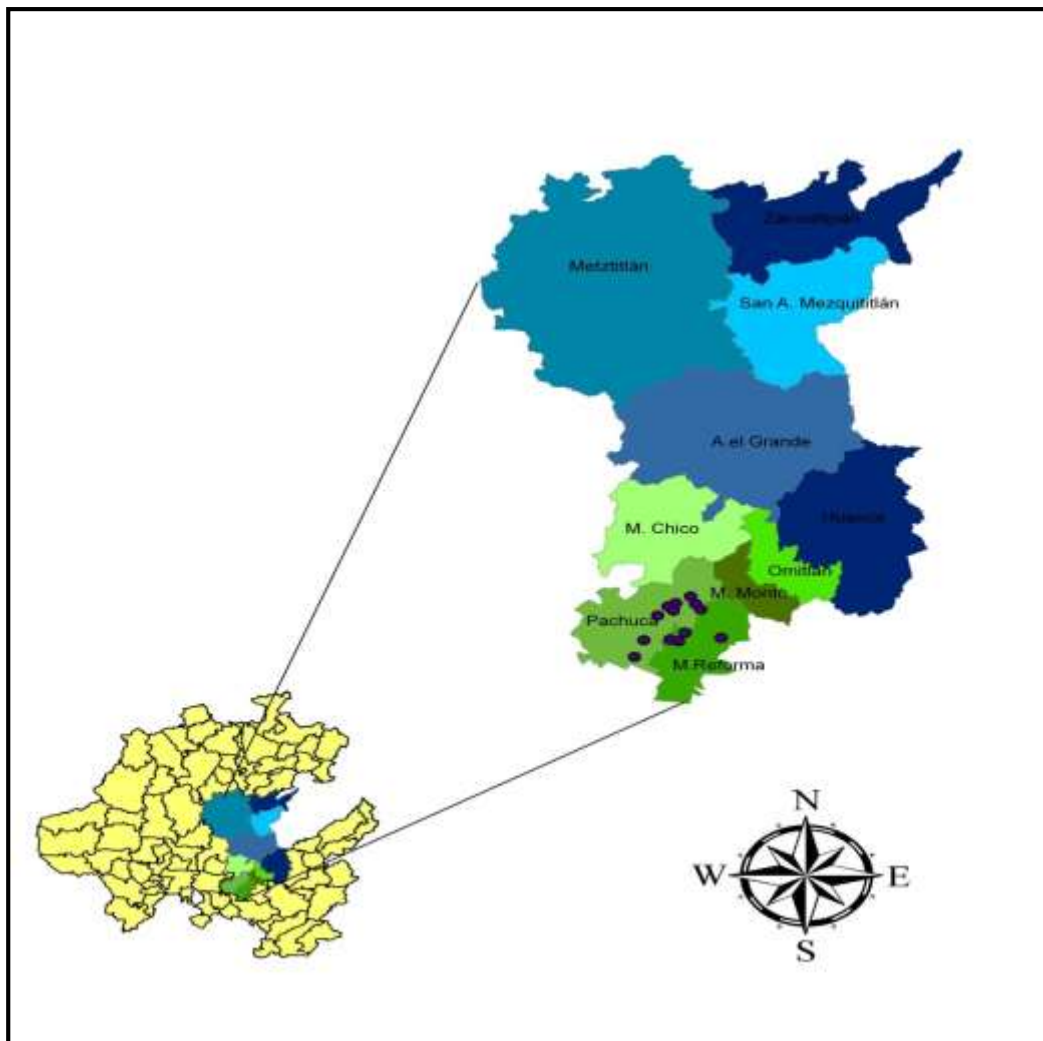


FIGURA 24. Geo-referenciación de fuentes industriales para el medio aire

En la **Figura 24** se observan las fuentes industriales detectadas por municipio, se observa que los municipios más representativos son Pachuca y Mineral de la Reforma ambos pertenecientes a la Comarca Minera, en cuanto a la Región de la Barranca de Metztitlán no se detectó ninguna fuente industrial.

Por municipio se tienen que de las 15 fuentes industriales encontradas 14 de ellas pertenecen a Pachuca (48) y uno a Mineral de la Reforma (51). El sector alimenticio presenta 6 fuentes la manufactura de químicos presenta 4 y la industria de minerales no metálicos con cinco. Como se observa en la **Tabla XIX** la contaminación total para la Comarca Minera se estima en 9,253 ton/año, de las cuales el Municipio de Pachuca (48) aporta el 99% de la contaminación total, por un 1% que se estima para el municipio de Mineral de la Reforma.

TABLA XIX. Contaminación por sector y por Municipio

	Municipio	Sector								Total
		31	31	33	34	35	36	37	38	
COMARCA MINERA	48	1	0	0	0	526	8,726	0	0	9,253
	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	1	0	0	0	526	8,726	0	0	9,253
BARRANCA DE METZTILÁN	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0	526	8,726	0	0	9,253	

Para una mejor apreciación y como se muestra en la **Figura 25**, Pachuca (48) es el municipio que más emisiones arroja a la atmosfera, seguido en una menor cantidad del municipio de Mineral de la Reforma (51). En el caso de los sectores industriales se observa en la **Figura 26** que el sector más representativo es el sector de minerales no metálicos en donde se estimó la contaminación en 8,726 ton/año es decir el 94% de las emisiones totales, seguido del sector de manufactura de químicos con 525 ton/año es decir el 5.5% de la contaminación y por último se tiene al sector alimenticio con un ton/año que aporta el 5% de la contaminación total.

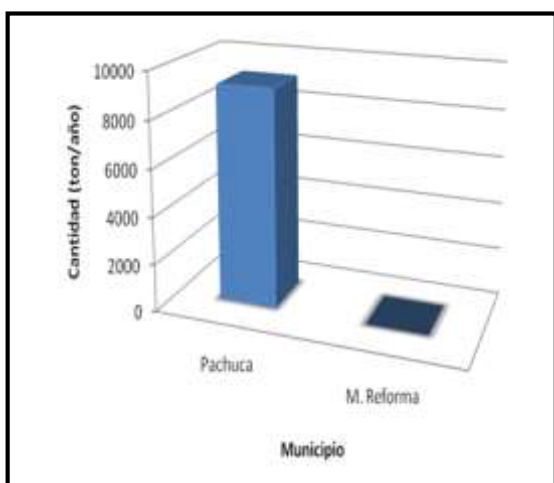


FIGURA 25. Cantidad de contaminantes (ton/año) por municipio

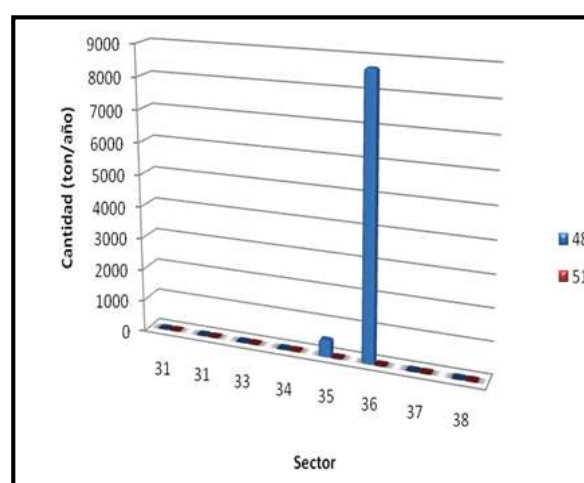


FIGURA 26. Contaminantes (ton/año) por sector industrial y por municipio

En cuanto a indicadores se refiere y como se observa en la **Figura 27** el más importante de ellos son las Partículas Sólidas Totales con 8884 ton/año, es decir el 93% de la contaminación es de Partículas, mientras que el 3% restantes está representado por los Hidrocarburos con 368 ton/año.

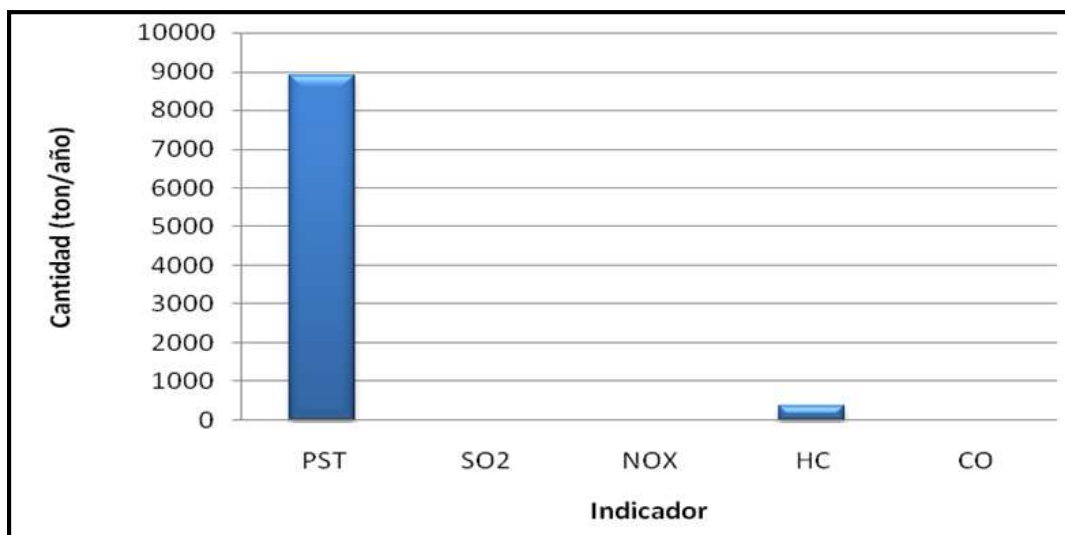


FIGURA 27. Cantidad de contaminantes (ton/año) por parámetro

En la **Tabla XX**, se observa lo estima en la Región de la Comarca Minera en donde se emiten 85,340 ton/año de las cuales las fuentes móviles aportan 76,087 ton/año es decir el 89% de la contaminación para dicha región; mientras que las fuentes industriales contaminan con 9,253 ton/año es decir el 11% de la contaminación, en cuanto a los municipios de esta Región el más representativo es Pachuca (48) con 63,555 ton/año o bien dicho el 74% de la contaminación total es aportada por este municipio, seguido de este se tiene al municipio de Mineral de la Reforma (51) con un estimado del 20% de la contaminación total. Para el caso de la Barranca de Metztitlán las fuentes móviles son las más importantes en donde las fuentes a diésel aportan el 69% de la contaminación total y el 31% restante pertenece a las fuentes móviles con motor a gasolina, en cuanto a los municipios más representativos se obtuvo que Atotonilco el Grande (12) es el que más emite con 12,347.9 ton/año es decir el 45% de la contaminación total para la región, seguido del municipio de Metztitlán (37) con 5,019 que aporta el 18% de la contaminación.

En general se puede observar que la Región de la Comarca Minera contamina con un estimado de 85,340 ton/año es decir el 76% de la contaminación total para la zona de estudio comparado con las 27,621 ton/año de la Barranca de Metztitlán o bien el 24% de toda la contaminación emitida.

En la **Figura 28** se puede observar que el municipio que más contamina en la zona de estudio es Pachuca con el 56%, seguido con un 15% de Mineral de la Reforma y con el 11% a Atotonilco el Grande con un 4% están Metztitlán y Zacualtipán, con el 3% San Agustín Metzquititlán y con 2% a Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo y por último con el 1% a Mineral del Chico.

TABLA XX. Emisiones totales (ton/año) por fuente y por municipio

	MUNICIPIO	Fuentes industriales.	Fuentes móviles		Total
			Gasolina	Diésel	
COMARCA MINERA	48	9,253	52,008	2,294	63,555
	51	0	15,571	1,242	16,813
	39	0	1,816	59	1,874
	38	0	767	550	1,317
	45	0	1,076	705	1,781
	Total	9,253	71,238	4,850	85,340
BARRANCA DE METZTITLÁN	24	0	2,531	102	2,633
	12	0	3,188	9,159	12,348
	36	0	889	2,760	3,648
	37	0	979	4,039	5,019
	81	0	958	3,015	3,973
	Total	0	8,545	19,076	27,621
TOTAL		9,253	79,783	23,925	112,961

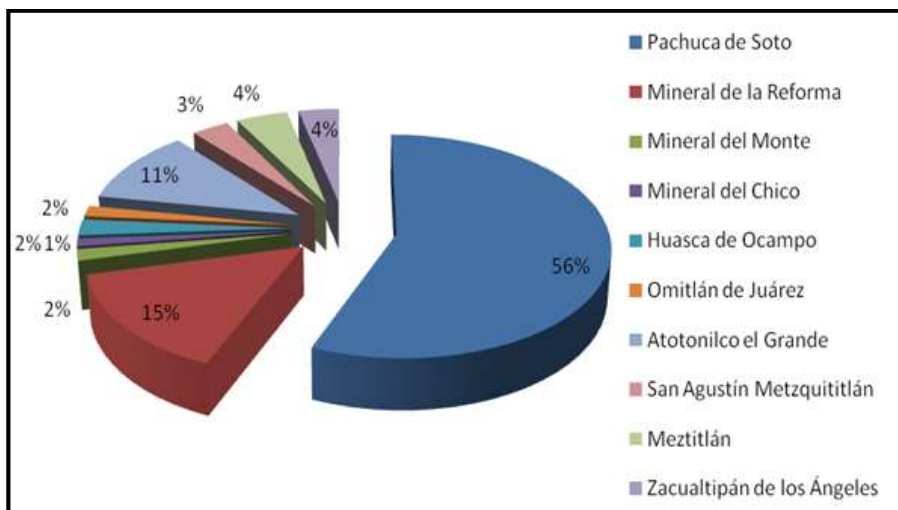


FIGURA 28. Porcentaje de contaminantes por Municipio (totales)

La contaminación al aire es mayormente visible con palabras tan conocidas como el smog que en su gran mayoría es producida por a automóviles que contaminan como se muestra en la **Figura 28** o en la **Figura 29** hasta torres de las fábricas que al no cuentan con una buena política ambiental arrojan al aire sus emisiones contaminantes (**Figura 30**) o incluso con la quema de basura que mayormente se producen en municipios donde el servicio de recolección de basura es escasa



FIGURA 30. Camión contaminante en el municipio de Mineral de la Reforma



FIGURA 32. Quema de Basura, heces y hierba en el municipio de Metztitlán



FIGURA 34. Quema de Basura en el municipio de Huasca de Ocampo



CONTAMINACIÓN AL AGUA

7.4.2 CONTAMINACIÓN AL AGUA

Los parámetros utilizados para evaluar la cantidad de desechos al agua son volumen de desecho, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS) Nitrógeno (N) Fósforo (P), Aceites, Cromo (Cr) Sulfuros (S₂) y Zinc (Zn)

Las fuentes de emisión contaminantes incluidas en la técnica ERFCA son de dos tipos domésticos e industriales.

7.4.2.1 EFLUENTES DOMÉSTICOS

Las descargas domesticas abarcan cualquier desecho de una casa habitación para evaluar estos se utilizan los siguientes parámetros considerados en la técnica ERFCA volumen de desecho, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo. Para este estudio se consideraron los efluentes emitidos por la población que cuentan con servicio de drenaje y los que no cuentan con servicio de drenaje En la **Tabla XXI** se puede observas los municipios, así como la población que cuentan con el servicio y sin el servicio de drenaje, se obtuvo que para la Región de la Comarca Minera la población total con servicio de drenaje es de 346,100 mientras que la de Barranca de Metztitlán es de 75,860.

TABLA XXI. Población que cuenta con servicio de drenaje

REGIÓN	Municipio	Total de Población	Población con Drenaje	Emisiones Ton/año	Población sin Drenaje	Emisiones Ton/año	Total de Emisiones Ton/año
COMARCA MINERA	48	275 578	261,670	22,870	13,800	537	23,407
	51	68 704	64,940	5,676	3,760	146	5,822
	39	11 944	10,530	920	1,410	55	975
	38	6 714	4,040	353	2,670	104	457
	45	7 529	4,920	430	2,600	101	531
	TOTAL		346,100	30,249	24,240	943	31,192
BARRANCA DE METZTITLÁN	24	15 201	9,700	848	5,490	214	1,061
	12	23 823	22,060	1,928	1,760	68	1,997
	36	8 558	6,630	579	1,920	75	654
	37	20 123	15,020	1,313	5,100	198	1,511
	81	25 987	22,450	1,962	3,530	137	2,099
	TOTAL		75,860	6,630	17,800	692	7,323
TOTAL		421,960	36,879	42,040	1,635	38,515	

Se observa que el municipio de Pachuca es el que cuenta con una mayor concentración de población y de esta el 95% cuentan con el servicio de drenaje con 261 670 hab. En la **Tabla XXI** se observa la población total por municipio con servicio de drenaje y sin servicio, así como las emisiones para cada uno de estos, entre los resultados obtenidos se tiene que el municipio de Pachuca (48) es el que más emisiones tiene con 22,870 ton/año para efluente con servicio de drenaje, mientras que los de sin servicio de drenaje emiten 537 ton/año emitiendo un total de 23,407 ton/año, seguido de Mineral de la Reforma (51) con 5,822 ton/año y de Zacualtipán de los Ángeles (81) con 2,099 ton/año; mientras que el municipio de Omitlán de Juárez (45) emite 531 es decir el 2.26% de lo que emite el municipio de Pachuca (48). En cuanto a porcentajes y como se observa en **la Figura 37** el municipio de Pachuca (48) emite el 61% de la contaminación, seguido de Mineral de la Reforma (51) con el 15% y con el 5% a Huasca de Ocampo.

TABLA XXII. Cantidad de contaminantes provenientes de efluentes domésticos

REGIÓN	MUNICIPIO	VOLUMEN DE DESECHO 10 ³ m ³ /AÑO	(ton/año)					TOTAL (ton/año)
			DBO ₅	DQO	SS	N	P	
COMARCA MINERA	48	19,203	5,250	11,734	5,454	864	105	23,407
	51	4,768	1,305	2,918	1,359	214	26	5,822
	39	779	217	486	233	35	4	975
	38	314	98	220	124	13	2	457
	45	378	115	258	140	16	2	531
	TOTAL	25,442	6,985	15,616	7,310	1,142	138	31,192
BARRANCA DE METZITLÁN	24	748	229	515	282	32	4	1,061
	12	1,623	447	999	469	73	9	1,997
	36	498	144	322	163	22	3	654
	37	1,134	331	742	382	50	6	1,511
	81	1,665	467	1,044	505	74	9	2,099
	TOTAL	5,668	1,617	3,623	1,802	250	30	7,323
TOTAL	31,110	8,603	19,239	9,112	1,392	169	38,515	

En la **Tabla XXII** se puede observar el Volumen de Desecho que se emite por región y por municipio, se obtuvo que la región de la Comarca emitió 25,442 ton/año, el 82% de todo el Volumen de desecho es generado por esta Región, en cuanto a los municipios que se encuentran dentro de esta región Pachuca (48) es que más emisiones arroja con 19,203 ton/año es decir el 75% de la contaminación que se genera en la Región provienen de este municipio, seguido de este se encuentra a Mineral de la Reforma con 4,768 ton/año representando el 19% de la contaminación en la región; para el caso de la Barranca de Metztlán se estiman la contaminación en 5,668 ton/año que equivale al 18% de la contaminación total para la zona de estudio, dentro de esta región el municipio más representativo es Zacualtipán con 1,665 ton/año que equivale al 29% de la contaminación para la región de la Barranca de Metztlán seguido del municipio de Atotonilco el Grande (12) con el 28% es decir con 1,623 ton/año.

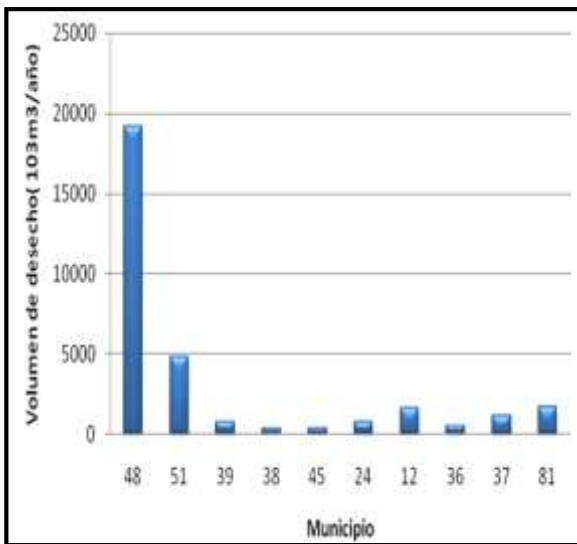


FIGURA 35. Volumen de desecho de efluentes domesticas (10³m³/año) por municipio

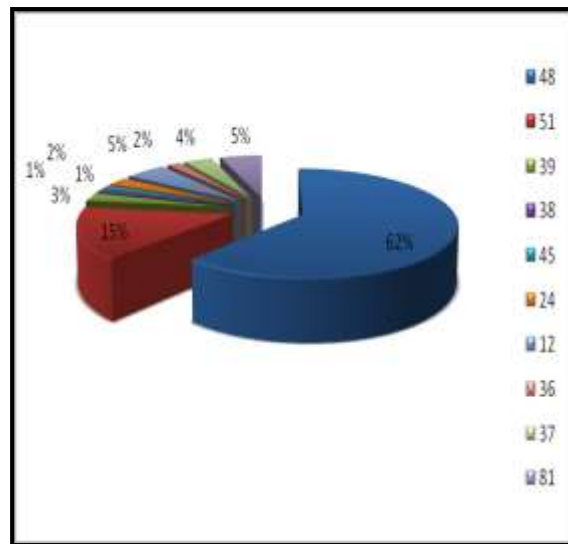


FIGURA 36. Porcentaje de volumen de desecho de efluentes domesticas (10³m³/año) por municipio

En la **Figura 35** se puede observar el Volumen de Desecho por municipio, en donde Pachuca (48) es el municipio que más emisiones arroja seguido de Mineral de la Reforma (51) de Zacualtipán (81) y de Atotonilco el Grande (12), para una mejor observación y como se muestra en la **Figura 36** Pachuca (48) aporta el 62% de la contaminación total para la zona de estudio, seguido de Mineral de la Reforma con el 15% y de Zacualtipán (81) y Atotonilco el Grande (12) con el 5% cada uno.

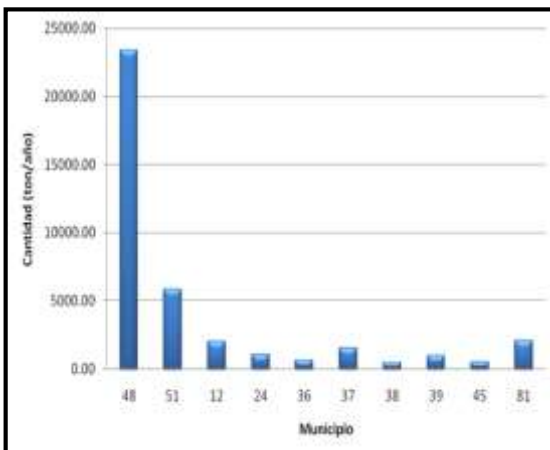


FIGURA 37. Cantidad de contaminantes emitidos por efluentes domesticos por municipio

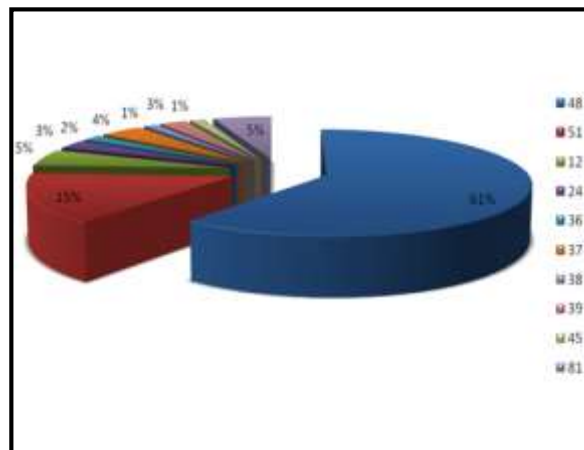


FIGURA 38. Porcentaje de contaminantes emitidos por efluentes domesticos por municipio (ton/año)

En la **Figura 37** se observa la contaminación total por municipio en donde el municipio más representativo es Pachuca (48) del cual se estima que se emite 23,407 ton/año de contaminantes al agua seguido de Mineral de la Reforma (51) con 5,822 ton/año ambos municipios pertenecientes a la Región de la Comarca Minera, seguido de estos municipios se

tienen a los municipios de Zacualtipán (81) con 2,099 ton/año y al municipio de Atotonilco el Grande (12) con 1,997 ton/año, estos últimos pertenecen a la Barranca de Metztitlán en cuanto a porcentajes se refiere y como se observa en la **Figura 38** el municipio de Pachuca (48) aporta el 61% de la contaminación total para la zona de estudio seguido con el 15% de Mineral de la Reforma (51) y con el 5% de los municipios de Zacualtipán (81) y Atotonilco el Grande (12).

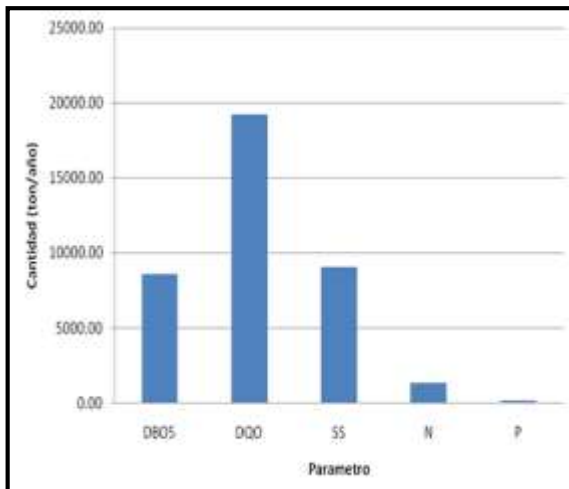


FIGURA 39. Cantidad de contaminantes emitidos por efluentes domésticos de acuerdo a su tipo (ton/año)

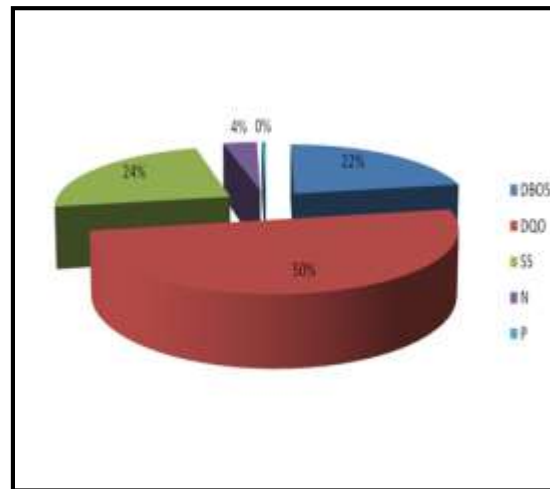


FIGURA 40. Porcentaje de emisiones por efluentes domésticos de acuerdo a su tipo (ton/año)

En lo que se refiere a los parámetros y como se observa en la **Figura 39** el parámetro más importante es la DQO, con 19,239 ton/año de las cuales 15,616 ton/año son emitidas por la Región de la comarca Minera, mientras que la Barranca de Metztitlán aporta 3,623 ton/año. Dentro de los municipios que comprenden la zona de estudio y en cuanto a este parámetro el más importante es Pachuca (48) que emite 11,734 ton/año, es decir el 61% de la contaminación total para ambas regiones. Seguido de este parámetro se encuentran los sólidos suspendidos con 9,112 ton/año y la DBO₅ con 8,603 ton/año de las cuales el 71% son generadas en la Región de la Comarca minera con 6,985 ton/año y el 29% restante es generado en la Barranca de Metztitlán (**Figura 40**).

7.4.2.2 EFLUENTES INDUSTRIALES

Se realizó un inventario del número de empresas, contabilizándose un total de 592 fuentes (Tabla XXIII) de las cuales 561 pertenecen al sector agropecuario para el sector alimenticio se contabilizaron 12 fuentes para el sector de manufactura de cuero 4 para el sector de manufactura de productos químico 8 y para el sector de manufacturas de productos metálicos mecánico 7. Por regiones se encontró que para la Comarca Minera se presentaron 176 fuentes de las cuales 146 son del sector agropecuario 11 fuentes para el sector de manufactura de cuero 4 para el sector de manufactura de productos químicos 8 y para el sector metal mecánico 7 fuentes; para el caso de la Barranca de Metztitlán se encontró un total de 416 fuentes de las cuales 415 pertenecen al sector agropecuario y una al sector alimenticio. En la Figura 41 se muestra la georegistración de las fuentes industriales

TABLA XXIII. Número de industrias presentes por municipio

REGIÓN	SECTORES INDUSTRIALES											TOTAL
	Municipio	11	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
COMARCA MINERA	48	28	7	4	0	0	8	0	0	6	0	53
	51	59	4	0	0	0	0	0	0	1	0	64
	39	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	38	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	45	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	TOTAL	146	11	4	0	0	8	0	0	7	0	176
BARRANCA DE METZITLÁN	24	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
	12	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
	36	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126
	37	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
	81	93	1	0	0	0	0	0	0	0	0	94
	TOTAL	415	1	0	0	0	0	0	0	0	0	416
TOTAL	561	12	4	0	0	8	0	0	7	0	592	

La carga de contaminantes provenientes de efluentes industriales se muestra en la Tabla XXIV en donde se observa que la Región de la Comarca Minera emite 94,992 ton/año comparada con la 80,394 ton/año que se emite en la Barranca de Metztitlán. Dentro de esta tabla se observa que el sector que más contamina para ambas regiones es el agropecuario, seguida del sector de manufactura de cuero para el caso de la Comarca Minera

En la **Figura 42** se observa la cantidad de contaminantes por municipio en donde Mineral del Monte (39) es el que más contamina con 35,265 ton/año seguido de Atotonilco el Grande (12) con 28,482 ton/año y de Huasca de Ocampo con 22,908 ton/año. En cuanto a porcentajes se refiere y como se muestra en la **Figura 43**, el 20% de la contaminación total es genera en el municipio de Mineral del Monte seguido del 16% de Atotonilco el Grande (12)

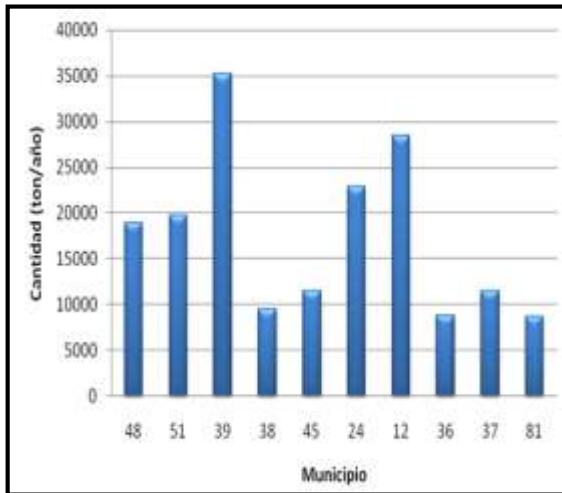


FIGURA 42. Cantidad de contaminante por municipio (ton/año)

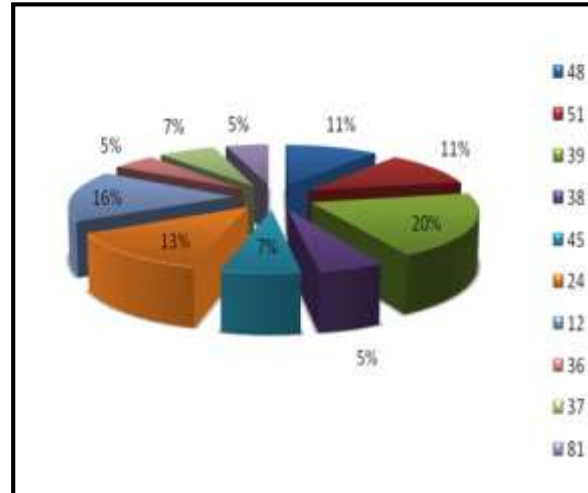


FIGURA 43. Porcentaje de contaminante por municipio (ton/año)

En cuanto a los sectores industriales y como se observa en la **Tabla XXV** se tiene que el sector que más contamina es el sector agropecuario con 169,359 ton/año, seguido del sector alimenticio con 424 ton/año, de Manufactura de productos químicos industriales (35) con 5,313 ton/año, del sector metálico (38) con 153 ton/año del sector de manufactura de cuero (32) con 136 ton/año (**Figura 44**). Es decir, y como se muestra en la **Figura 45** el sector agropecuario (11) emite el 58% de la contaminación, seguido del sector alimenticio (31) con el 40%

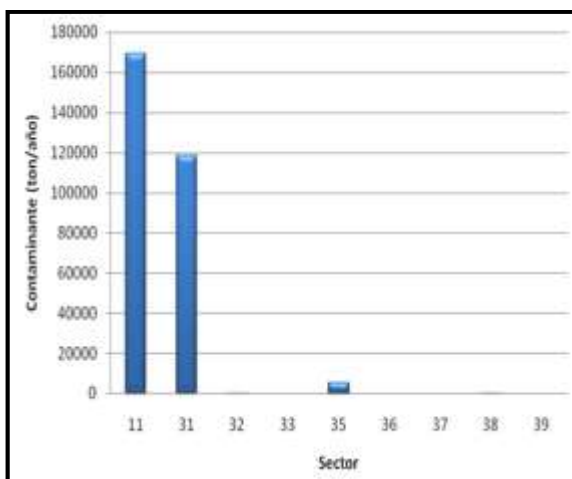


FIGURA 44. Cantidad de contaminante por sector industrial (ton/año)

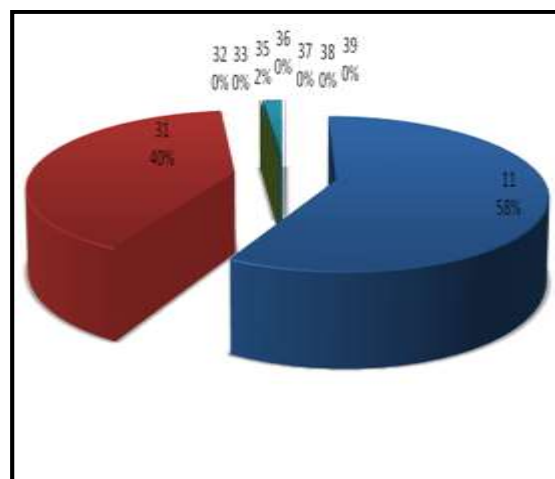


FIGURA 45. Porcentaje de contaminante por sector industrial (ton/año)

TABLA XXV. Cantidad de contaminantes por sector y por parámetro

SECTOR	Volumen de Desecho 10 ³ m ³ /año	INDICADOR TON/AÑO									Total TON/AÑO
		DBO ₅	DQO	SS	ACEITE	N	Cr	S ₂	Zn	P	
11	1,383	21,982	0	139,838	0	6,156	0	0	0	0	169,359
31	187	157	0	55	15	9	0	0	0	0	424
32	11	21	61	33	5	4	1	2	0	0	136
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	769	2,585	1,033	805	123	0	0	0	0	0	5,313
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	50	18	74	8	3	0	0	0	0	0	153
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2,399	24,762	1,168	140,738	146	6,169	1	2	0	0	175,385

La cantidad de contaminantes emitidos en la zona de estudio, de acuerdo a su tipo (parámetro de contaminante) se observa en la **Figura 46** en donde se observa que el parámetro más abundante son los Sólidos suspendidos (SS) con 157,278 ton/año, seguido de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con 95,059 ton/año. En cuanto a porcentajes se refiere y como se observa en la **Figura 47** los SS representan el 57% de la contaminación en aguas seguido de la DBO₅ con el 35% y con un 4% se tienen al Nitrógeno

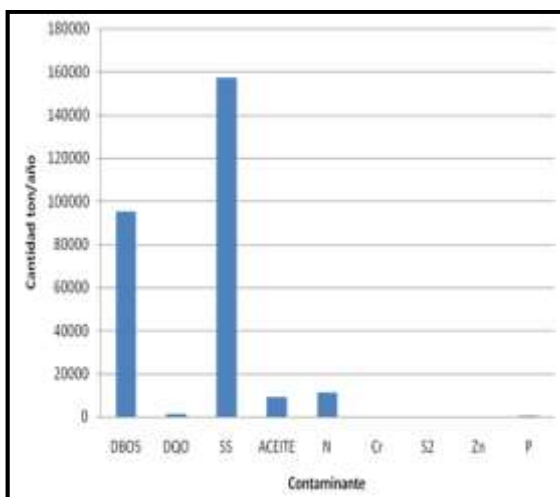


FIGURA 46. Cantidad de contaminantes emitidos, de acuerdo a su tipo (ton/año)

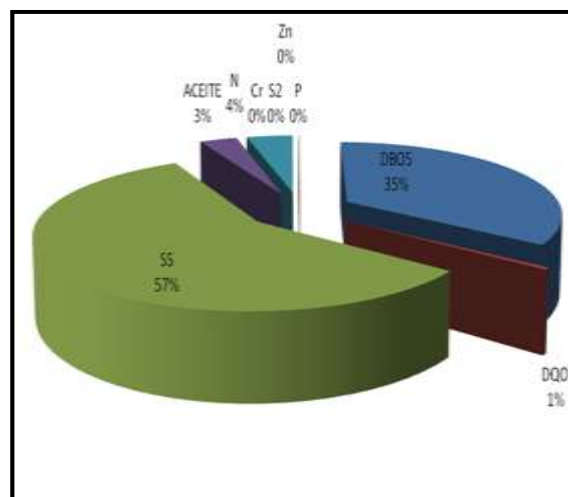


FIGURA 47. Porcentaje de contaminantes emitidos, de acuerdo a su tipo

Además, hay que tener en cuenta que en suelo existen tenerías a base de cromo-ganado vacuno y que en caso de tener planta de tratamiento los desechos que se vierten son de 46,800 ton/año

TABLA XXVI. Cantidad de contaminantes por municipio y por fuente

REGIÓN	MUNICIPIO	Producción industrial			Fuentes Domésticas	Total
		Sector 11	31-39			
COMARCA MINERA	48	13,285	5,643		23,407	42,335
	51	19,522	277		5,822	25,621
	39	35,265	0		975	36,240
	38	9,490	0		457	9,947
	45	11,511	0		531	12,042
	Total	89,072	5,921		31,192	126,185
BARRANCA DE METZTITLÁN	24	22,908	0		1,061	23,970
	12	28,482	0		1,997	30,479
	36	8,754	0		654	9,408
	37	11,544	0		1,511	13,055
	81	8,599	107		2,099	10,805
	Total	80,287	107		7,323	87,716
	Total	169,359	6,028		38,515	213,901

En la **Tabla XXVI** se observa que el municipio de Pachuca (48) es el que más emite al agua con 42,335 ton/año de las cuales los efluentes domésticos aportan el 55% de la contaminación total y el sector once el 31% siendo el sector industrial el que aporta menos con un 14% de la contaminación total para dicho municipio. Seguido de este se tiene al municipio de Mineral del Monte (39) con 36,240 ton/año de los cuales el sector once aporta más del 97% de la contaminación total, dejando a los efluentes domésticos con menos del 3% de la contaminación total para este municipio. Seguido de este se encuentra el municipio de Mineral de la Reforma (51) con 25,621 ton/año de las cuales el sector once aporta el 76% de la contaminación seguido de los efluentes domésticos con un poco más el 22% y finalmente el sector industrial con menos del 2% de toda la contaminación generada en el municipio. En la **Figura 48** se observa de mejor manera la contaminación emitida por municipio y por tipo de fuente ya sea industrial, doméstico o en su caso por el sector once, se observa que el municipio de Pachuca (48) emite más en efluentes domésticos, seguido del sector once y finalmente el sector industrial. Para el caso del sector once se observa claramente que los municipios que más emiten son Mineral del Chico (39) con 35,265 ton/año, seguido de Atotonilco el Grande (12) con 28,482 ton/año y del municipio de Huasca de Ocampo (24) con 22,908 ton/año para este sector.

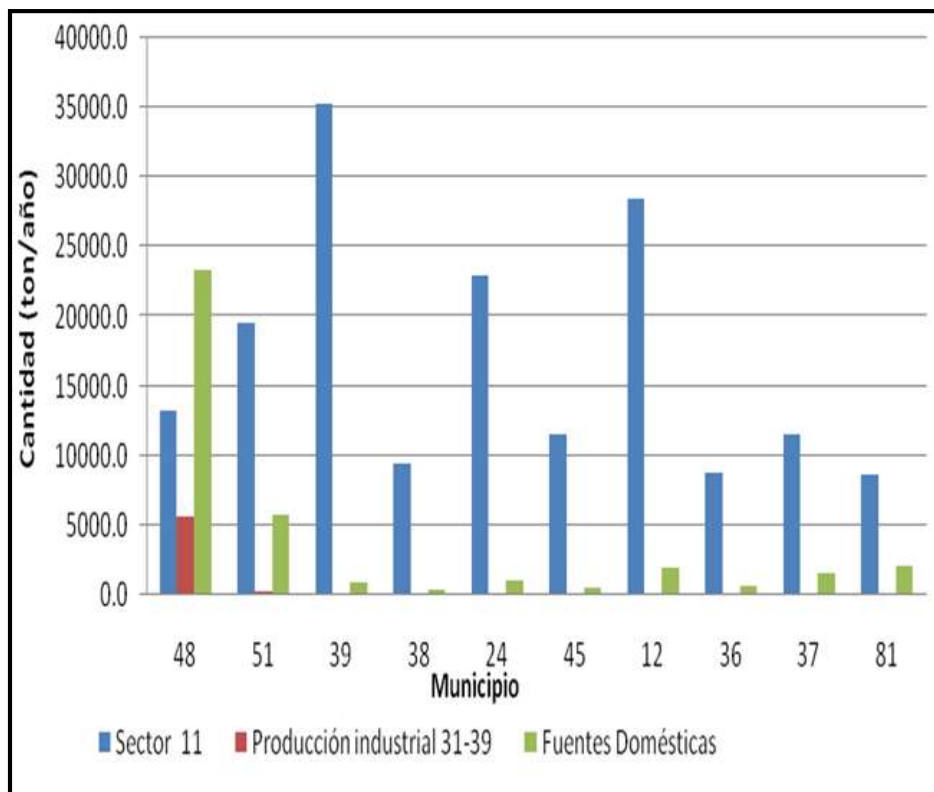


FIGURA 48. Cantidad de contaminante por municipio (ton/año)

La contaminación al agua es perceptible en cada municipio, en cada río, lago o cuerpo de agua en donde encontramos todo tipo de Residuo Sólido Urbanos comúnmente llamado basura y en donde ningún municipio es la excepción, la **Figura 49** es muestra de ellos, así como la **Figura 50 y 52** que a pesar de ser en municipios diferentes la realidad es la misma. Otro caso en particular es el inadecuado tratamiento de las aguas de uso doméstico que no recibir un tratamiento descargándose en cuerpo de agua **Figura 51,53 y 54**.



FIGURA 50. Cuerpo de Agua con basura en el municipio de Pachuca



FIGURA 51. Agua contaminada en el municipio de Zacualtipán



FIGURA 52. Agua con basura en el Municipio de San Agustín Metzquititlán



FIGURA 54. Descarga de aguas domésticas en el municipio de Mineral de la Reforma



CONTAMINACIÓN AL SUELO

7.4.3 CONTAMINACIÓN AL SUELO

La contaminación del suelo es considerada cuando existe la presencia de algún tipo de compuesto químico hechos por el hombre y que alteran al ambiente natural del suelo. Para determinar el número de emisiones contaminantes se consideraron dos tipos de residuos sólidos, el de origen industrial y el de origen urbano.

7.4.3.1 EMISIONES AL SUELO PROVENIENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para los efluentes domésticos se tomó en cuenta la población urbana y la población rural por municipio, los resultados obtenidos indican que la generación per cápita para los habitantes de zona urbana es de .800 kg/ha/día, mientras que para la zona rural es de .400 kg/ha/día. Asimismo, se realizó una encuesta a cada departamento de limpieas por municipio.

Se observa en la **Tabla XXVII** que esta producción *per cápita* es más abundante en zonas urbanas. Para la zona de estudio se estimó una carga total de 145,179 ton/año de las cuales la población urbana genera 131,042 ton/año es decir el 90% de los desechos totales, mientras que la población rural aporta el 10% restante con 14,137. Por región se tiene que la Comarca Minera aporta 127,224 ton/año de los cuales los Desechos Municipales en la población urbana se estiman en 122.468 ton/año siendo que Pachuca (48) aporta 95,510 ton/año es decir el 78 % del total de los RSU son generados por este municipio en la Región de la Comarca Minera; mientras que los Desechos municipales en la población rural ascienden a 4,755 ton/año. Para la Barranca de Metztitlán la carga total de RSU se estimó en 17,955 ton/año de las cuales la población urbana genera 8,573 ton/año es decir el 48% de la carga total, siendo el 52% restante emitido por la población urbana con 9,382 ton/año.

TABLA XXVII. Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) por municipio y por Región

REGIÓN	Municipio	Población Urbana	Desechos Municipales	Población rural	Desechos Municipales	Total de Carga
COMARCA MINERA	48	262	95,510	14	2,015	97,524
	51	65	23,703	4	549	24,252
	39	10	2,812	2	336	3,148
	38	1	146	6	907	1,053
	45	1	298	7	949	1,247
	TOTAL	338	122,468	33	4,755	127,224
BARRANCA DE METZTITLÁN	24	1	158	15	2,139	2,297
	12	7	2,015	17	2,464	4,479
	36	3	812	17	2,530	3,342
	37	2	467	7	1,015	1,482
	81	18	5,122	8	1,234	6,355
	TOTAL	29	8,573	64	9,382	17,955
TOTAL	367	131,042	97	14,137	145,179	

TABLA XXVIII. Manejo de los RSU de acuerdo a cada presidencia municipal

Municipio	Vehículos recolectores	No de rutas	Personal	Eficiencia	Basura gen. Por hab.	Ton/ de basura al día	Características del Basurero
48	68	31	120	95%	4-4.5 kg	280	Controlado
51	42	9	97	90%	3 kg	107	Controlado
39	9	2	26	85%	2.5-3	9.5	Controlado
38	4	2	30	80%	3 kg	5.5	No controlado
24	2	1	27	75%	2.5 kg	12	No controlado
45	1	1	12	70%	3 kg	6	No controlado
12	7	5	54	85%	3.5 kg	19	Controlado
36	2	3	15	70%	3 kg	7.5	No controlado
37	3	4	45	70%	3 kg	17	Controlado
81	5	7	56	80%	3.5 kg	21	No controlado

En la **Tabla XXVIII** se muestran los datos recolectados producto de cada encuesta realizada al departamento de limpias, en donde se busca saber las toneladas de basura al día que recolectan, así como el promedio de basura generada por habitante, y el porcentaje de eficiencia que tienen en cuanto a recolección de basura, así como las características del sitio de disposición final. En la **Figura 55** se observa la cantidad total (ton/año) de desechos municipales por Región, los dos primeros corresponden a la Región de la Comarca Minera en donde se observa que el desecho municipal es de mayor consideración comparada con la población rural, mientras que en la Barranca de Metztitlán la población rural es la que genero más en comparación con la urbana

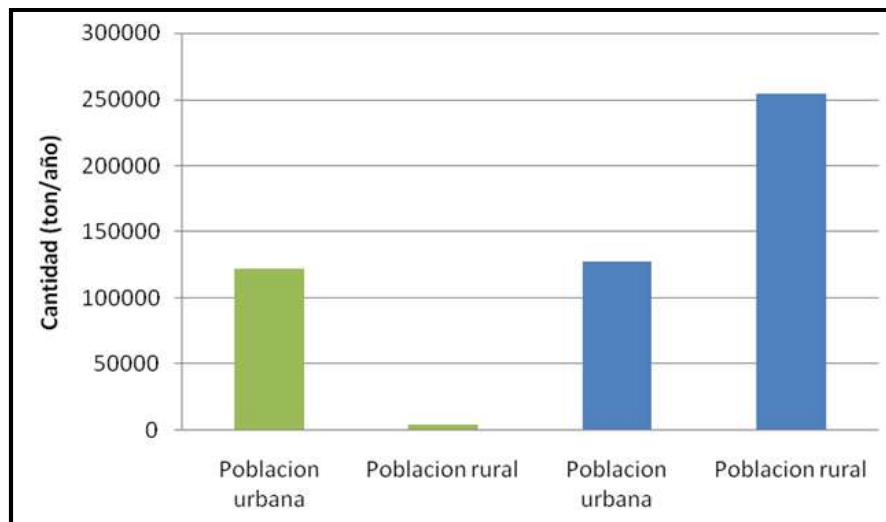


FIGURA 55. Cantidad de contaminante por región (ton/año)

En la **Figura 56** se observa que el municipio que más emisiones arroja al suelo el de Pachuca (48) con cerca de 97 524.35 ton/año, seguido de Mineral de la Reforma (51) con 24 252.06 ton/año, de Zacualtipán (81) con 6 355.38 ton/año y de Atotonilco el Grande (12) con 4 479.28 ton/año en contraparte se tiene que el municipio de Mineral del Chico (38) es el que menos emisiones arroja con 1 052.66 ton/año. En la **Figura 57** se observa que el municipio de Pachuca (48) es el que más emite con un 67% del total de la zona de estudio seguido de Mineral de la Reforma (51) con un 14% y de Mineral del Chico (38) con un 4% dentro de la zona de estudio

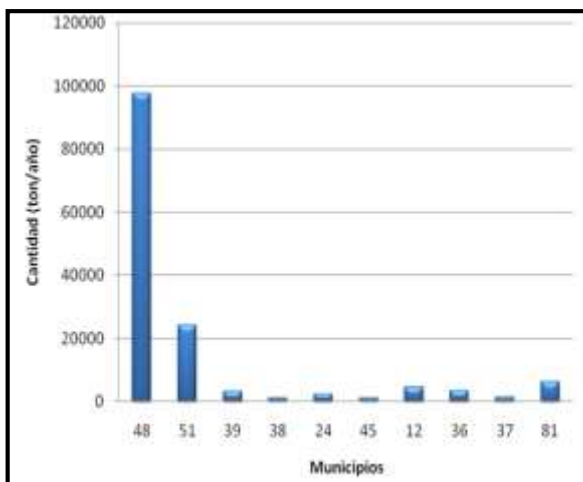


FIGURA 56. Cantidad de contaminante por municipio (ton/año)

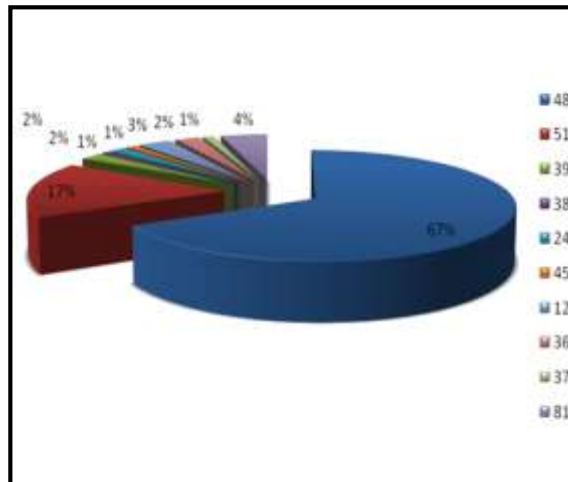


FIGURA 57. Porcentaje de contaminante por municipio (ton/año)

En la **Figura 64** se observa el basurero municipal de San Agustín Metzquititlán, lugar en donde van a dar todos los residuos de origen doméstico en este municipio, en la **Figura 65** se observa la membrana de lixiviados del basurero el “Huixmi” perteneciente al municipio de Pachuca, así como el camión recolector de este (**Figura 62**).

7.4.3. 2 EMISIONES AL SUELO PROVENIENTES DEL SECTOR INDUSTRIAL

En la zona de estudio el sector Industrial se encuentra representado por el sector 31 es decir por mataderos que se encuentran en dos municipios de la Zona de estudio Pachuca (48) y Zacualtipán (81); además de este sector se encuentra el sector de Manufactura de cuero (32) y el sector de productos químicos (35). En la **Tabla XXIX**, se observa que para el caso de Pachuca este sector contamina con 100 608 ton/año, mientras que el municipio de Zacualtipán emite 109.4 ton/año producto del matadero que se encuentra en dicha zona. En la **Figura 58** se observan las fuentes detectadas para la zona de estudio, así como los basureros legales y clandestinos presentes.

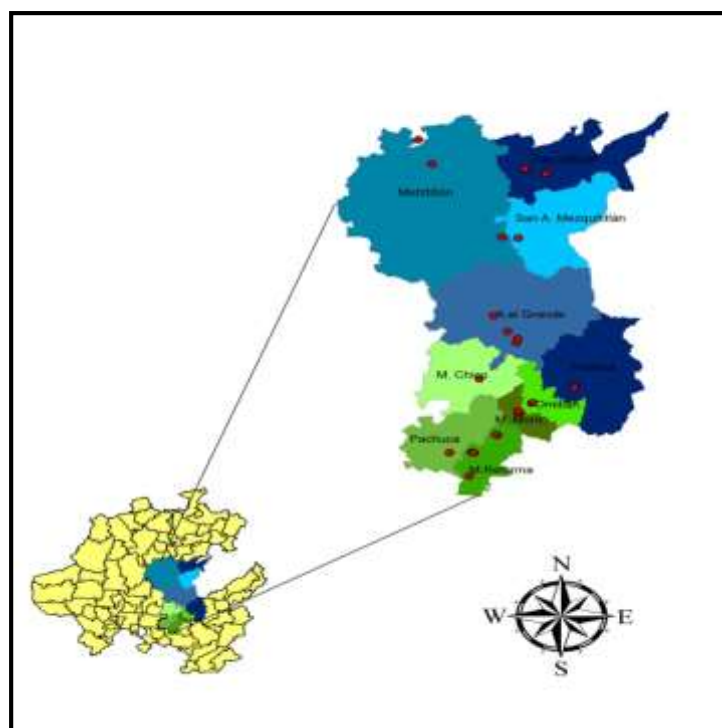


FIGURA 58. Fuentes emisoras al suelo presentes en la zona de estudio
Fuente Elaboración propia

TABLA XXIX. Cantidad (ton/año) de contaminantes por sector industrial

Municipio	Industria	Desecho	
		solido	Naturaleza del desecho
PACHUCA	Matadero	49.7	sangre, vísceras, pezuñas, etc.
		4.26	animales y órganos infectados
	Tenerías cromo	54000	Desechos del proceso (productos del recorte, etc.)
		36000	Agua residual
	Terminado cuero	1050	Desecho del proceso (productos del recorte, polvo)
Zacualtipán		7700	Desecho del proceso conteniendo Cr, Pb
	Pinturas látex Prod.	3.81	Sedimento de pintura, solventes de desecho
	Farmacéuticos	1800	Concentrado de desecho de solvente
	Matadero	100.8	sangre, vísceras, pezuñas, etc.
		8.6	animales y órganos infectados
	TOTAL	183368.3	

En la **Tabla XXX** se observa la contaminación estimada para el medio suelo es de 328,547.1 ton/año de las cuales los Residuos Industriales aportan 183,259 es decir el 56% mientras que los RSU se estima el 44% con un total de 145,179 ton/año, en cuanto a las Regiones se refiere se observa que la Región de la Comarca Minera emite 310,483 ton/año de las cuales los Residuos Industriales aportan el 59% de la Contaminación total para la Comarca Minera y donde el Municipio de Pachuca (48) es el que emite el 100% de la contaminación para esta fuente industrial, para el caso de la Barranca de Metztitlán el total de emisiones se

estimó en 18,064 ton/año de las cuales los RSU generan el 99% de la contaminación con 17,955 ton/año, mientras que el 1% restante es para los Residuos Industriales que se presentan en el Municipio de Zacualtipán (81) con los mataderos y cuyo estimado es de 109 ton/año.

TABLA XXX. Total de emisiones por municipio y por región

REGIÓN	MUNICIPIO	Residuos Industriales	Residuos Sólidos Urbanos	Total
COMARCA MINERA	48	183,259	97,524	280,784
	51	0	24,252	24,252
	39	0	3,148	3,148
	38	0	1,053	1,053
	45	0	1,247	1,247
	TOTAL		183,259	127,224
BARRANCA DE METZTILÁN	24	0	2,297	2,297
	12	0	4,479	4,479
	36	0	3,342	3,342
	37	0	1,482	1,482
	81	109	6,355	6,464
	TOTAL		109	17,955
TOTAL		183,259	145,179	328,547

En la **Figura 59** se observa que el municipio de Pachuca es el que más emisiones arroja con 280 783.7 ton/año de los cuales cerca del 65% son de origen industrial y el 35% de estos proviene de los Residuos Sólidos Urbanos que son producto de los habitantes. Seguido del municipio de Mineral de la Reforma (51) y del Municipio de Zacualtipán (81)

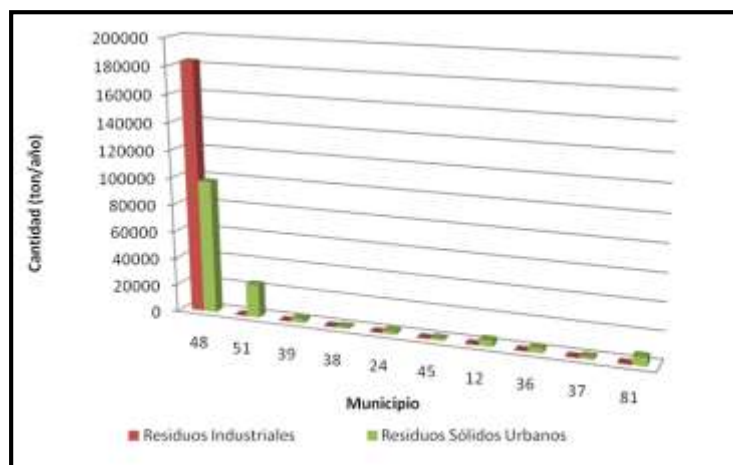


FIGURA 59. Cantidad de contaminantes (ton/año) de RSU y de Residuos industriales



de Zacualtipán

FIGURA 61. Contenedores de basura en el municipio de Metztlán



o en el municipio

FIGURA 63. Rastro municipal del municipio de Zacualtipán



o de San Agustín

FIGURA 65. Membrana de lixiviados del basurero del "Huixmi" perteneciente al municipio de Pachuca



CALIDAD AMBIENTAL

8. CALIDAD AMBIENTAL

Después de obtener los resultados estos se analizaron para determinar la calidad ambiental en los tres factores agua, suelo y aire. La calidad ambiental del aire fue determinada mediante el análisis de los contaminantes, de las fuentes de móviles (automotores a base de gasolina y diésel) y estacionarias. Realizando la comparación con otros Municipios donde ha sido aplicada la técnica ERFCA.

La calidad del agua se determinó mediante la elaboración de escalas de afectación al medio ambiente, en comparación con las Normas Oficiales Mexicanas. Para el caso del suelo, la calidad ambiental se determinó mediante el manejo de los RSU y su comparación con Normas Oficiales Mexicanas.

8.1 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

Respecto a la calidad ambiental para aire determinada en base a las Normas Oficiales Mexicanas esta no se pudo determinar por cuestión de unidades, debido a que las NOM lo da en mg/m^3 y los resultados que otorga la técnica ERFCA son en $\text{ton}/\text{año}$ así que no es posible esa conversión de unidades y por lo tanto no se puede la utilización de las Normatividad Mexicana para este fin; pero se obtuvo la emisión per cápita por km^2 y por habitante. Se encontró (**Tabla XXXI**) que la región emite $50.8 \text{ ton/año}/\text{km}^2$, sin embargo, para el municipio de Pachuca (48) esta cantidad se eleva a $325.4 \text{ ton/año}/\text{km}^2$ y para Mineral de la Reforma $181.8 \text{ ton/año}/\text{km}^2$.

En el caso de la contaminación por habitante en promedio se tiene que el municipio de Atotonilco es el que por habitante contamina más con $.5 \text{ ton/año}$ por habitante en comparación con los demás municipios que les corresponde el $.2$

TABLA XXXI. Indicador por Habitante y Extensión

Municipio	Extensión	Habitantes	Cont. Total	Por Extensión km^2	Por Habitante
48	195.3	275578	63554.6	325.4	0.2
51	92.5	97498	16813.1	181.8	0.2
39	305.9	15201	1874.4	6.1	0.1
38	118.2	6714	1317	11.1	0.2
24	77.1	11944	2633.2	34.2	0.2
45	110.5	7529	1781.1	16.1	0.2
12	457.9	23823	12347.9	27	0.5
36	313	8558	3648.4	11.7	0.4
37	313.3	20123	5018.5	16	0.2
81	241.6	25987	3973.1	16.4	0.2
Total	2225.2	492955	112961.2	50.8	0.2

TABLA XXXII. Comparación de los municipios de la zona de estudio con otros donde se ha aplicado la técnica

MUNICIPIO	TOTAL (ton/año)
TLAXCOAPAN	1 839 885.2
TULA DE ALLENDE	117 783.6
PACHUCA DE SOTO	43 348.9
TEPEJI DEL RÍO	42 861.4
MOLANGO	25 514.7
MIXQUIAHUALA	17 647.1
TULANCINGO DE BRAVO	17 011.8
ATITALAQUIA	4 979.6
PACHUCA DE SOTO 2009	63 554.6
MINERAL DE LA REFORMA 2009	16 813.1
HUASCA DE OCAMPO	1 874.4
MINERAL DEL CHICO	1 317
MINERAL DEL MONTE	2 633.2
OMITLÁN DE JUÁREZ	1 781.1
ATOTONILCO EL GRANDE	12 347.9
SAN AGUSTÍN METZQUITILÁN	3 648.4
METZTITLÁN	5 018.5
ZACUALTIPÁN DE LOS ÁNGELES	3 973.1

FUENTE: Cabrera-Cruz *et al* 2004

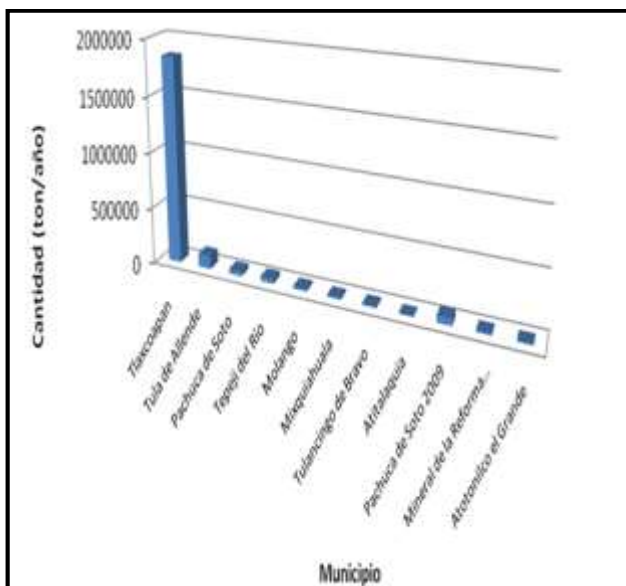


FIGURA 66. Comparación de la zona de estudio con otros municipios donde ha sido aplicada la técnica ERFCA

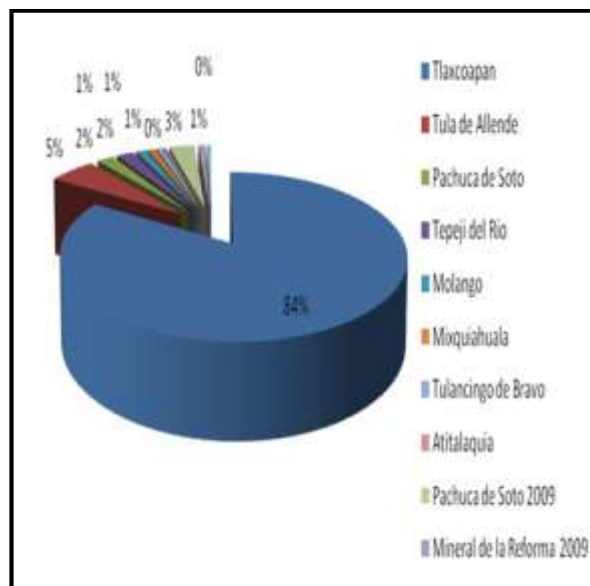


FIGURA 67. Porcentajes de las emisiones del área de estudio con respecto a los municipios donde se ha aplicado ERFCA

El total de las emisiones contaminantes emitidas tanto por fuentes móviles como industriales se observa en la **Tabla XXXII** donde se realizó una comparación con demás municipios donde se ha llevado a cabo el mismo estudio, para el municipio de Pachuca se tiene que en el año 2000 las emisiones eran de 43 348.9 ton/año, mientras que para el 2009 estas tendieron a aumentar a 63,555 ton/año (**Figura 66**), debido al incremento poblacional y por ende al incremento en el padrón vehicular, pese a esto está lejos de municipios tales como Tlaxcoapan que emitían para el año 2000 cerca de 1,839,885 ton/año apenas un poco más de 3% de emisiones que Pachuca emite actualmente y que decir de municipios como Mineral del Chico que no emiten ni el 1% de lo que emite el municipio de Tlaxcoapan.

En lo que se refiere en general a la zona de estudio se estima la contaminación para aire en 109,313 ton/año y que comparado con municipios como Tlaxcoapan emiten solo el 6% de la contaminación en dicho municipio y que comparado con Tula de Allende emite el 93% de la contaminación emitida por un solo municipio comparado con los diez municipios que abarca la zona de estudio.

8.2 DETERMINACIÓN CALIDAD DEL AGUA

Para evaluar la calidad del agua como primer paso el ton/año que eran las unidades en las que están expresados los resultados se procedió a cambiarlos a (mg/l) ya que así se manejan en la Normatividad Mexicana. Indicando primero el sector industrial, posteriormente el doméstico, para finalizar con el total de ambos y la determinación de la calidad.

En las descargas de contaminantes por la industria del sector 11 se tomó como referencia la NOM-001-SEMARNAT-1996 la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales así como la NOM-002-SEMARNAT-1996; que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Para las descargas domesticas también se aplicó la Normatividad Mexicana (**Tabla XXXIII**)

TABLA XXXIII. Escala de Referencia

ESCALA DE CALIDAD	
ESCALA	CALIDAD
0	BUENA
25	REGULAR
50	MALA
100	PÉSIMA

Para evaluar la importancia que representa el factor ambiental que pueda ser afectado, se tomó como referencia la NOM 001- SEMARNAT -1996, puesto que todos los efluentes incluyendo aquellos que son descargados en sistemas de drenaje y alcantarillado son descargados en aguas y bienes nacionales (**Tabla XXXIV**). Para el parámetro de DBO₅ se

observa que los tres municipios Pachuca (48), Mineral de la Reforma (51) y Zacualtipán de los Ángeles (81) sobrepasan el límite establecido por la NOM siendo NO ADMISIBLES. De acuerdo a la escala de importancia se tiene que el municipio de Mineral del Reforma (51) se encuentra con una contaminación fuerte, mientras que los municipios de Pachuca (48) y Zacualtipán (81) sobrepasan dicho valor.

Para la DQO la NOM-001-SEMARNAT-1996 no toma en cuenta este parámetro por lo que su comparación se hizo en base a la escala de importancia, se tiene que para los tres municipios tienen una contaminación alta. En el caso de los SS y según la escala de importancia los municipios de Mineral de la Reforma (51) y Zacualtipán (81) presentan una contaminación ligera, sin embargo el municipio de Pachuca (48) presenta una contaminación media, pese a esto y según la NOM esta es NO ADMISIBLE para dichos municipios.

TABLA XXXIV. Total de contaminación por efluentes de tipo industrial y doméstico

PARÁMETRO	ESCALA DE IMPORTANCIA (Criterio Hernández-Muñoz A)			ESCALA DE ADMISIBILIDAD OFICIAL LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NOM-001-SEMARNAT-1996)	VALORES OBTENIDOS ERFCA			CONCENTRACIÓN ERFCA
	Contaminación				48	51	81	
	FUERTE	MEDIA	LIGERA					
DBO ₅	300	200	100	150	392	274	305.83	269.86
DQO	800	450	160	NC	768	597	635.64	602.73
SS	500	300	100	150	304.53	271.21	280.49	273.97
NITRÓGENO	86	50	25	40	43.48	44.13	47.53	45.2
FOSFORO	17	7	2	20	5.28	5.29	5.57	5.48
GRASAS Y ACEITE	40	20	0	15	0.67	0.75	4.87	ND
Cr	ND	ND	ND	1	0.05	0	0	ND
S ₂	ND	ND	ND	NC	0	0	0	ND
Zn	ND	ND	ND	10	0.01	0.06	0	ND

Para Nitrógeno se tiene que los tres municipios presentan una contaminación media, pero en cuenta a la NOM se tiene que NO ADMISIBLE.

Para el caso de Fosforo, Grasas y Aceites esta se encuentra en una escala de ligera y en cuenta a la escala de admisibilidad oficial se considera como ADMISIBLE

Para el caso del Cr y el Zn no se cuenta con una escala de importancia, pero si con una de admisibilidad oficial siendo esta ADMISIBLE para el ambos casos, en donde el Cr está presente el municipio de Pachuca (48) y el Zn el Pachuca (48) y Mineral de la Reforma (51)

Para la DBO₅ la NOM-001-SEMARNAT-1996 establece que el límite máximo permisible es de 150 mg/l al comparar este con los datos obtenidos se observa que esta sobrepasa dicho límite e inclusive sobrepasa en el caso de Pachuca la escala de importancia (**Figura 68**).

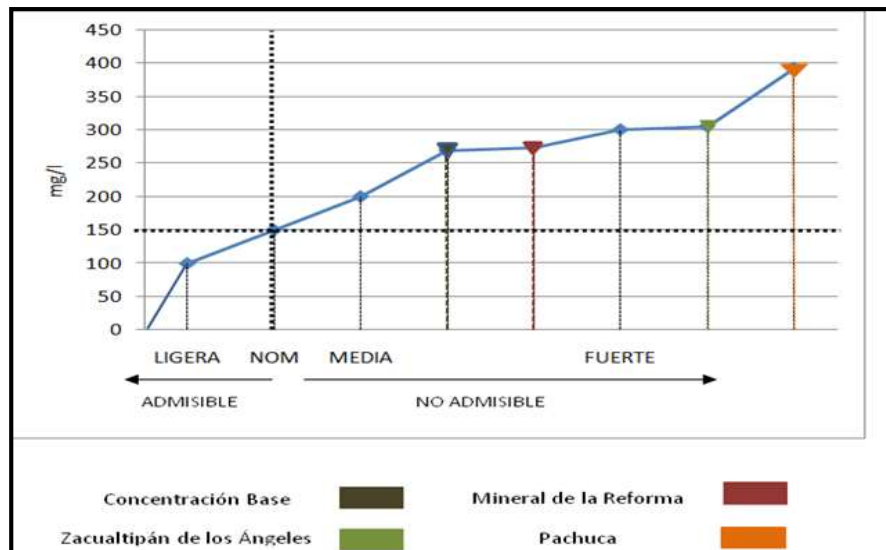


FIGURA 68. Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5

Para la Demanda Química de Oxígeno (**Figura 69**), la Norma no establece los límites máximos permisibles tomándose en cuenta la escala de importancia, se observa que para este trabajo es NO ADMISIBLE

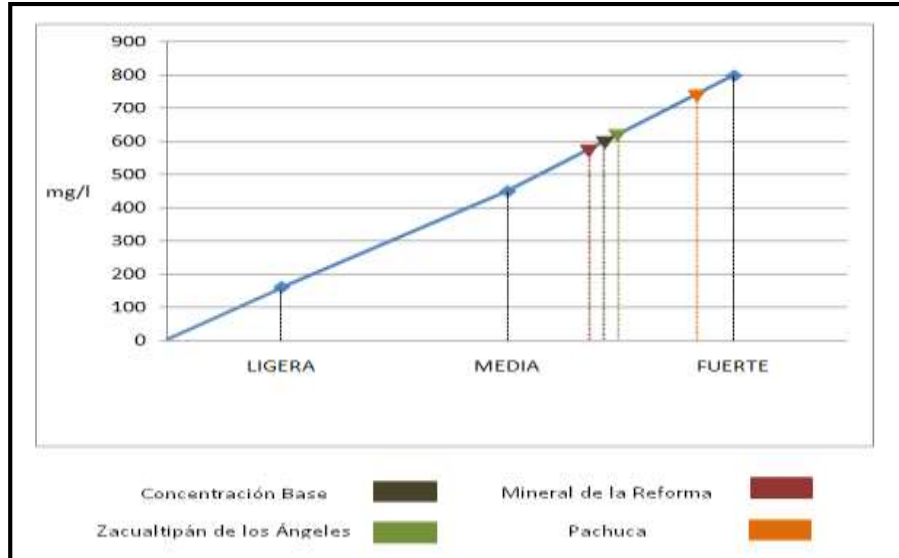


FIGURA 69. Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Demanda Química DQO

En el caso de los Sólidos Suspendidos la NOM-001-SEMARNAT-1996 indica el límite máximo permisible establecido que es de 125 mg/l, se observa que para los municipios esta es NO ADMISIBLE ya que sobrepasan la NOM (**Figura 70**)

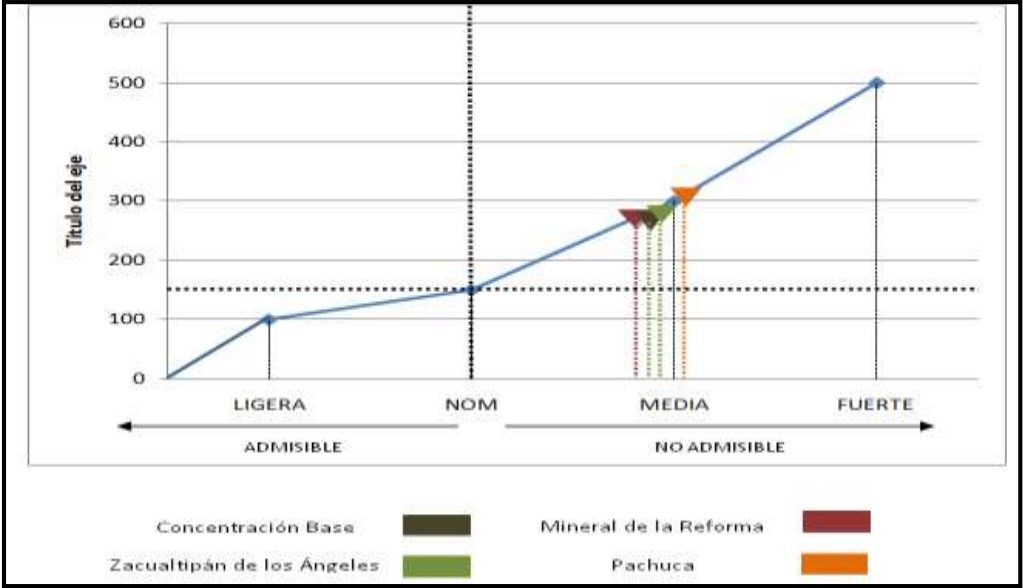


FIGURA 70. Parámetro evaluado en la calidad del agua Total Sólidos Suspendido (SS)

En el caso del Nitrógeno indica que se encuentra fuera de la Normatividad considerándose NO ADMISIBLE, ya que el límite máximo permisible es de 40 mg/l (**Figura 71**)

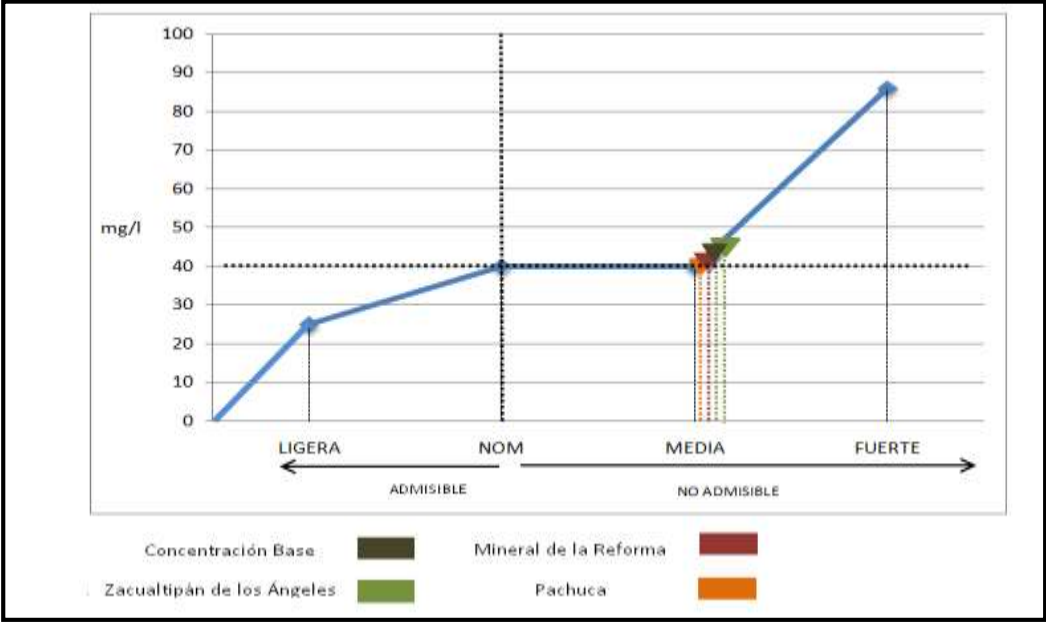


FIGURA 71. Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Nitrógeno

Para el Fosforo, las Grasas y los Aceites los resultados indican que se encuentra dentro del rango establecido como permisible en la Normatividad Mexicana considerándose como ADMISIBLE (Figura 72 y 73)

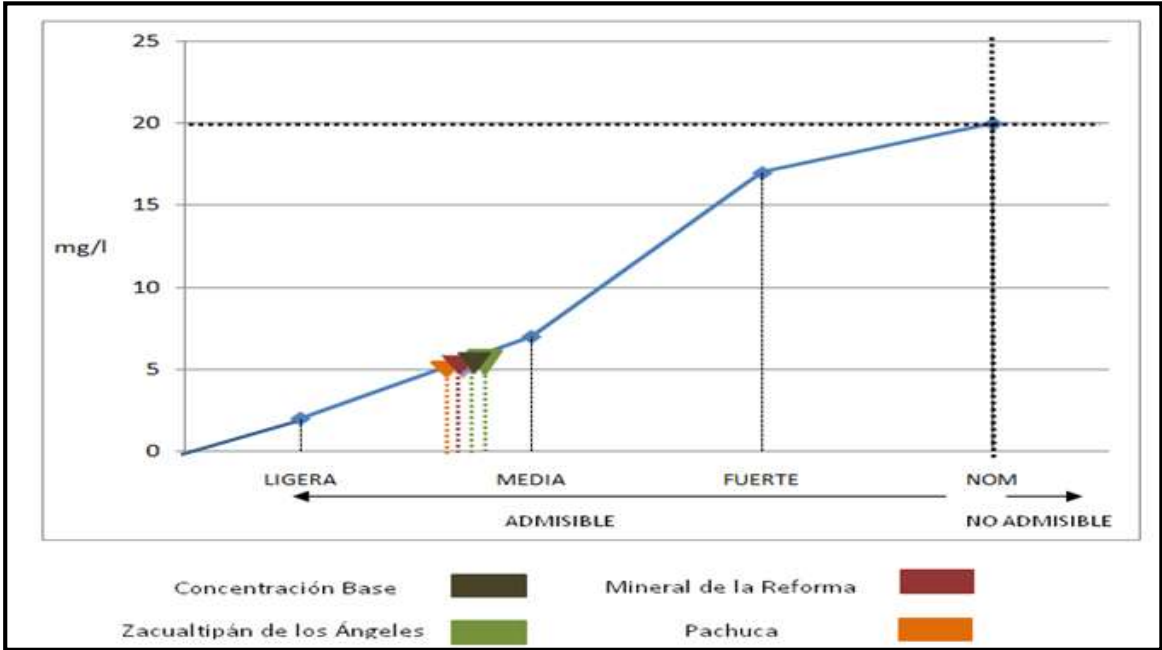


FIGURA 72. Parámetro evaluado en la calidad del agua Total Fosforo

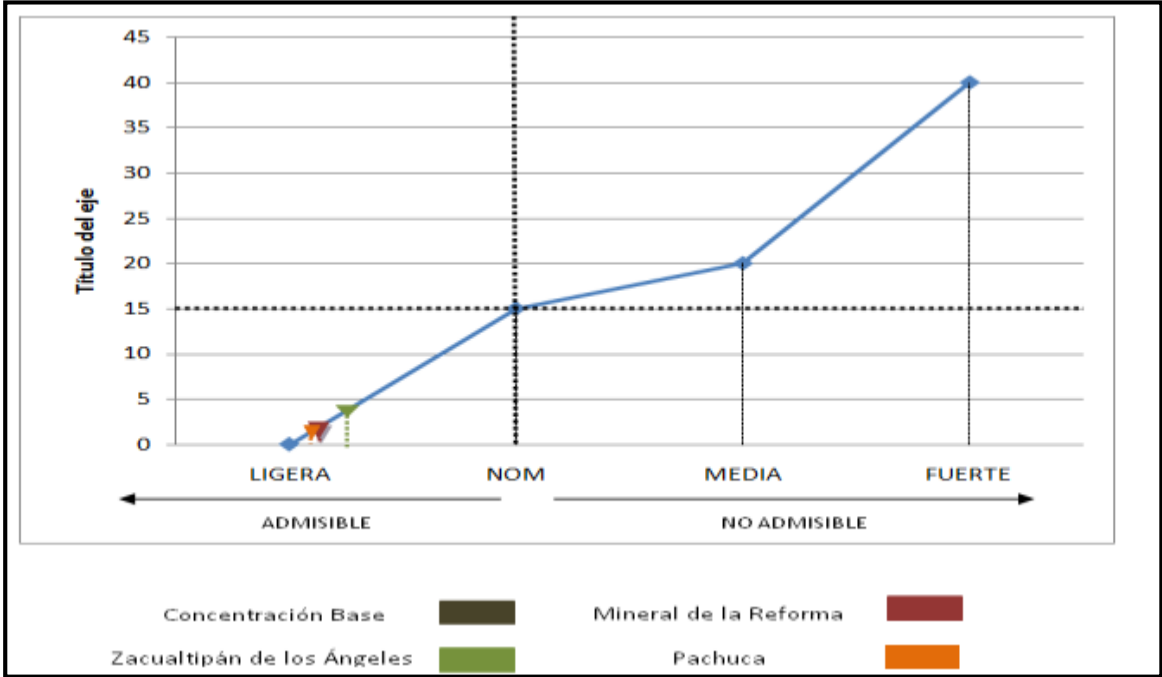


FIGURA 73. Parámetro evaluado en la calidad del agua Total de Grasas y Aceite

8.3 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO.

Para suelo se determinó a los sitios de disposición final de basura en base a la NOM-083-SEMARNAT-2003 encontrándose que las características de los sitios de disposición final no cumplen con las normas, en el caso del “Huixmi” relleno sanitario de Pachuca se observa que es un sitio parcialmente contralado (**Tabla XXXV**) mientras que en los demás municipios no se cumple con la NOM siendo NO ADMISIBLE

TABLA XXXV. Características específicas que deben cumplir los sitios de disposición final

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
48	X			X	X	X	X	X		X	X	X	
51	X							X					X
39													X
38													X
24							X	X					X
45													X
12													X
36								X					X
37	X			X									X
81								X					X

- 1.- Aprovechamiento de los residuos 2.- Área de emergencia 3.- Monitoreo de Biogás 4.- Cobertura 5.- Control 6.- Frente de trabajo 7.- Interfase 8.- Manual de operación 9.- Monitoreo ambiental 10.- Planimetría 11.- Tratamiento 12.- Sitio controlado 13.- Sitio no controlado

El Aprovechamiento de los residuos es el conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía. El área de emergencia :es el área destinada para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cuando por fenómenos naturales y/o meteorológicos no se permita la operación en el frente de trabajo diario. El Monitoreo de Biogás es una mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos, constituida principalmente por metano y bióxido de carbono. La Cobertura es la capa de material natural o sintético, utilizada para cubrir los residuos sólidos, con el fin de controlar infiltraciones pluviales y emanaciones de gases y partículas, dispersión de residuos, así como el contacto de fauna nociva con los residuos confinados. El control es la Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas. Frente de trabajo es el área del sitio de disposición final en proceso de llenado, que incluye generalmente la descarga, esparcido, compactado y cubierta de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Interfase es la barrera de suelo natural, o intercalada con material sintético o natural, necesaria para evitar el paso de lixiviado. Se calcula por unidad de superficie y se expresa en metros (m) de espesor de suelo. Manual de operación es el documento que describe las diferentes actividades involucradas en la operación del sitio de disposición final. Monitoreo ambiental: es el conjunto de acciones para la verificación periódica del grado de cumplimiento de los requerimientos establecidos para evitar la contaminación del ambiente. La planimetría es la parte del estudio topográfico que

determina la ubicación de los límites del predio, describiendo geoméricamente en un plano, cualquier elemento de significancia, como cursos o cuerpos de agua superficial, áreas de inundación, caminos, líneas de conducción existentes (luz, agua, drenaje, gas, teléfono y árboles), así como todo tipo de estructuras y construcciones dentro del predio. El tratamiento son los procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad. Un Sitio controlado es un sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización. El sitio no controlado es aquel sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma. El Relleno sanitario es la obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicional, los impactos ambientales. La Norma Oficial Mexicana categoriza los sitios de disposición final de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día en tipo A, B, C, D (**Tabla XXXVI**).

TABLA XXXVI. Tipos de sitios de disposición final

TIPO	TONELAJE RECIBIDO Ton/día
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

Esta NOM establece estudios y análisis previos requeridos para la selección del sitio garantizando la protección del ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales, la minimización de los residuos sólidos urbanos. En la **Tabla XXXVII** se observa la lista de estudios que deben de realizarse cuando se requiera construir un basurero dependiendo al tipo.

Tabla XXXVII. Características de un relleno sanitario

Estudios y Análisis	A	B	C
Geológico y Geohidrológico Regionales	X		
Evaluación Geológica y Geohidrológica	X	X	
Hidrológico	X	X	
Topográfico	X	X	X
Geotécnico	X	X	X
Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial	X	X	X
Generación de biogás	X	X	
Generación de lixiviado	X	X	

8.3.1 CALIDAD PARA RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES

En cuanto a los residuos sólidos industriales determinados para el proceso de curtiduría, se consideran peligrosos dentro de la categoría de tóxicos de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-2005. La técnica ERFCA considera lodos generados en etapa de curtido dentro del proceso de plantas de tratamiento, pero las fuentes detectadas en el estudio no cuentan con plantas de tratamiento, si existiera este proceso los lodos se considerarían corrosivos, así como los sólidos cribados del agua residual. Este tipo de residuos no reciben el manejo integral de acuerdo a la NOM en cuanto a su almacenamiento temporal, transporte y disposición final.

8.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

La calidad biótica estuvo dada por la presencia de especies en cada municipio que comprende la zona de estudio, en la **Tabla XXVIII** se observa que la Región de la Comarca Minera es la que presenta una mayor diversidad biológica (1,239 sp.), siendo el municipio más representativo Mineral del Chico, debido a que es en este donde encontramos un Parque nacional, además de ser una zona en donde se han hecho varios estudios bióticos de interacciones biológicas así como de listados florísticos y faunísticos, seguido de este se encuentra el Municipio de Pachuca con 433 especies, que pertenece a la Sierra de Pachuca, en donde las condiciones climáticas y fisiográficas tan diversas de la Sierra, propician la existencia de un considerable número de hábitats, considerando a esta zona como el parteaguas entre la Cuenca del Río Pánuco y la Cuenca del Valle de México, una estribación de la Sierra Madre Oriental.

La Región de la Barranca de Metztitlán presento 580 sp. De las cuales 239 de ellas se encontraron en el municipio de Metztitlán que dentro de sus límites territoriales cuenta con la Reserva de La Biosfera zona altamente rica en cuando a cactáceas se refiere pero en donde son pocos los estudios realizados acerca de listados, siendo en los últimos años cuando más estudios se han realizado en dicha zona, seguido de dicho municipio se encuentra al municipio de Zacualtupán con 239 especies, este municipio es uno de los cuales a últimas fechas a presentado mayores estudios tanto de flora como de insectos, específicamente del orden de los coleópteros.

Para el caso del índice biológico de especies protegidas (IRBP) se encontró para la Comarca Minera que el municipio de Mineral del Monte es el que más especies protegidas posee con un total de 11 especies siendo su índice de 0.06 lo que representa el número de especies protegidas por Km² seguido del municipio de Mineral del Chico con 7 especies protegidas en decir el 0.04 y de Pachuca con 4 especies que representa el 0.02, en total se encontraron para la región un total de 23 especies dentro de alguna categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001, representando un grado de importancia en diversidad biológica específicamente para municipios como Mineral del Monte y Mineral del Chico que tuvieron más presencia de organismos dentro de esta categoría.

Para el caso de la Barranca de Metztlán se encontraron un total de 13 especies que entran dentro de alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2001, siendo los municipios más representativos los de Metztlán y Zacualtipán de los Ángeles con seis especies cada uno y con un índice de Riqueza Biológica protegida de 0.02 muy por encima del municipio de Omitlán de Juárez que presenta una sola especie y con un índice de 0.01.

Tabla XXVIII. Índices Biológicos por municipio

REGIONES	MUNICIPIO	ESPECIES		EXTENSIÓN	I.R.B	I.R.B.P
		Total de sp.	Sp. protegidas			
COMARCA MINERA	Pachuca de Soto	433	4	195.3	2.22	0.02
	Mineral de la Reforma	27	1	92.5	0.29	0.01
	Mineral del Monte	288	11	305.9	0.94	0.04
	Mineral del Chico	445	7	118.2	3.76	0.06
	Huasca de Ocampo	46	0	77.1	0.60	0.00
	TOTAL	1239		789	1.56	0.00
BARRANCA DE METZTILÁN	Omitlán de Juárez	9	1	110.5	0.08	0.01
	Atotonilco el Grande	93	0	457.9	0.20	0.00
	San A. Metzquitlán	21	0	313	0.07	0.00
	Metztlán	239	6	313.3	0.76	0.02
	Zacualtipán	218	6	241.6	0.90	0.02
	TOTAL	580		1436.3	0.40	0.00

CONCLUSIONES

9. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó un inventario de los tipos de contaminación y de las fuentes de desecho, incluyendo su localización y niveles de emisión para cada medio aire, agua y suelo. Como resultado del inventario se obtuvieron un total de 607 fuentes, de las cuales 561 corresponden al sector agropecuario (1110), en cuanto a los demás sectores el sector de enseres domésticos (38) es el más representativo seguido del alimenticio con 13 fuentes. En cuanto a los municipios se refiere el que más fuentes aporta es el San Agustín Metzquitlán con 126 fuentes que pertenecen al sector agropecuario. Seguido de Zacualtipán con 94 del mismo sector. La importancia de Pachuca reside en ser la capital del estado, y por ende el tener una concentración industrial, para dicho municipio se encontró un total de 60 fuentes de las cuales 28 corresponden al sector agropecuario seguida del alimenticio con 9 fuentes y del sector metal mecánico con 8 fuentes.

Para la zona de estudio se estimó la contaminación total en 655,409 ton/año, de las cuales el medio suelo representa el 50% de la contaminación total con 328,547 ton/año, seguido del medio agua con 213,901 ton/año es decir el 33% y por último el medio aire con 112,961 ton/año es decir el 17% de la contaminación. Por región se obtuvo que la más contaminada es la Comarca Minera con 522,008 ton/año es decir el 80% de la contaminación total por el 20% restante de la Barranca con 133,401 ton/año.

Para aire los cálculos se estimaron para fuentes móviles e industriales, para las fuentes móviles se tomó en cuenta el total de gasolina y diésel. Se estimó la contaminación total para este medio en 112,961 ton/año de las cuales la Región de la Comarca Minera aporta 85,340 ton/año, es decir el 75% de la contaminación total siendo las fuentes móviles y en específico las de motor a gasolina las que aportan mayor cantidad con 71,238 ton/año, por 4,850 de las de motor a diésel y 9,253 por las fuentes industriales. Por municipio se obtuvo que Pachuca emite 63,555 ton/año de las cuales las automotores a gasolina son los que más aportan con 52,008 ton/año, seguido de dicho municipio se encuentra Mineral de la Reforma, en donde la población ha ido en aumento y por ende el padrón vehicular para este municipio se estimó la contaminación en 16,813 ton/año de las cuales los automotores a gasolina emiten el 93% de la contaminación total. Para el caso de la Barranca de Metzquitlán la contaminación total estimada fue de 27,621 ton/año de las cuales y a diferencia de la Comarca Minera la más importante fue emitida por los automotores a diésel con 19,076 ton/año es decir el 69% de la contaminación, siendo el municipio más contaminado Atotonilco el Grande con 12,348 ton/año, seguido en menor medida de Metzquitlán con 5,019 ton/año. Por parámetro se obtuvo que el Monóxido de Carbono es el más importante emitiendo el 78% de la contaminación con 83,653.

En el factor agua se utilizaron los datos tanto de efluentes domésticos como industriales. La contaminación estimada para este medio fue de 213,091 ton/año de las cuales el sector agropecuario es el que mayores emisiones produce con 169,359 ton/año, seguido de las fuentes domésticas con 38,515 ton/año. Por región se estimó para la Comarca Minera un total de 126,185 ton/año de las cuales el sector agropecuario representa el 71% de la contaminación por 31,192 ton/año de los efluentes domésticos. En cuanto a los municipios

se refiere el más contaminado es Pachuca con 42,335 ton/año, siendo los efluentes domésticos los más importantes con 23,407 ton/año, seguido del sector agropecuario con 13,285 ton/año. Para la Región de la Barranca de Metztitlán se estimó la contaminación en 87,716 ton/año en donde el sector agropecuario es el más importante con el 92% de la contaminación, seguido en menor medida por los efluentes domésticas con 7,323 ton/año, por municipio se encontró que Atotonilco el Grande es el más contaminado con 30,479 ton/año.

Para el medio suelo la contaminación estimada fue de 328,547 ton/año de las cuales los Residuos industriales son los más importantes con 183,259 ton/año por 145,179 ton/año de los Residuos Sólidos Industriales. Para la Región de la Comarca Minera se estimó la contaminación en 310,483 ton/año de las cuales 127,224 ton/año corresponde a los Residuos Sólidos por 183,259 de los Residuos Industriales, por municipio se obtuvo que l más contaminado fue Pachuca con 280,784 ton/año de las cuales 183,259 ton/año corresponde a los Residuos Industriales por 97,524 ton/año de los Residuos Sólidos Industriales. Para la Región de la Barranca de Metztitlán la contaminación estimada fue de 18,064 ton/año siendo el 99% proveniente de los Residuos Sólidos Urbanos con 17,955 ton/año y el 1% restante de los Residuos Industriales con 109 ton/año, siendo Zacualtipán el municipio más contaminado con 6,464 ton/año y de Atotonilco el Grande con 4,479 ton/año.

Existen Normas Oficiales Mexicanas que permite determinar la calidad de los medios aire, agua y suelo; sin embargo para aire se encontró una limitantes y es que las normas da unidades en mg/m³, siendo que los resultados obtenidos por la técnica ERFCA maneja unidades de ton/año, por lo que no fue posible determinar la calidad del aire para la zona de la Comarca Minera –Barranca de Metztitlán, pese a esto se pudo comparar los resultados obtenidos con otros municipios donde se aplicó dicha técnica, siendo en el caso de Pachuca y Mineral dela Reforma los únicos en donde se pudo contrastar con otros estudios hechos anteriormente. Analizándose esto se pudo determinar que la falta de medidas mitigadoras así como el no contar con parámetros que nos permitan evaluar los contaminantes y la concentración en la que se encuentra s considera la contaminación emitida como NO ACEPTABLE.

La determinación de la calidad de agua fue establecida en base a la Normatividad Mexica, utilizándose la NOM-001-SEMARNAT-1996, que nos permitió establecer la escala de admisibilidad oficial, para determinar la escala de afectación del medio se utilizó la una escala de gravedad basada en los criterios de Hernández – Muñoz (2001), realizando la comparativa para cada uno de los parámetros valorados se llega a la conclusión de que la calidad para el medio agua es NO ACEPTABLE.

Para determinar la calidad del suelo se analizaron los sitios de disposición final de los residuos sólidos en cada uno delos municipios y se observó que estos no cumplen con las características requeridas por la normatividad mexicana, siendo que el manejo de los residuos sólidos no es el adecuado, además de que el sistema de recolección, infraestructura y tamaña de estos no es el adecuado en la mayoría de los basureros de la zona de estudio, de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003; la calidad ambiental para suelo se considera NO ADMISIBLE.

Para el caso de la determinación de la calidad biológica se encontró que el municipio que mayor Índice de riqueza Biológica presentó (IRB) fue Mineral del Chico con el 3.76 seguido de Pachuca con 2.22 para el caso de la Comarca Minera, mientras que la Barranca de Metztitlán el Municipio de Zacualtipán presentó un mayor índice con 0.90.

En cuanto al índice de riqueza Biológica Protegido (IRBP) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 los municipios mayormente representados son Mineral del Chico y Mineral del Monte para la Comarca Minera, seguido de Metztitlán y Zacualtipán para el caso de la Barranca.

La técnica empleada nos permitió saber de una manera rápida y a costos relativamente bajos los municipios que mayores emisiones contaminantes producen así como los parámetros más destacados, que comparados con otras técnicas nos llevaría mayor tiempo y mayores costos en su realización.

El presente trabajo tuvo como finalidad ser la base para futuras investigaciones en los municipios y en el estado, dicho estudio permitirá dar un panorama general acerca de la calidad ambiental en la Región de la Comarca Minera-Barranca de Metztitlán, además de que se pudo comparar las emisiones que se presentaron en este estudio con respecto a estudios posteriores en parte de la Comarca Minera, y de ser pionero en la Barranca de Metztitlán, este trabajo pretende así despertar la conciencia de la ciudadanía en general para detectar los problemas y proponer soluciones que puedan en algún momento disminuir las emisiones contaminantes para la zona de estudio.

REFERENCIAS

10. REFERENCIAS

Aguilar R.M .1999. Reciclamiento de Basura. Una opción ambiental comunitaria. Trillas. México, D.F. 106 pp

Alemán B. (2008) Evaluación de la calidad ambiental de dos lagos de Hidalgo: Hélimitos parásitos como bioindicadores. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 68 pp.

Álvarez, T. y F. DE Lachica. (1991), Zoogeografía de los vertebrados de México, México

Arévila A., Jiménez B. y Ramos J. (1997). *Evaluación de la contaminación dispersa. Por agroquímicos en México*. Revista de Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Año 9, No. 31, , enero-marzo pp. 22-32.

Armienta H. A.M y Rodríguez C. R (2005). Metales y metaloides. Estudio de caso : Contaminación por arsénico en el agua subterránea de Zimapán, Hidalgo: problemática ambiental y enfoque metodológico. EN *El agua en México vista desde la academia*. (Blanca J, Luis M, Ed). Academia de Ciencias Ambientales,, México. Pp 79-98.

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

Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 2002. "Aguas continentales y diversidad biológica de México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Bizuet F.A., Martínez L. y Llorente B.J. (2001) Mariposas del Parque Nacional El Chico, Hidalgo y sus relaciones biogeográficas con cinco zonas aledañas al Valle de México, México. *Lepid.* 29, 145-159

Cabrera-Cruz R.B.E., Gordillo-Martínez, A. J y Cerón-Beltrán, A. (2003). Inventario De Contaminación Emitida a Suelo, Agua Y Aire En 14 Municipios Del Estado de Hidalgo, México. *Rev. Int. Contaminación. Ambiental*. Vol. 19 Núm. .p 171-181.

Cabrera-Cruz R.B.E., Gordillo-Martínez, A. J y Cerón-Beltrán, A. (2004). Inventario de Residuos Peligrosos Industriales en 17 Municipios del Estado de Hidalgo, México. *Rev. Int. Contaminación. Ambiental*. Vol. 20 Núm. .pp. 13-22.

Camarillo R. J. y A. G. Casas. (2001) Anfibios y Reptiles del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 72(1): 105-123 pp.

CANACINTRA (2005). *Directorio de empresas afiliadas*. Cámara Nacional de Industria de la Transformación. Hidalgo, Delegación Pachuca. 30 p.

Carbó, R. P. 2008. Estructura y composición de la avifauna y su interacción con un ambiente urbano en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Tesis de Maestría. UAEH. 88 pps

Castro C., H. J. y P. J. Romo. (1997), "Los mamíferos de la porción Norte de la vega de Metztlán, Hidalgo, Usos y perspectivas", Tesis de Licenciatura en Biología, ENEP Iztacala, UNAM, México.

CEMDA, Presencia Ciudadana, Fondo Educación Ambiental, National WILDLIFE Federation, Alianza Mexicana por una Nueva Cultura del Agua, Fundación Heinrich Böll, TFI (2006). El Agua en México: Lo que Todas y Todos debemos Saber

CONABIO (2009) Base de datos. [en línea] <http://conabioweb.conabio.gob.mx>

CONAFOR (2009). Zona Ecológica. [en línea] http://www.conafor.gob.mx/index.php?searchword=ZONA+ECOLOGICA&option=com_search&Itemid=221

CONANP (2003) Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas. Plan de Manejo. México. 208 pp.

CONANP (2005) Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional el Chico. Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas. Plan de Manejo. México. 236 pp.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES (COREMI). 1992. Monografía geológico-minera del Estado de Hidalgo. Consejo de Recursos Minerales. Pachuca, Hgo. México. 58-61 p.

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de datos de Plantas Tomo I y II. Pachuca, Hgo, México

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de datos de Amphibia. Pachuca, Hgo, México

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de reptiles. Pachuca, Hgo, México.

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de nematodos. Pachuca, Hgo, México.

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de mamíferos. Pachuca, Hgo, México.

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de aves. Pachuca, Hgo, México.

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de crustáceos. Pachuca, Hgo, México.

Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de proyectos ambientales. (2000). Base de fungí. Pachuca, Hgo, México.

COPARMEX (2005). Directorio de empresas afiliadas. Confederación Patronal de la República Mexicana. Hidalgo, Delegación Pachuca, 25 p.

Cruz C.E., Acevedo S. A. O., Cruz S.E.M., Prieto G.F., Gordillo M.A.J. y Maycotte M. C (2009). Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos ácidos en el Estado de Hidalgo, México EN *Estudios Ambientales realizados en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.* (E. M. Otazo, C. Coronel, F. Prieto, C. González y J. Gordillo, Ed). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México, pp. 21-32

Delgadillo L. E. A., González R. A. C., Prieto G. F., Villagómez I. R. J. y Acevedo S. O (2009). Determinación de la calidad del agua de la laguna de Tecocomulco, Hidalgo. EN *Estudios Ambientales realizados en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.* (E. M. Otazo, C. Coronel, F. Prieto, C. González y J. Gordillo, Ed). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México, pp. 147-154

Delgado, L y J. Márquez. (2006). Estado del conocimiento y conservación de los Coleóptera Escaravaeidea (Insecta) del estado de Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana. Vol. 22. Núm. 002 57-208 pp

Dirección de Desarrollo Urbano y Vivienda, 1984. "Ordenamiento Ecológico de los cerros circundantes a la Ciudad de Pachuca" Realizado en el Departamento de Ecología. Documento interno

Fernández M.A (2004) Evaluación de plaguicidas organoclorados en el sistema lacustre de Metztlán, Hidalgo. Tesis de Maestría. División de ciencias biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma de Metropolitana. México, 130 pp.

Flores, V. O. y P. Gerez. (1988), *Conservación en México. Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo*, INIREB, México.

García E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de köeppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p

García M. R., Prieto G. F., Scott M.W., Pulido F. G y Zuñiga E.A. (2009). Afectaciones a la salud por metales tóxicos en la población de Xochitlán, Hidalgo, México. EN *Estudios Ambientales realizados en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.* (E. M. Otazo, C. Coronel, F. Prieto, C. González y J. Gordillo, Ed). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México, pp. 32-44

Geyne. A.R., Fries Jr. K., Segerstrom R.F y Probert A. (2993) Geología y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca- Real del Monte, Hidalgo. Consejo de Recursos Naturales no Renovables. México, D.F 47 pp.

Greenwood E.W. y H. Sánchez (1965). Zonas de vegetación al norte de la Barranca de Metztlán. Cactaceas y Suculentas Mexicanas México Tomo IV No 4:92-97

Hernández –Muñoz A., Lehmann-Hernández P., y Gordillo –Martínez J.A (2006) *Manual para la Evaluación de Impactos Ambientales*. Inncive. Madrid, España. 770 pp

Hernández R. M. R.A. (1995). Estudio florístico-fanerogámico Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 98 pp.

<http://www.biodiversidad.gob.mx/>

<http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/parques/Chico.pdf>

Ibáñez, A.A.L., C.J.L. García, A. Pérez-Rojas, S. Álvarez-Hernández, C. Álvarez-Silva y E. Núñez-Portugal (2002) El lago de Metztitlán, Hidalgo. En: *Lagos y Presas de México*. 2ª Edición AGT editores, México, DF. 240 p.

INE (2000) Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental. La evaluación del impacto ambiental. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. México, D.F., 120 pp

INEGI (2000). Síntesis Geográfica del estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México

Jiménez y Sez (2010). Base de datos de diversidad biológica por municipio [en línea] <http://unibio.unam.mx/minidigir/main>. 25/01/2010

Jiménez-Cisneros B. E. 2001. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM. México D.F. pp. 925.

Jiménez-Cisneros B. E. 2001. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM. México D.F. pp. 925.

Jiménez-Cisneros B. E. 2001. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM. México D.F. pp. 925.

Melo Gallegos C. y López García J. 1993. Parque Nacional El Chico, marco geográfico- natural y propuesta de zonificación para su manejo operativo. Investigaciones Geográficas del Instituto de Geografía, UNAM, número 28, México, 1994. 65-128 pp.

Parker A. 2001. Contaminación del Aire por la Industria. Editorial Reverté S.A. España. 709 pp

Pérez E.E.B., Villavicencio N.A.M. y Ramírez .A (2003) Lista de las plantas útiles del Estado de Hidalgo. 1ra edición. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 29 pp.

Pérez P. Ma. G y Sánchez G.A (2009). Las Pteridofitas de bosque mesófilo de montaña el municipio de Zacualtipán, Hidalgo, México “Memorias” III Foro Internacional Biológico Agropecuario. Universidad Veracruzana 308-309 en línea

Plan Hidráulico Nacional. 2008. CONAGUA.

PNUMA (2004). Estado del medio ambiente. Informe GEO. [en línea] <http://dgcms.sep.gob.mx:7037/PrioryRetEdB/Materiales/MatApo0809/docs/BM07/Ambit02/MatApoyoAmb/S1-AireGEO2004.pdf> 08/07/2009.

Prieto. M. j., González. R. C. A., Coronel. O. C., Escalante. L. A.J. y Villagómez I. R. J (2009). Caracterización del cultivo de cebada maltera (*Hordeum sativum* Jess) recolectado en cosecha al sur del estado de Hidalgo y su relación con la calidad de suelo. EN *Estudios Ambientales realizados en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.. (E. M. Otazo, C. Coronel, F. Prieto, C. González y J. Gordillo, Ed). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México, pp. 129-138

Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (1999). Panorama General. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000

Romero, F. M.; Armienta, MA. A.; Gutiérrez, M. E.; Villaseñor, G. (2008) Factores geológicos y climáticos que determinan la peligrosidad y el impacto ambiental de jales mineros. Revista internacional de contaminación ambiental. 24: 43-54.

Romo G.C., Monks S., Pulido F. G., Acevedo S. A. O., Gordillo M. J. A. y Villagómez J. R (2009). Evaluación de metales en el sedimento del Lago de Tecocomulco Hidalgo, México. EN *Estudios Ambientales realizados en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.. (E. M. Otazo , C. Coronel, F. Prieto, C. González y J. Gordillo, Ed). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México, pp. 67-72..

SÁNCHEZ MEJORADA, H. (1965), Los ferocactus de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo, Cactáceas, Suculentas Mexicanas, 10 (3): 61-72, México

Sánchez S.R. (1927). El parque Nacional de “el chico”. México Forestal 5:19-25

SEMARNAT (1993). Decreto que expide la Norma Oficial Mexicana NOM-044-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3857 kg. Diario Oficial de la Federación México D.F. 22 de octubre 1993.

SEMARNAT (1997). Decreto que expide la 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. Diario Oficial de la Federación México D.F. 06 de enero.

SEMARNAT (1999). Decreto que expide la Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Diario Oficial de la Federación México D.F. 06 de agosto.

SEMARNAT (2000) Guía para elaborar la manifestación del impacto ambiental modalidad regional de proyectos de vías generales de comunicación. México, D.F, 86 pp

SEMARNAT (2004). Decreto que expide la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio

de disposición final de residuos sólidos urbanos y manejo especial. Diario Oficial de la Federación. México D.F. 20 de octubre.

Serrano M.H. y Sánchez G.A (2009). Pteridoflora del Parque Nacional el Chico, Hidalgo México. "Memorias" III Foro Internacional Biológico Agropecuario. Universidad Veracruzana 302-303 en línea

Trejo R. O (1998) Principales tipos de vegetación en el Estado de Hidalgo. Ingeniero Forestal. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco Edo. De México, México 188 pp.

Turk A., Turk, J y Wittes, J. (2004). *Ecología, Contaminación, Medio Ambiente*. McGraw-Hill Interamericana. México D.F. pp. 227

Turk, A., Turk, J. y Wittes, J. (1973). *Ecología Contaminación Medio ambiente*. Nueva editorial interamericana. México, D.F. 219 pp.

Vázquez A. A., Lenom J., Carrillo G. R., Zamudio G. B., Álvarez S. E. y Castellanos R. J. (2005). Límites permisibles de acumulación de cadmió, níquel y plomo en suelos del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Terra Latinoamericana*. 23, 447-445

Vizcaíno, M. F. (1975). *La contaminación en México*. Ed. Fondo de cultura económica. México, D.F. 108 pp

Warner. K, Warner F. 2001. Contaminación del aire: origen y control. Limusa. México, D.F. 650 pp

Weitzenfeld H. (1989). Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo). Traducción de WHO Offset Publication No. 62/1982. ECO-SEDUE, Metepec, 220 p.

Zavala C. F. (2000). Encinos Hidalguenses. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. 133 p.

Zuria, I., Bravo, C. J y H. Caballero. 2010. Guía de aves del Parque Ecológico cubitos Pachuca, Hidalgo

ANEXOS

ANEXO 1

LISTA DE INDUSTRIAS IMPORTANTES CON CÓDIGOS DE CLASIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA	3211 h Poliéster
1110a Corral de engorde para reses	
1110b Corral de engorde para cerdos	MANUFACTURA DE CUERO
1110c Corral de engorde para pollos	3231a Tenerías de cuero (a base de sales de cromo)
1110d Corral de engorde para corderos	3231b Tenerías de cuero (con agentes vegetales)
1110e Corral de engorde para pavos	3231e Terminados de cuero solamente
1110f Corral de engorde para patos	MANUFACTURA DE MADERA Y PRODUCTOS DE MADERA Y CORCHO, EXCEPTO MUEBLES
1110g Granjas lecheras	3311a Manufactura de madera terciada
1110h Granja de gallinas ponedoras	3311 b Manufactura de tablonos
PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS	MANUFACTURA DE PULPA, PAPEL Y CARTÓN
3111a Mataderos	3411a Pulpa sulfatada (Kraft)
3111b Empacadoras	3411b Pulpa sulfatada
3111c Procesamiento de aves de corral	3411c Pulpa semiquímica
3112 Manufactura de productos lácteos	3411d Fábricas de papel
3113 Enlatado de frutas y verduras	3411e Fábricas de papel (con sistemas de rehusó de agua)
3114 Enlatado de pescado	3411f Fábricas de papel (con sistema mejorado de rehusó de agua)
3115a Extracción de aceite de oliva	
3115b Refinación de aceite vegetal	
3116 Molinos de grano	
3118a Ingenios azucareros	
3118b Manufactura de azúcar de remolacha	
3121a Manufactura de almidón y glucosa	
3121b Manufactura de levadura	
INDUSTRIA DE BEBIDAS	MANUFACTURA DE PRODUCTOS QUÍMICOS INDUSTRIALES
3131a Destilerías de alcohol	Productos químicos industriales básicos
3132 Producción de vino	3511 a Ácido clorhídrico
3133a Manufactura de malta y licor de malta	3511 b Ácido sulfúrico
3133b Fermentación de cerveza	3511 e Ácido nítrico
3133c Producción total de cerveza	3511d Ácido fosfórico (sin laguna)
3134 Industrias de refrescos yaguas carbonatadas	3511e Ácido fosfórico (con laguna)
	3511 f Ácido fosfórico (proceso térmico)
	3511g Amoníaco
	3511h Hidróxido de sodio (cátodo de mercurio o proceso Castner-Kellner)
MANUFACTURA DE TEXTILES	3511i Hidróxido de sodio(celda de diafragma)
3211a Lana (incluyendo estregado)	3511j Ácido fluorhídrico
3211 b Lana (sin estregar)	3511k Pigmentos de cromo
3211c Algodón	
3211d Rayón	
3211e Acetato	Productos químicos orgánicos básicos
3211f Nailon	3511m Proceso continuo no-acuoso
3211 g Acrílico	3511n Proceso continuo fase-vapor (uso del

agua como diluyente o absorbente)
3511o Sistema de reacción fase líquida
3511p Proceso discontinuo (intermitente o semi-continuo)

Fertilizantes

3512a Superfosfato normal (20% P₂O₅)
3512b Superfosfato triple (48% P₂O₅)
3512c Fosfato de amonio (20% P₂O₅)
3512d Fosfato di-amonio (20% P₂O₅)

Plaguicidas

3512e DDT
3512f Herbicidas de hidrocarburos clorados
3512g Carbamatos
3512h Paratión

Resinas sintéticas, plásticas y fibras

3513a Fibras de rayón
3513b Elastómeros vulcanizables caucho sintético
3513c Poliolefinas (polietilenos)
3513d Resinas de poliestireno y copolímeros
3513e Resinas vinílicas (PVC)
3513f Resinas de poliéster y alquídicas
3513g Resinas fenólicas
3513h Resinas acrílicas (polímero a granel)
3513i Resinas acrílicas (polímero emulsionado)

MANUFACTURA DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS

3521 Manufactura de pinturas, barnices y lacas
3522 Manufactura de drogas y medicinas
3522a Productos biológicos
3522b Productos médicos, químicos y botánicos
3523 Jabones y limpiadores
3523a Jabón de herbor en caldera
3523b Jabón de ácidos grasos
3523c Detergentes
3523d Refinación de glicerina
3523e Detergentes líquidos
3529 Manufactura de goma animal (a partir de materias primas tales como carne, cuero y cromo)

REFINACIÓN DE PETRÓLEO

3720f Fundición secundaria de cobre

3530a Refinerías de destilación primaria
3530b Refinerías de pirólisis a presión baja
3530c Refinerías de pirólisis a presión alta
3530d Refinerías de aceite de lubricación
3530e Refinerías petroquímicas
3530f Refinerías integrales
3530g Re-refinación de aceite lubricante gastado

MANUFACTURA DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO y CARBÓN

3540 Manufactura de productos asfálticos
3540a Pavimentación asfáltica
3540b Techado asfáltico
3540c Filtro para construcción y hormigón

MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE CAUCHO

3551a Manufactura de llantas y cámaras
3551b Otros productos de caucho

INDUSTRIA DE MINERALES NO METÁLICOS

3610 Manufactura de cerámica, porcelana y loza de barro
3620 Manufactura de vidrio y productos de vidrio
3691 Manufactura de productos de arcilla estructural
3692 Manufactura de cemento
3697 Manufactura de cal

INDUSTRIA METÁLICA BÁSICA

Industria del hierro y el acero
3710a Horno de coque metalúrgico
3710b Horno de chorro
3710c Horno de acero BOF
3710d Horno de acero abierto
3710e Horno de acero de arco eléctrico
3710f Fundidoras de acero y hierro gris

Industria básica de metales no ferrosos

3720a Manufactura de aluminio a partir de bauxita
3720b Fundición primaria de aluminio
3720c Fundición secundaria de aluminio
3720d Fundición de cobre a partir de minerales sulfurados
3720e Refinación electrolítica de cobre
3720g Fundidoras de latón y bronce

3720h Fundición de plomo a partir de mineral
 3720i Fundición y refinación secundaria de plomo
 3720j Fundición y refinación primaria de estaño
 3720k Fundición primaria de zinc
 3720l Tratamiento secundario de zinc
 3720m Fundición primaria de antimonio
 3720n Fundición y refinación primaria de mercurio
 3720o Fundición y refinación primaria de titanio

MANUFACTURA DE PRODUCTOS METÁLICOS,
 MAQUINARIA Y EQUIPO
 3840a Enseres domésticos
 3840b Galvanoplastía
 3841 Construcción de barcos
 3843 Manufactura de vehículos automotores

ELECTRICIDAD, GAS Y VAPOR
 4101a Plantas termoeléctricas de lignito
 4101b Plantas termoeléctricas de carbón bituminoso
 4102 Manufactura de gas a partir de hornos de choque

ANEXO 2

LISTA DE ABREVIATURAS

DBO ₅	Demanda Bioquímica De Oxígeno A Los 5 Días
DQO	Demanda Química De Oxígeno
N	Nitrógeno
P	Fosforo
Cr	Cromo
Zn	Zinc
SS	Sólidos Suspendidos
PST	Partículas Suspendidas Totales
SO ₂	Dióxido De Azufre
NO _x	Óxidos De Nitrógeno
HC	Hidrocarburos
CO	Monóxido De Carbono
NOM	Norma Oficial Mexicana
SEMARNAT	Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales
I.R.B	Índice de Riqueza Biológico
I.R.B.P	Índice de Riqueza Biológico Protegido

ANEXO 3

FORMATO DE ENCUESTAS A PRESIDENCIAS MUNICIPALES EN EL DEPARTAMENTO DE LIMPIAS

1. Cuantos empleados hay
2. Número de rutas de recolección de basura
3. Cuanto se estima que recogen de basura al día
4. Características del basurero municipal y en qué localidad se ubica
5. Porcentaje de eficiencia
6. Número de Camiones su tipo

ANEXO 4

FORMATO DE ENCUESTAS A LOS ENCARGADOS DE RASTRO MUNICIPAL

1. Cuantos animales matan al día (reses, cerdos u otros) y su peso promedio
2. Se recupera la sangre o las panzas
3. A donde va a dar los restos

ANEXO 5

FORMATO DE ENCUESTAS A LAS INDUSTRIAS

1. Razón social
2. Si se encuentra actualmente funcionando
3. Producción anual
4. Persona encargada (atendió)
Qué medidas tienen a favor del medio ambiente