



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**  
**Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería**  
**Área Académica de Biología**  
**Licenciatura en Biología**

**“ESTUDIO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LA  
REGIÓN DE LA SIERRA GORDA, HIDALGO,  
MÉXICO”**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**  
**P R E S E N T A:**  
**ALMA GUADALUPE MUÑOZ CHÁVEZ**

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 BIOLOGIA**

**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 **Alma Guadalupe Muñoz Chávez**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado “Estudio de la calidad ambiental en la región de la Sierra Gorda, Hidalgo, México”, 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**

*Miguel A. Villavicencio*

PRIMER  
VOCAL:

**M. en C. Leticia Romero Bautista**

*[Signature]*

SEGUNDO  
VOCAL:

**M. en C. Magdalena Meza Sánchez**

*Magdalena Meza Sánchez*

TERCER  
VOCAL:

**M. en C. René Bernardo Elías Cabrera Cruz**

*René Bernardo Elías Cabrera Cruz*

SECRETARIO:

**Dr. Alberto José Gordillo Martínez**

*[Signature]*

PRIMER  
SUPLENTE:

**Dr. William Scott Monks Sheets**

*[Signature]*

SEGUNDO  
SUPLENTE:

**Dra. Griselda Pulido Flores**

*[Signature]*

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

**ATENTAMENTE**

**“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”**

**Mineral de la Reforma, Hidalgo a 27 de julio de 2010**

*Ulises Iturbe Acosta*

**Biol. Ulises Iturbe Acosta**

**Coordinador Adjunto de la Licenciatura en Biología**

**DEDICATORIA**

*Con mucho amor y respeto a las personas más importantes de mi vida..... mis padres.*

*El Señor Faustino Muñoz Reséndiz*

*y*

*La Señora María de Jesús Chávez Trejo*

*¡¡¡LOS AMO!!!*

## AGRADECIMIENTOS

¡¡Lo logramos **Papá**!! Sabes bien que este logro es de ambos, gracias por apoyarme siempre, por creer en mí, por no dejarte vencer en esos momentos difíciles de prueba y por enseñarme que siempre viene algo mejor. Y aunque te encuentres lejos, siempre estas en mi corazón

**Mamita** muchas gracias por estar conmigo, por ser mi amiga, por tener las palabras correctas para cada situación, por la confianza depositada en mí y por aguantar mis locuras. Eres mi ejemplo, mi motivación y la mejor mujer y mamá del universo.

**Alfre**...gracias por ser mi hermano y preocuparte por mi, y claro por el hermoso sobrino que me diste (con ayuda de **Lety**). Ustedes también me dieron fuerza y voluntad para seguir adelante. Muchas Gracias!!

**Juanito**...gracias por tu cariño, por tu apoyo, por escucharme cuando lo necesito y por ser un hermano tan alegre. Formaste parte de esto, recuerdas esos lugares que visitamos, Gracias muchas gracias!!

**Karnalita**...Gracias por hacer divertidas las vacaciones, porque con ello regresaba con ánimo a un semestre mas. Ojalá que siempre sigas siendo mi cómplice. Y por aguantar las desveladas y el largo e incomodo camino a los municipios que visitamos.

Gracias a toda mi **familia** que de una u otra manera formaron parte de este sueño hoy hecho realidad.

A la familia **Reynoso Andablo** por el cariño y apoyo durante la carrera y por el tiempo compartido en su hogar.

**Nan, Nata, Ilesita Viole, Anita, Cande, Yaz, Nalle**...Gracias por hacer mas amenas las clases (jajajaja) y por todo lo que vivimos juntas. **Nata, Gis** gracias por llegar a mi vida e invitarme a divertir....las quiero mucho.

**A ti**...por llegar y formar parte de mi vida, por no dejarme nunca, aunque no estemos juntos. Por enseñarme lo hermoso y doloroso que es el amor. Te quiero mucho....

**Profesor René** muchísimas gracias por todo su apoyo y por el tiempo invertido en este proyecto...y no, no me exigía mucho solo lo suficiente para formarme, gracias!!

A todos **mis sinodales** por darse el tiempo de revisar mi trabajo y por sus valiosas observaciones para mejorarlo, gracias.

## RESUMEN

Palabras clave: Evaluación de impacto ambiental, contaminación, Zimapán

Las actividades antropogénicas como uso de productos químicos, actividad ganadera, producción de desechos sólidos, etc., degradan la calidad del ambiente, principalmente sobre el agua, aire y suelo. Así al modificar los ecosistemas afectamos la vegetación, la fauna y al mismo hombre. Para la zona de la Sierra Gorda en el estado de Hidalgo, México que comprende los municipios de Chapulhuacán, Jacala de Ledezma, La Misión, Nicolás Flores, Pacula, Pisaflores, Tasquillo, Tecozautla y Zimapán, no se tienen registros referentes a la emisión de contaminantes y su impacto en la biodiversidad y en los seres humanos, es por ello que en el presente trabajo se realizó un inventario de las principales fuentes contaminantes y sus emisiones en aire, agua y suelo en la región de la Sierra Gorda, Hidalgo. La metodología empleada fue por la técnica ERFC (Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental –aire, agua y suelo-). Los resultados indican que para toda la región la contaminación es de 229,037.37 ton/año de los cuales el agua aporta 179,683.22 ton/año, teniendo las fuentes domésticas (10,724.62 ton/año) e industriales (168,958.60 ton/año), al suelo le corresponden 26,767.44 ton/año, siendo las fuentes residuos sólidos urbanos (26,720.46 ton/año) y los residuos industriales (46.98 ton/año), y para el aire 22,586.71 ton/año con las fuentes móviles (22,559.16 ton/año) y las fijas (27.55 ton/año); siendo así el agua la más contaminada seguida del suelo y finalmente el aire; el municipio más contaminado en agua es Tecozautla con 81,339.94 ton/año, en el suelo es Zimapán con 6,728.82 ton/año y para el aire es Zimapán con 8,309.67 ton/año, finalmente para toda la región el municipio con mayores emisiones es Tecozautla con 92,617.85 ton/año seguido de Zimapán con 26,212.03 ton/año; el parámetro con mayores emisiones en agua son los sólidos suspendidos con 147,874.18 ton/año, para el aire es el CO con 11,311.42 ton/año y en el suelo son los RSU con 26,720.46 ton/año, así en toda la región el parámetro más representativo es sólidos suspendidos. Apartir de estos resultados se determinó la calidad ambiental en base a la legislación mexicana, obteniendo para el aire que la calidad es admisible al comparar los resultados con los de otra región donde se aplicó la técnica empleada; para el agua se realizó mediante la NOM-001-SEMARNAT-2006 resultando que la calidad es no admisible; y para el suelo se usó la NOM-083-SEMARNAT-2003 resultando que la calidad es no admisible. De esta manera se generará una base de datos para que los encargados de tomar decisiones sobre el manejo de los ecosistemas lo hagan de una mejor manera y se alcancen las metas del desarrollo sostenible.

## ÍNDICE

CONTENIDO	PAG	
1	Introducción	10
2	Antecedentes	
2.1	Problemática ambiental	13
2.2	La contaminación del aire	14
2.3	La contaminación del agua	15
2.4	La contaminación del suelo	17
2.5	El estado de Hidalgo y su situación ambiental	18
2.6	La evaluación de calidad ambiental	20
3	Objetivos y justificación	
3.1	Objetivo general	23
3.2	Objetivos particulares	23
3.3	Justificación	24
4	Metodología	
4.1	Conformación del grupo de trabajo	25
4.2	Definición del área de estudio	26
4.2.1	Ubicación geográfica	27
4.3	Recolección de datos	29
4.4	Cálculos	30
4.5	Valoración de la calidad ambiental	33
5	Inventario ambiental	
5.1	Inventario ambiental	37
5.1.1	Medio físico inerte	37
5.1.1.1	Geología	37
5.1.1.2	Orografía	39
5.1.1.3	Fisiografía	39
5.1.1.4	Hidrología	40
5.1.1.5	Climatología	43
5.1.2	Medio físico biótico	44
5.1.2.1	Tipos de vegetación	44
5.1.2.2	Ecorregiones	46
5.1.2.3	Áreas Naturales Protegidas (ANP)	47
5.1.2.4	Áreas naturales protegidas estatales y municipales	49
5.1.2.5	Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad	50
5.1.2.5.1	Regiones terrestres prioritarias	50
5.1.2.5.2	Regiones hidrológicas prioritarias	52
5.1.2.6	Riqueza biológica de la Región	53
5.2	Medio socioeconómico	62
5.2.1	Población	62
5.2.2	Clasificación y uso de suelo	62
5.2.2.1	Uso agrícola	63
5.2.2.2	Uso forestal	63

5.2.3	Actividad económica	63
5.2.4	Servicios	64
5.2.5	Vías de comunicación	64
6	Resultados de las fuentes de contaminación en aire, agua y suelo	67
6.1	Emisiones de contaminación al aire	70
6.1.1	Emisiones al aire provenientes de fuentes de combustión móviles	71
6.1.2	Emisiones al aire provenientes de fuentes fijas industriales	75
6.2	Emisiones de contaminación al agua	80
6.2.1	Emisiones al agua provenientes de efluentes domésticos	81
6.2.2	Emisiones al agua provenientes de fuentes industriales	85
6.3	Emisiones de contaminación al suelo	93
6.3.1	Emisiones al suelo provenientes de los residuos sólidos urbanos	93
6.3.2	Emisiones al suelo provenientes del sector industrial	96
7	Determinación de la calidad ambiental	
7.1	Calidad del aire	104
7.2	Calidad del agua	107
7.3	Calidad del suelo	111
7.3.1	Disposición final de los residuos sólidos	111
7.4	Calidad de riqueza biológica	115
8	Recomendaciones	118
9	Conclusiones	120
10	Referencias	123

### **ANEXOS**

1	Lista de industrias importantes con códigos de clasificación de la Organización de las Naciones Unidas	129
2	Lista de abreviaturas	131
3	Formato de la encuesta aplicada al departamento de limpieza de cada municipio	132
4	Formato de la encuesta realizada a los encargados del rastro municipal	132
5	Formato de encuesta realizada a las fuentes industriales	132

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>TABLA</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAG</b>
I	Municipios de la región, clave de INEGI, extensión y porcentaje que ocupan	28
II	Colindancias de cada uno de los municipios que integran el área de estudio	29
III	Divisiones de las actividades manufactureras	30
IV	Forma esquemática de presentar los resultados globales del inventario de emisores y emisiones	32
V	Clasificación de las fuentes de contaminación atmosférica (algunos ejemplos)	32
VI	Tipo de trabajo para el cálculo de cargas de desechos sólidos industriales	33
VII	Geología del estado de Hidalgo	38
VIII	Regiones y cuencas presentes en el estado	41
IX	Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas presentes en el área de estudio	42
X	Corrientes de agua en la zona de estudio	42
XI	Climas presentes en la entidad	43
XII	Superficie y proporción de cobertura de los tipos de vegetación en el estado	45
XIII	Comunidades dentro del Parque Nacional Los Mármoles	48
XIV	Riqueza de flora reportada para la región	55
XV	Especies de flora reportadas para el área de estudio dentro de una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001	56
XVI	Riqueza de fauna reportada para la región	58
XVII	Especies de fauna reportadas para el área de estudio que están dentro de una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001	59
XVIII	Riqueza de hongos reportados para la región	61
XIX	Población y extensión territorial de cada municipio del área de estudio	62
XX	Número de industrias presentes en cada uno de los municipios de la zona de estudio	67
XXI	Automotores registrados en los municipios del área de estudio	71
XXII	Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina por municipio y tipo de contaminante	72
XXIII	Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de diesel por municipio y tipo de contaminante	73
XXIV	Número de fuentes para aire presentes en los municipios de la zona de estudio	75
XXV	Emisiones contaminantes al aire por el sector industrial	76
XXVI	Resumen de las emisiones al aire por las fuentes analizadas en la técnica para la región	76
XXVII	Población con o sin el servicio de drenaje.	81
XXVIII	Cantidad de contaminantes provenientes de efluentes domésticos	82
XXIX	Número de industrias presentes en cada uno de los municipios de la zona de estudio	85
XXX	Sectores presentes en cada uno de los municipios con el total de emisiones	85
XXXI	Total de contaminantes emitidos al agua en cada municipio por las fuentes industriales presentes.	86

XXXII	Resumen de las emisiones al agua provenientes de las diferentes fuentes analizadas para la región	89
XXXIII	Manejo de residuos sólidos urbanos, de acuerdo con datos obtenidos del departamento de limpieza de cada municipio.	94
XXXIV	Contaminación por residuos municipales en cada uno de los municipios de la zona de estudio en la región urbana y la región rural	95
XXXV	Número de industrias presentes en cada uno de los municipios de la zona de estudio	96
XXXVI	Desechos sólidos generados por el sector industrial	97
XXXVII	Resumen de las emisiones al suelo por las fuentes analizadas en la técnica para la región	98
XXXVIII	Emisiones de otros municipios a los cuales se les aplico la misma técnica ERFCA	105
XXXIX	Emisiones de contaminantes a la atmosfera por habitante y kilometro cuadrado en la región de la Sierra Gorda, Hidalgo	106
XL	Escala establecida como referencia	107
XLI	Contaminación total emitida por efluentes domésticos e industriales	108
XLII	Cantidad de habitantes en cada municipio, dividido por urbana y rural y el total de toneladas al año de residuos sólidos que generan	112
XLIII	Características específicas presentes en los sitios de disposición final de los residuos en cada uno de los municipios	113
XLIV	Tipos de sitios de disposición final de residuos sólidos	114
XLV	Estudios con los que debe cumplir el sitio de disposición final de residuos sólidos	114

<b>FIGURA</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAG</b>
1	Ubicación geográfica del estado de Hidalgo	27
2	Ubicación geográfica de los municipios que comprenden el área de estudio	28
3	Geología del Estado	38
4	Principales elevaciones del estado de Hidalgo	38
5	Provincias fisiográficas y subprovincias presentes en el territorio estatal	40
6	Regiones hidrológicas del estado	41
7	Principales ríos del estado de Hidalgo	42
8	Climas presentes en la entidad	44
9	Vegetación de Hidalgo con base en la nomenclatura de Rzedowski (1981)	45
10	Agricultura y vegetación en la entidad	46
11	Ecorregiones presentes en el estado	47
12	Regiones terrestres prioritarias en México	51
13	Regiones terrestres prioritarias de México-Región centro sur	51
14	Regiones hidrológicas prioritarias en México	52
15	Especies dentro de una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001	57
16	a) Especies de fauna dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001. b) Especies de hongos reportadas para la región	61
17	Uso potencial de la tierra en Hidalgo	63

18	Carreteras presentes en el Estado	65
19	Georeferenciación de las fuentes contaminantes, presentes en cada municipio que forman parte del área de estudio	68
20	Georeferenciación de las fuentes contaminantes para aire	70
21	Emisiones de contaminantes (ton/año) emitidas al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina y diesel por municipio	74
22	Porcentaje de emisiones de contaminantes emitidas al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina y diesel por municipio	74
23	Emisiones de contaminantes (ton/año) emitidas al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina y diesel por tipo de contaminante	75
24	Porcentaje de emisiones de contaminantes emitidas al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina y diesel por tipo de contaminante	75
25	Cantidad total de emisiones al aire provenientes de las distintas fuentes en cada municipio del área de estudio	77
26	Porcentaje del total de las emisiones al aire provenientes de las distintas fuentes en cada municipio del área de estudio	77
27	Molino de mármol en el municipio de Zimapán	78
28	Emisión de polvo producto del molino de mármol en el municipio de Zimapán	78
29	Producción obtenida de los molinos de mármol, Zimapán	78
30	Molino de mármol, el cual se localiza cerca de la cabecera municipal de Zimapán	78
31	Georeferenciación de las fuentes contaminantes para agua	80
32	Cantidad de contaminantes emitidos al agua por efluentes domésticos por municipio	83
33	Porcentaje de la cantidad de contaminantes emitidos al agua por efluentes domésticos por municipio	83
34	Tipos de contaminantes emitidos al área de estudio provenientes de los efluentes domésticos	83
35	Porcentaje de los tipos de contaminantes emitidos por los efluentes domésticos	83
36	Volumen de desecho proveniente de efluentes domésticos ( $10^3\text{m}^3/\text{año}$ ) por municipio	84
37	Porcentaje del volumen de desecho en cada uno de los municipios	84
38	Contaminantes emitidos al agua por efluentes domésticos por municipio, según si cuentan o no con el servicio de drenaje	84
39	Porcentaje del total de emisiones contaminantes por la población con y sin servicio de drenaje por municipio	84
40	Cantidad de emisiones provenientes de los distintos sectores industriales presentes en la región	86
41	Total de emisiones al agua provenientes de fuentes industriales de cada municipio	87
42	Porcentaje del total de emisiones industriales por municipio	87
43	Emisiones totales por parámetro en la región provenientes de fuentes industriales	87

44	Porcentaje de las emisiones por parámetro provenientes de fuentes industriales	87
45	Cantidad de volumen de desecho provenientes de las fuentes industriales en cada municipio de la región	88
46	Porcentaje del volumen de desecho provenientes de las fuentes industriales en cada uno de los municipios	88
47	Cantidad de contaminantes emitidos por las fuentes domésticas e industriales al agua	89
48	Porcentaje correspondiente de los contaminantes emitidos al agua por las distintas fuentes	89
49	Efluentes domésticos vertidos directamente a cuerpo de agua, Chapulhuacán	91
50	Rastro municipal, Jacala	91
51	Cuerpo de agua contaminado con residuos de jales, Zimapán	91
52	Efluentes de drenaje vertidos en un campo, Jacala	91
53	Efluentes del drenaje vertidos al cuerpo de agua. Tecozautla	91
54	Drenaje vertido al cuerpo de agua. Zimapán	91
55	Georeferenciación de las fuentes emisoras contaminantes para el suelo	93
56	Generación de RSU de acuerdo al coeficiente de generación de basura (kg/hab/día) por tipo de zona: urbana y rural por municipio	95
57	Porcentaje correspondiente de los residuos sólidos urbanos para la zona urbana y rural	95
58	Residuos sólidos totales generados por cada municipio perteneciente a la región	96
59	Porcentaje de la generación de residuos sólidos en cada municipio de la región	96
60	Cantidad de desechos generados por el sector industrial de acuerdo a su naturaleza, por municipio	97
61	Porcentaje de los efluentes de origen industrial según su naturaleza	97
62	Total de emisiones al suelo proveniente de las diferentes fuentes por cada municipio de la zona	98
63	Porcentaje del total de emisiones al suelo proveniente de las diferentes fuentes	98
64	Basurero de Chapulhuacán localizado en medio de la vegetación	100
65	Basurero de Jacala	100
66	Basurero de La Misión, donde se quema la basura. La Misión	100
67	Disposición final de los residuos sólidos a un costado de la carretera de acceso a la cabecera municipal. La Misión	100
68	Disposición final de los residuos. Nicolás Flores	101
69	Basurero a cielo abierto. Pisaflores	101
70	Desechos de animales en el basurero. Pisaflores	101
71	Basurero de Tasquillo	101
72	Basurero de Zimapán	101
73	Basurero clausurado de Tecozautla que sigue en funcionamiento	101
74	Rastro municipal de Zimapán	102
75	Rastro municipal de Tecozautla	102

76	Residuos de minería en el municipio de Zimapán	102
77	Residuos de minería que se encuentran expuestos al medio. Zimapán	102
78	Comparación de las emisiones de la región y del municipio de Zimapán con otros municipios	105
79	Porcentaje de las comparaciones con otros municipios	106
80	Parámetro DBO <sub>5</sub> comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la legislación mexicana	108
81	Parámetro DQO comparado con la escala de gravedad	109
82	Parámetro Sólidos Suspendidos comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la NOM	109
83	Parámetro Nitrógeno comparado con la escala de gravedad y la NOM	110
84	Parámetro Fósforo comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la legislación mexicana	110
85	Parámetro Grasas y Aceites comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la legislación mexicana	111



**CONTAMINACIÓN AL AIRE - ZIMAPÁN**



**CONTAMINACIÓN AL AGUA - TECOZAUTLA**

# ***INTRODUCCIÓN***



**CONTAMINACIÓN AL SUELO – PISAFLORES**

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue realizado para conocer y evaluar la calidad ambiental de la Región de la Sierra Gorda perteneciente al estado de Hidalgo, se realizó mediante la elaboración de un inventario ambiental de la contaminación emitida en aire, agua y suelo en esa región, siendo las principales fuentes las industriales y domésticas. La zona de estudio comprende los municipios de Chapulhuacán, Jacala de Ledezma, La Misión, Nicolás Flores, Pacula, Pisaflores, Tasquillo, Tecozautla y Zimapán.

Dentro de los antecedentes se describe la problemática ambiental presente a nivel nacional, estatal y regional, acentuando las principales causas de dicha contaminación, tales como el acelerado aumento demográfico, las actividades agropecuarias y la generación de residuos por la población de los municipios, provocando con estos problemas la disminución de la calidad de vida de la población por el daño ocasionado en el ambiente. 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. Se destaca que el trabajo es el primero en su tipo para la región de la Sierra Gorda, con la importancia suficiente para ser una base del conocimiento de la situación ambiental de la zona de estudio.

Para la realización del trabajo se utilizó la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA), la cual permite realizar un inventario de las fuentes contaminantes de una manera rápida y económica, con resultados confiables. Y con esto conocer la situación ambiental de la región, que se describe en el apartado de la metodología. Dentro de los resultados se presenta la ubicación geográfica de la zona de estudio, así como de las características climáticas, hidrológicas, orográficas, geológicas, y presencia biótica en la zona. También se destacaron aspectos referentes sobre la población, servicios y actividades económicas desarrolladas, lo cual constituye un inventario ambiental. Además se muestra lo obtenido sobre las aportaciones de contaminantes por las distintas fuentes en aire, agua y suelo, para el aire se señalan las aportaciones de las fuentes móviles y las fuentes industriales, los parámetros analizados (PST, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, CO), para el agua las fuentes fueron los efluentes domésticos e industriales midiendo los parámetros (DBO<sub>5</sub>, DQO, SS, N, P, grasas y aceites) y el volumen de desecho, y finalmente para el suelo los residuos sólidos urbanos e industriales, analizando la cantidad generada. Se georeferenciaron las fuentes encontradas.

En el siguiente apartado se describió la determinación de la calidad ambiental en aire, agua y suelo, para el aire se determinó por medio de la comparación de los resultados con otros estudios donde se aplicó la técnica, 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. Además, 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.

Entre las conclusiones a las que se llegó, están que se logró realizar la base de datos sobre las fuentes de contaminación y las estimaciones de la contaminación emitida en la región, resultando que el agua es la más contaminada seguida del suelo y al último el aire, el municipio más contaminado es Tecozautla seguido de Zimapán y el parámetro más representativo son los sólidos suspendidos, obteniendo estos resultados se comprueba que la técnica funciona ya que nos da datos confiables que ayudaran para un mejor manejo de lo producido al tener identificados los problemas, se elaboraron algunas recomendaciones para controlar o minimizar los problemas encontrados en la región, y conseguir con ello una mejor calidad ambiental y de vida.

El trabajo se complementa con la clasificación de las industrias con su código siendo el que se utilizó en la aplicación de la técnica, las abreviaturas utilizadas para una mejor comprensión de lo escrito en el documento y los formatos de las entrevistas que se realizaron en las presidencias municipales y a las industrias visitadas, para conocer como se pueden realizar.



**RESIDUOS MINEROS - ZIMAPÁN**



**CONSTRUCCIÓN DEL CONFINAMIENTO DE  
RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS – ZIMAPÁN**

# ***ANTECEDENTES***

---



**PRESA HIDROELECTRICA - ZIMAPÁN**



**BARRANCA DE SAN VICENTE - PARQUE NACIONAL  
"LOS MARMÓLES"**

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La sociedad se ha acostumbrado a la idea de que el hombre y la naturaleza han operado en una armonía relativa durante miles de años. La exploración tecnológica del siglo XX, contamina el aire y el agua y destruye todos los aspectos de la armonía ambiental. Pero existen, con todo, numerosos ejemplos de la destrucción del ambiente por el hombre (Turk *et al.* 2004).

El intenso crecimiento demográfico e industrial, la falta de estrategias de planeación y manejo, así como el desconocimiento del valor ecológico y socioeconómico de los ecosistemas, han llevado a graves problemas de contaminación y, por consiguiente, a la pérdida de valiosos recursos naturales y económicos en todo el mundo. Por ejemplo, se aran las praderas y se talan los bosques. Luego se reemplazan las miles de especies de plantas y animales interrelacionadas, con ecosistemas de un solo cultivo -gradualmente simplificados- o monocultivo, o bien con estructuras como edificios, carreteras y estacionamientos. Un monocultivo de plantas es un sistema inestable y vulnerable que carece de la moderación y balance de un ecosistema natural diverso (Miller-Tyler 1994).

A partir de la definición institucional de Medio Ambiente de la Unión Europea, se concibe como el entorno del que dependen el individuo y los demás seres vivos, entendido como un sistema complejo compuesto por elementos y sus interrelaciones, considerándolo tal y como es y tal como se percibe o aprecia (Español-Echániz 1995).

La contaminación del medio ambiente ocasionada por actividades antropogénicas, es un problema complejo y de proporciones mundiales, con repercusiones políticas, económicas, científicas, tecnológicas y culturales que interactúan de una manera tan estrecha que muchas veces dificulta la ejecución de acciones correctivas, y mundial porque prácticamente no hay lugar en el planeta que escape a sus consecuencias. Un problema ambiental importante lo constituye el calentamiento global que se produce como consecuencia de la emisión de gases de invernadero a la atmósfera como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dado que sus efectos tienden a alterar los ecosistemas actuales. Así la contaminación debida 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 debe hacer temer o al menos generarnos una preocupación intensa o constante sobre los efectos relativos de la modificación de la calidad de nuestro entorno (Hernández-Muñoz *et al.* 2006).

En los últimos años, los problemas de contaminación han adquirido tal magnitud y diversidad que la sociedad ha comenzado a tomar cada vez mayor conciencia de los riesgos actuales, y más aún, de los potenciales. Como resultado de la presión social generada, quienes toman las decisiones muestran una creciente voluntad política para resolver los problemas.

Ahora, es necesario que especialistas sólidamente formados les ofrezcan soluciones realistas. El incremento de niveles tóxicos de químicos en aire, agua y suelo reducen la capacidad de las áreas afectadas para mantener la vida.

## 2.2 LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

El aire es indispensable para la vida sobre la Tierra. La adición de materia indeseable transportada por el aire, como el humo, cambia la composición de la atmósfera de la Tierra, perjudicando la vida y alterando materiales. Se le designa a este fenómeno atmosférico como contaminación del aire. La idea de que el aire contaminado pueda ser perjudicial para el hombre se remonta al menos a la Edad Media y al concepto de aires venenosos o “miasmas”. La expresión italiana para aire malo es mala aria, de la que se deriva la palabra “malaria” (paludismo), esto es, una enfermedad relacionada erróneamente en su día con los olores de los pantanos, más bien que con los gérmenes transportados por los mosquitos que allí se crían. Pruebas más directas de los malos efectos del aire contaminado empezaron a acumularse después del primer empleo del carbón, alrededor de principios del siglo XIV. El humo negro, los olores desagradables, el ennegrecimiento de los edificios y los monumentos, todo esto resultaba manifiestamente de la adición a la atmósfera de sustancias antinaturales e insalubres. Sin embargo, solamente en los últimos decenios hemos empezado a percatarnos de la extensión y la complejidad de los efectos en cinco divisiones: a) reducción de la visibilidad y otros efectos atmosféricos; b) daños causados a la vegetación; c) efectos directos sobre el hombre; d) daños causados a los animales; y e) deterioro de materiales (Turk *et al.* 2004).

La evaluación de la calidad del aire se basa en dos conceptos: medir la emisión y la inmisión. La emisión se refiere a evaluar la totalidad de sustancias que pasan a la atmósfera a partir de una fuente. La inmisión es una medida de la concentración de contaminantes en el aire en un punto suficientemente alejado de sus fuentes como para no poder distinguir de dónde provienen. Por tanto, hablar de valores de inmisión es equivalente a referirse a la calidad del aire (Jiménez-Cisneros 2001).

Para los problemas de contaminación del aire se necesita contar con opciones que brinden control sobre la situación para mejorar la calidad del aire. Hay dos clases generales de métodos para controlar la contaminación en el punto de origen: separar los contaminantes de los gases inofensivos y eliminarlos en alguna otra forma que la de descarga en la atmósfera. Los contaminantes se convierten en alguna forma en productos inofensivos que puedan descargarse en la atmósfera (Turk *et al.* 2004).

En la República Mexicana los estudios de calidad del aire, han hecho énfasis en el caso de la contaminación atmosférica de la ciudad de México, siendo este un ejemplo de la gravedad que

alcanza esta problemática. Además, se han estudiado otras grandes urbes del país como Guadalajara y Monterrey.

La gasolina es un combustible obtenido del petróleo, en México su uso más importante es en los vehículos automotores, esta produce, principalmente: monóxido de carbono (por combustión incompleta), plomo (si lo contiene), hidrocarburos parcialmente oxidados (olefinas) y otros que no fueron oxidados. Estos últimos se combinan con el oxígeno o con los óxidos de nitrógeno, también presentes en los escapes de automóviles, produciendo, en presencia de luz solar: ozono, nitrato de peracilo (PAN) y aldehídos. Se calculaba, en 1984, que en la Ciudad de México el 75% de los contaminantes emitidos al aire, el 89% era CO que provenían de los automóviles (Jiménez-Cisneros 2001). Los automóviles son una fuente importante de contaminación, y en las grandes y principales ciudades se concentran grandes números de automóviles debido a la demanda provocada por la población que día a día va aumentando su presencia en estas ciudades, al encontrar ahí mejores condiciones de desarrollo.

### 2.3 LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua es uno de los principales problemas ambientales de nuestros tiempos. Análogamente a la mayor parte de las otras formas de contaminación ambiental, se ha originado debido al crecimiento y al desarrollo industrial-urbano. Las características del agua que más interesan al hombre son su cantidad; su disponibilidad y volumen, tanto con respecto al tiempo como en lo que se refiere a su localización; y sus condiciones de calidad física, química, radiológica y biológica, que afectan directamente a su disponibilidad y utilización (Strobbe 1973).

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 bebida del hombre y de 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 son la disentería, la hepatitis infecciosa y la gastroenteritis (Turk *et al.* 2004).

El origen de la contaminación al agua es muy variado, pero se puede citar como causantes a los desechos urbanos e industriales, los drenados de la agricultura y de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas (accidentales o intencionales), los efluentes de plantas depuradoras, los subproductos de los procesos de depuración, la ruptura de drenajes y el lavado de la atmósfera, entre otros (Jiménez-Cisneros 2001).

La actividad industrial, especialmente la producción de pulpa y de papel, la elaboración de alimentos y la manufactura química, engendran una gran variedad de productos de desecho que pueden ser descargados en las corrientes de agua. Muchos desechos industriales son compuestos orgánicos que pueden ser degradados por las bacterias, pero sólo muy lentamente, de modo que podrán llevar acaso olores y gustos desagradables hasta distancias considerables a lo largo de una vía acuática. Y para complicar más las cosas, algunos de estos desechos reaccionan con el cloro que se utiliza como desinfectante del agua potable (Turk *et al.* 2004).

De acuerdo a su naturaleza los contaminantes del agua pueden ser: físicos, químicos o biológicos. Los contaminantes físicos son aquellos que provocan alteraciones de las propiedades físicas del agua, tales como la temperatura, color, entre otros. Los contaminantes químicos provienen de los drenados de minas, desechos solubilizados de la agricultura, derrames de petróleo, pesticidas, aguas residuales municipales, desechos líquidos industriales y compuestos radiactivos. Y los biológicos son seres vivos que provocan enfermedades en el hombre u otras especies (Jiménez-Cisneros 2001).

No hay duda de que existe una degradación de muchas aguas nacionales y regionales. Quedan muy pocos lagos o corrientes que no tengan un cierto grado de contaminación. El análisis de la situación actual de la contaminación del agua, lleva a dos importantes conclusiones, en primer lugar, el problema de la contaminación del agua es un fenómeno industrial-urbano, y que la mayor parte de los contaminantes provienen de drenajes y de desperdicios de aguas industriales (Strobbe 1973).

El territorio mexicano tiene una distribución de agua muy irregular y se concentra principalmente en el sur del país en diferentes cuencas, dejando al norte del país con una menor cantidad de agua, siendo esta fracción del país donde se encuentra las dos terceras partes de toda la población mexicana, la mayor parte de la industria y las zonas agrícolas.

En México no ha sido definida una lista de sustancias tóxicas de atención prioritaria en los cuerpos de agua dentro de la estrategia del control de éstas; es por ello que a partir de un estudio bibliográfico, se propusieron un total de 52 sustancias, de las cuales el 77% corresponde a plaguicidas y el 23% son de origen industrial. Esta selección tiene como fundamento su frecuencia a escala nacional, la persistencia en zonas agrícolas, su toxicidad, la bioacumulación, la bioconcentración y la movilidad de los contaminantes en cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Muchos plaguicidas han ayudado a la humanidad en el control de plagas, pero también han causado un gran número de alteraciones, como son el cáncer, mutaciones y abortos espontáneos. En México no existen normas para el control de los agroquímicos en las descargas por fuentes dispersas (Jiménez-Cisneros 2001).

El problema que implica que en México se siguen utilizando agroquímicos que han sido restringidos en otros países, es que se encuentra un gran foco de contaminación, que afecta tanto al ambiente como a la población que se asienta cerca de los lugares donde son utilizados estos productos y que consume el producto de las cosechas.

El uso de agua residual para riego agrícola en México tiene su origen a partir de una salida para las aguas residuales del valle de México. En 1890 se comenzaron a aprovechar estas aguas en la agricultura en la región del Valle del Mezquital; a la fecha, se irrigan 85,000 hectáreas, tanto en este lugar como en el Valle de México, y es el distrito de riego más grande del mundo que emplea agua residual sin tratar. Otros distritos de riego son Valsequillo, Puebla; Tulancingo, Hidalgo y Ciudad Juárez, Chihuahua. La experiencia en cuanto a la reutilización industrial del agua doméstica tratada es aún muy reducida, ya que actualmente sólo se distinguen dos tipos de prácticas, una de ellas corresponde a las plantas industriales que se abastecen directamente del alcantarillado y ellas mismas se encargan del tratamiento para cumplir sus requerimientos de calidad. En este caso están las termoeléctricas del Valle de México y Tula de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la refinería de PEMEX en Tula y Altos Hornos de México en Monclova (Jiménez-Cisneros 2001).

La acelerada expansión urbana de la Ciudad de México en las últimas tres décadas ha provocado un desbordamiento de la población hacia las periferias y municipios conurbados del Estado de México, acrecentando los problemas sociales y ambientales. La problemática particular del desarrollo urbano y su implicación entre los cambios del uso de suelo rural a urbano y el medio ambiente. Por este hecho es que existe contaminación en el suelo y agua, viéndose reflejado en la salud de la población.

#### 2.4 LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

El empleo de agroquímicos en las actividades agropecuarias, frecuentemente mediante prácticas inadecuadas, constituye una de las formas de contaminación más importantes, que impactan no sólo los suelos de las áreas en donde se aplican, sino que llegan a través de los ríos hasta las zonas costeras, afectando las especies marinas. La aplicación de plaguicidas genera conflictos sociales por el elevado número de trabajadores del campo intoxicados por estos productos, con un alto índice de mortalidad, así como también por la sospecha de efectos adversos sobre la salud de las comunidades vecinas, la flora y la fauna. Se han acumulado las evidencias de graves problemas de contaminación de suelos, que conllevan el riesgo de contaminación de acuíferos, por fugas en contenedores de materiales peligrosos, así como por derrames continuos de lubricantes, solventes orgánicos y otro tipo de sustancias, por prácticas inadecuadas en su manejo, principalmente en estaciones de servicio de gasolina, talleres de reparación de autotransportes, estaciones e instalaciones de ferrocarriles, terminales de autobuses, aeropuertos y diversas industrias (SEMARNAT 2001).

Los residuos sólidos son material desechado de cualquier tipo que tenga o no utilidad alguna. En 1985, de acuerdo con la SEDUE, el promedio nacional de generación de residuos sólidos municipales era de 0.731 kg/hab, de los cuales 70% era de origen doméstico. 52% de los residuos sólidos provenía de poblaciones con menos de 5 000 habitantes mientras que 24%, aproximadamente lo generaban poblaciones mayores. Para 1994, la generación se incrementó a 0.893 kg/hab y, además, pasó de ser densa a voluminosa. En promedio, en las ciudades de la República Mexicana se recolecta alrededor de 70% de los residuos, mientras que el resto se abandona en calles y lotes baldíos, o bien, se tiran en basureros clandestinos, causes de ríos, arroyos u otros cuerpos de agua. De lo que se recolecta, mucho es depositado en basureros a cielo abierto, lo que ha tenido repercusiones en la calidad del aire, agua y suelo, así como en el deterioro de la salud de los habitantes por las emanaciones de gases, malos olores, incendios, generación de lixiviados y proliferación de fauna nociva (Jiménez-Cisneros 2001).

## 2.5 EL ESTADO DE HIDALGO Y SU SITUACIÓN AMBIENTAL

El estado de Hidalgo cuenta con una gran heterogeneidad, brindando la existencia de diversas regiones que son distintas y así presenta una amplia diversidad ambiental. La población humana esta distribuida principalmente al sur del estado debido a que en esta parte se ha dado un mayor desarrollo industrial y esto implica mejoras para la población. El desarrollo industrial genera incremento de asentamientos humanos con sus correspondientes demandas de servicios y generación de aguas residuales y basura. Y al no estar preparada la zona para ello, la alteración del medio es potenciada a la par del desarrollo industrial. El resto del territorio estatal que es la parte norte cuenta con población rural, ya que no presenta desarrollo industrial, lo que puede implicar que tenga una mejor calidad ambiental.

Hidalgo es un estado con poca disposición de agua es por ello que se a optado por el rehúso 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).

En el estudio realizado en 14 municipios del estado de Hidalgo, se determinó el número de fuentes contaminantes, así como las emisiones a suelo, agua y aire, en esa zona de estudio Estos municipios son los que cuentan con mayor número de industrias dentro del estado (Cabrera-Cruz *et al.*, 2003).

El estudio de Cabrera-Cruz *et al.*, 2004., realizado en 17 municipios del estado de Hidalgo, permitió conformar una base de datos referente al número de fuentes emisoras de residuos peligrosos, a las clases de residuos de acuerdo a sus características CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-infeccioso), a los tipos de residuos y a las cantidades generadas de estos.

Reportado que Tulancingo de Bravo, municipio estudiado cuenta con 84 fuentes emisoras de residuos peligrosos (FERP), seguido de los municipios de Pachuca de Soto y Tizayuca con 65 y 55 FERP respectivamente. Al identificarse las fuentes emisoras de residuos peligrosos de los 17 municipios que conformaban el área de estudio se obtuvo un inventario de residuos peligrosos industriales. Así nos damos cuenta que no existen estudios recientes y suficientes para conocer la situación ambiental del estado.

El estado de Hidalgo cuenta con 10 regiones geográficas que son muy diferentes en sus características físicas y biológicas. Las regiones 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

La Región de la Sierra Gorda esta situada al norte del estado, y no se han reportado estudios para ella. Es importante ya que ahí encontramos el Parque Nacional “Los Mármoles” con 23,150 hectáreas, recibiendo su nombre de los importantes yacimientos de mármol contenidos en su interior, parque que esta siendo muy afectado por las actividades que se siguen realizando por el hombre (Rivera-Macías 2007). Presenta relieves diversos entre los que se cuentan la Barranca de San Vicente con una profundidad de 600 metros y cerros de altura considerable como el de Cangandó. La Zona de Preservación Ecológica de los Centros de Población “Cerro El Aguacatillo” decretada en 2004 en el municipio de Chapulhuacán. La Presa Hidroeléctrica Zimapán construida en 1995 por la Comisión Federal de Electricidad con el fin de generar energía eléctrica (mil 292 gigavatios por año). Se localiza entre los estados de Hidalgo y Querétaro, en el cañón de Zimapán, a donde confluyen los ríos San Juan, Tula y Moctezuma. Tiene una superficie de 23 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altitud de 1,870 metros sobre el nivel del mar. El Rio Moctezuma el cual es uno de los más importantes en la entidad. Y su historia como una zona minera desde hace muchos años. En cuanto a las características de la zona destaca su relieve al pertenecer a la Provincia de la Sierra Madre Oriental, corresponde a la región hidrológica “Río Panuco” e incluye a la cuenca del “Río Moctezuma”, su clima es en su mayoría seco y semiseco, los usos de suelo son agrícola, ganadero y forestal. La Sierra Gorda incluye municipios con poco desarrollo industrial, la mayoría de su población es rural según el INEGI al considerar como urbana a la cabecera municipal y a las localidades que tengan más de 2,500 habitantes siendo el mayor número de localidades de los municipios rurales ya que su población es mucho menor a los 2,500 habitantes, cuenta con los servicios básicos que son drenaje, luz y agua potable pero solo en las cabeceras municipales y en algunas localidades cercanas a esta, la zona cuenta con la carretera federal y los caminos rurales que llegan a cada localidad. Para esta zona no se han encontrado estudios sobre la calidad ambiental, siendo de suma importancia que existan para tener conocimiento de las fuentes de contaminación.

## 2.6 LA EVALUACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL

El deterioro causado al medio ambiente debido a la ejecución de diversos proyectos ha provocado preocupación por tratar de cuantificarlo y evitarlo. En ocasiones es posible efectuar una evaluación en términos económicos (por ejemplo, cuánto cuesta el haber perdido la capacidad productiva de un suelo agrícola), pero en muchas otras no lo es (determinar cuánto cuesta la pérdida de un paisaje); por ello, se han desarrollado técnicas que pretenden proporcionar un método estandarizado y lo menos subjetivo posible para evaluar los efectos y ayudar a la toma de decisiones. Con estos procedimientos se puede, además decidir sobre la conveniencia de un proyecto, o bien, las modificaciones que deban realizarse al mismo para recibir el máximo de beneficios y la menor cantidad posible de efectos negativos.

La evaluación ambiental debe ser la base de las políticas ambientales, que, hoy en día, deben ser eminentemente preventivas. Es decir, se pretende evitar, desde el principio, el uso irracional de los recursos, la contaminación o los deterioros ambientales, debidos a una acción considerada, en lugar de combatir o reducir los efectos de una acción realizada, que necesita aminorar los efectos sobre el medio ambiente mediante el empleo de políticas curativas, mucho menos eficaces y más costosas (Hernández-Muñoz *et al* 2006).

Al evaluar el impacto ambiental se identifican e interpretan los efectos causados por las acciones de desarrollo (actividades causadas por el hombre) sobre el medio natural, para conocer sus consecuencias sobre la biodiversidad. Por impacto ambiental se entiende la alteración o modificación que una acción o actividad produce sobre el medio ambiente o en alguno de sus componentes. Este efecto es de magnitud variable y puede ser positivo o negativo, aceptable o rechazable en función de diversos criterios. Al impacto ambiental negativo o nocivo se le puede definir como toda alteración de las propiedades físicas, químicas o biológicas del medio ambiente (Cousillas 1994).

Se puede definir como evaluación de impacto ambiental al conjunto de estudios realizados para predecir y prevenir las consecuencias que provocaría un proyecto o acción sobre los factores ambientales, si dicha acción se llevara a cabo (Hernández-Muñoz *et al* 2006). Otra definición para la evaluación de impacto ambiental (EIA) es el estudio encaminado a identificar, predecir e interpretar, así como a prevenir las consecuencias o los efectos que las acciones o proyectos pueden causar a la salud, al bienestar humano o al ambiente. Una EIA tiene la doble misión de: 1) Concientizar a los responsables de las decisiones y a la sociedad acerca de los efectos que sobre el ambiente tiene un proyecto, así como de su importancia. 2) Proporcionar información que se pueda ponderar en el proceso de decisión (Jiménez-Cisneros 2001).

Dentro de un estudio de calidad ambiental es fundamental hacer estudios de inventarios ambientales de contaminación y de las fuentes de desecho, incluyendo su localización y niveles de

emisión. Los inventarios precisos y muy detallados pueden requerir una cantidad considerable de recursos e involucrar sofisticados sistemas de monitoreo y procesamiento de datos; asimismo, los requerimientos financieros y de personal para tales programas están frecuentemente fuera de las posibilidades de muchas dependencias. Sin embargo, con el uso de la información limitada existente es posible hacer inventarios de emisiones bastante precisos y a un costo relativamente bajo (Weitzenfeld 1988).

En los diferentes métodos que existen para evaluar la calidad ambiental se encuentra la técnica ERFCA (Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental), esta técnica cuenta con un procedimiento para hacer una evaluación general, rápida y confiable de la cantidad de emisiones contaminantes al aire, agua y suelo producidos en una región o país. Consiste en identificar las fuentes emisoras contaminantes y realizar una estimación de la cantidad de emisiones según los protocolos de la técnica. El proceso de evaluación rápida está diseñado para utilizar, siempre que sea posible, datos disponibles en la mayoría de los países y normalmente no es necesario realizar muestreos extensos en fábricas u otras fuentes de contaminación, que involucren niveles altos de competencia técnica y grandes gastos.

En base a lo anterior se puede aplicar la técnica ERFCA para realizar un estudio de calidad ambiental en los municipios de Chapulhuacán, Jacala, La Misión, Nicolás Flores, Pacula, Pisaflores, Tasquillo, Tecozautla y Zimapán, que son los pertenecientes a la Región de la Sierra Gorda, Hidalgo, identificando los problemas principales presentes en la región al conocer la estimación de la cantidad de contaminación emitida al aire, agua y suelo, el municipio con mayores emisiones contaminantes y el parámetro que se emite más, con esto se pondrá interés en resolver dichos problemas.



**CORRAL DE VACAS - TECOZAUTLA**



**RASTRO MUNICIPAL - JACALA**

# **OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**



**MOLINO DE MÁRMOL - ZIMAPÁN**

### **3 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un inventario de las principales fuentes de contaminación en la región de la Sierra Gorda, Hidalgo, México, comprendiendo los municipios de Chapulhúacan, Jacala, La Misión, Nicolás Flores, Pacula, Pisaflores, Tasquillo, Tecozautla y Zimapán, estimando sus emisiones contaminantes a través del empleo de los parámetros de contaminación contenidos en la técnica ERFCA para evaluar la calidad ambiental en aire, agua y suelo en base a la legislación mexicana.

#### **3.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

Realizar un inventario ambiental del medio físico inerte, biótico y humano, a través de una recopilación bibliográfica de fuentes oficiales y textos de investigación, para describir las principales características de la zona de estudio.

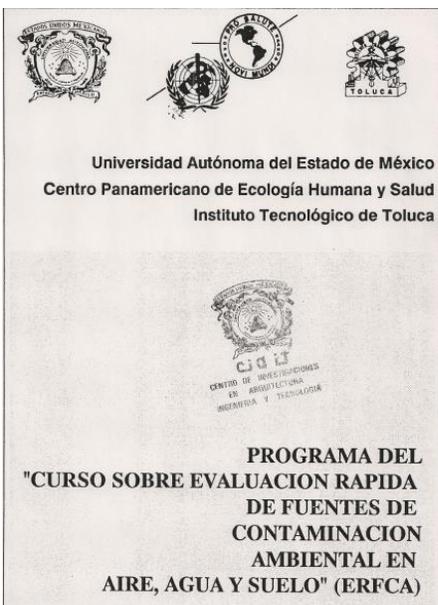
Identificar las fuentes generadoras de contaminación a través de la clasificación de los protocolos de la técnica ERFCA para calcular las emisiones contaminantes.

Calcular la cantidad potencial 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.

Analizar y comparar 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.

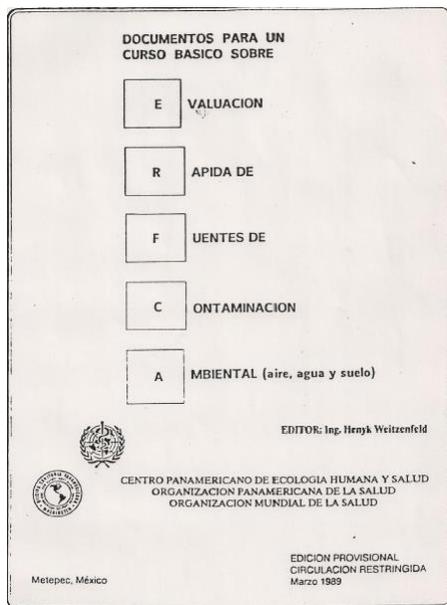
### 3.3 JUSTIFICACIÓN

El estado de Hidalgo es muy heterogéneo en cuanto a las formas de su relieve, razón por la que se encuentra dividido en 10 regiones naturales, teniendo cada una, características propias. Una de estas regiones es la Región de la Sierra Gorda la cual cuenta con el Parque Nacional “Los Mármoles”, con la construcción de una presa hidroeléctrica, además de pertenecer a la Región Terrestre Prioritaria para la conservación 101 Sierra Gorda-Río Moctezuma, y a la Región Hidrológica Prioritaria para la conservación 75-Confluencia de las Huastecas, al encontrarse sobre la cuenca del Río Moctezuma es de importancia por la diversidad de flora y fauna que éste brinda. Presenta problemáticas como los residuos de minería y la contaminación endógena de arsénico en el agua. Para dicha región no se han encontrado reportes de estudios sobre calidad ambiental por ello con la realización del presente trabajo se pretende generar conocimiento sobre la calidad ambiental de la región, ya que con el inventario obtenido se podrán identificar los principales problemas de contaminación y se podrá tomar decisiones eficientes para la región, este trabajo es pionero para próximos trabajos y así tener conocimiento de la situación actual de la región y del estado.



# ***METODOLOGÍA***

---



## 4 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 y comercial (Weitzenfeld 1988).

Ya que la salud al igual que el ambiente se ven 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 aire, agua o suelo, 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. Dicha técnica comprende los siguientes pasos:

### 4.1 CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

El presente estudio requiere de uno o varios profesionales calificados con experiencia en investigaciones ambientales y capacitados en el programa de ERFCA, para tales efectos se asistió a un curso con valor curricular para la capacitación en la aplicación de dicha técnica.

### 4.2 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/ desechos.

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).

#### 4.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los municipios que conforman la zona de estudio forman parte de la Sierra Gorda perteneciente al estado de Hidalgo, este estado se localiza entre los 19° 35' 52" y 21° 25' 00" de latitud Norte y los 97° 57' 27" y 99° 51' 51" de longitud Oeste. Su extensión territorial es de 20 905.12 km<sup>2</sup>, representando el 1.1% de la superficie del país. Limita al norte con el estado de San Luis Potosí, al noreste y este con el estado de Veracruz Llave, al este y sureste con el estado de Puebla, al sur con el estado de Tlaxcala y México y al oeste con el estado de Querétaro (**Figura 1**).



FIGURA 1.- Ubicación geográfica del estado de Hidalgo

El área de estudio se encuentra formada por 9 municipios del estado, se muestra el nombre de cada uno de ellos y su clave correspondiente según el INEGI con la cual se distinguirán en las próximas tablas, su extensión y porcentaje que ocupan en el territorio estatal (**Tabla I**). La zona representa el 16.01% de la superficie estatal, con un total de 3 351 km<sup>2</sup> de extensión. (**Figura 2**).

TABLA I.- Municipios de la región, clave de INEGI, extensión y porcentaje que ocupan

CLAVE DE MUNICIPIO	CABECERA MUNICIPAL	EXTENSIÓN TERRITORIAL Km <sup>2</sup>	% TERRITORIO ESTATAL
018	Chapulhuacán	239	1.14
031	Jacala de Ledezma	347	1.66
040	La Misión	180	0.86
043	Nicolás Flores	393	1.88
047	Pacula	429	2.05
049	Pisaflores	159	0.76
058	Tasquillo	167	0.79
059	Tecozautla	576	2.75
084	Zimapán	806	3.85
<b>TOTAL</b>		<b>3,296</b>	<b>15.74</b>

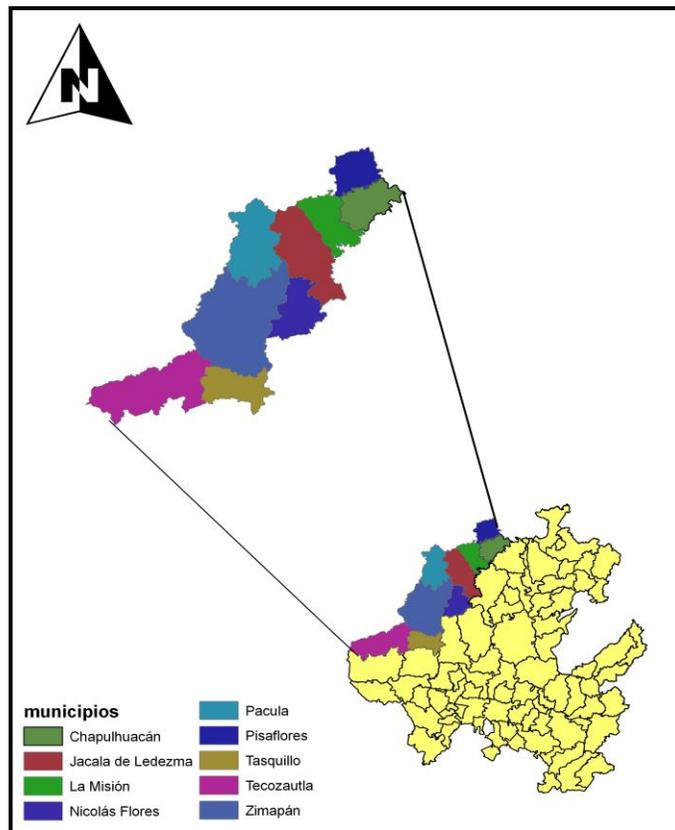


FIGURA 2.- Ubicación geográfica de los municipios que comprenden el área de estudio

La **Tabla II** nos muestra los nombres de los municipios y estados con los que colindan los municipios pertenecientes a la zona de estudio.

**TABLA II.- Colindancias de cada uno de los municipios que integran el área de estudio**

COLINDANCIAS MUNICIPIOS	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
18	Municipio de Pisaflores y el estado de San Luis Potosí	Municipio de Tlahuiltepa	Municipio de Tepehuacan de Guerrero	Municipio de Pisaflores y La Misión
31	Estado de Queretaro	Municipio de Nicolás Flores	Municipio de La Misión y Tlahuiltepa	Municipio de Pacula y Zimapán
40	Estado de Queretaro y municipio de Pisaflores	Municipio de Tlahuiltepa	Municipio de Chapulhuacán y Tepehuacan de Guerrero	Municipio de Jacala
43	Municipio de Jacala	Municipio de Ixmiquilpán y El Cardonal	Municipio de Tlahuilpeta	Municipio de Zimapán
47	Municipio de Jacala	Municipio de Zimapán	Municipio de Nicolás Flores	Estado de Queretaro
49	Estado de San Luis Potosí	Municipio de Chapulhuacán y La Misión	Estado de San Luis Potosí	Estado de Queretaro
58	Municipio de Tecozautla y Zimapán	Municipio de Ixmiquilpán y Alfajayucan	Municipio de Ixmiquilpán	Municipio de Alfajayucan y Tecozautla
59	Municipio de Zimapán y el Estado de Queretaro	Municipio de Huichapan	Municipio de Tasquillo y Alfajayucan	Estado de Queretaro
84	Municipio de Pacula y Jacala	Municipio de Tecozautla y Tasquillo	Municipio de Nicolás Flores e Ixmiquilpán	Estado de Queretaro

#### 4.3 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 y COPARMEX 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. 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 1988), (**Tabla III**). De manera más específica, en el **Anexo 1** se pueden apreciar los giros industriales considerados, que son las que la técnica ERFCA considera. Además, se recurre a encuestas directas en las industrias (**Anexo 3, 4, 5**). Posteriormente se analiza la información y se elabora una lista de empresas.

TABLA III.- Divisiones de las actividades manufactureras

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 procede 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.

#### 4.4 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 de 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:

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

Donde:

$F_{ij}$  = 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

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

(ERFCA. i = fuente emisora o contaminante j = tipo de emisión o contaminante)

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 III**.

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 Polvo de Suelo	Vehículos

(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	DESECHO SÓLIDO		NATURALEZA DEL DESECHO
			10 <sup>3</sup> Unidades/año	Kg/unidad	ton/año	
3511c	Ácido fosfórico (proceso húmedo)	ton de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		4750*		Yeso cuando es removido de los efluentes.
3511h	Hidróxido de Sodio (método de cátodo de mercurio)	ton de Cl <sub>2</sub>		40*		Grafito y lodos de purificación (CaCO <sub>3</sub> ; Mg(OH) <sub>2</sub> , tal vez con Hg)
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

NOTA: Los factores que presentan asterisco ofrecen cargas de desechos sólidos sobre una base seca (ERFCA)

#### 4.5 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 atmósfera de combustibles que usan los automóviles en circulación la NOM -041 ECOL-1999 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 diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible. En este caso se encontró con el inconveniente que las

Normas Oficiales Mexicanas utilizan unidades en  $\text{mg}/\text{m}^3$  y los resultados que obtuvimos por la técnica son en unidades de ton/año, por lo cual no se pudo realizar el análisis y se optó por realizar una comparación de los resultados con los de otros municipios donde se aplicó la misma técnica. Además, se realizó la estimación de la contaminación emitida por habitante y por kilómetro cuadrado en cada uno de los municipios de la Sierra Gorda.

La calidad del agua se determinó mediante la elaboración de escalas de gravedad utilizando los criterios de Hernandez-Muñoz (2001), así como los niveles de 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 que establece la NOM para determinar si las emisiones a la región son admisibles o no admisibles.

En el suelo, la calidad ambiental se determina a través de la NOM-083-SEMARNAT 2003 que 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 poder comparar estas especificaciones que marca la NOM se visitó cada uno de los sitios de disposición final de los municipios de la Región para conocer con que características cumplen y así determinar si son sitios controlados o no.

La calidad de riqueza biológica se determinó por el número total de especies reportadas de las fuentes utilizadas, el número de especies que se encuentran en una categoría dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la extensión territorial de la zona de estudio. Dividiendo tales cantidades se determinó el indicador de riqueza biológica (IRB) dividiendo el número de especies entre la extensión territorial; el indicador de riqueza biológica protegida (IRBP) dividiendo el número de especies dentro de la norma entre la extensión territorial; y la relación entre especies protegidas y no protegidas dividiendo el número de especies protegidas y el total de especies reportadas.

# ***RESULTADOS***

---



CHAPULHUACÁN



JACALA DE LEDEZMA



LA MISIÓN



NICOLÁS FLORES



PACULA



PISAFLORES

# ***INVENTARIO AMBIENTAL***



TASQUILLO



TECOZAUTLA



ZIMAPÁN

## 5.1 INVENTARIO AMBIENTAL

### 5.1.1 MEDIO FÍSICO INERTE

#### 5.1.1.1 GEOLOGÍA

En el estado de Hidalgo se encuentra las tres provincias geológicas: Provincia Sierra Madre Oriental, Provincia Eje Neovolcánico y Provincia Llanura Costera del Golfo Norte. Las características litológicas y estructurales de las rocas que afloran en estas provincias nos indican que hubo diferentes eventos geológicos de tipo orogénico, que asociados al volcanismo y al relleno de cuencas oceánicas dieron el carácter estructural a esta entidad (INEGI 1992).

La región está inmersa en mayor proporción en la Provincia Sierra Madre Oriental y una pequeña parte en la Provincia Eje Neovolcánico. La Provincia Sierra Madre Oriental está constituida principalmente por rocas sedimentarias, continentales y marinas, algunas muy antiguas en función de las características litoestratigráficas y estructurales de la provincia. En la porción correspondiente a la entidad se pueden diferenciar varios tipos de terrenos. Al oriente de esta región afloran, como "ventanas tectónicas" las rocas más antiguas que se conocen en el país, que se han correlacionado con rocas de terrenos metamórficos (gneises) "grenvillianos" que tienen edades hasta de 1,000 millones de años. A estos terrenos se les considera "el basamento" sobre el cual evolucionó la historia geológica del país; asimismo, en esta porción aflora una secuencia estratigráfica muy completa, ya que existen rocas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas, que en conjunto forman un paquete rocoso con más de 4,000 metros de espesor (INEGI 1992).

Aquí se encuentran algunas de las formas del relieve más espectaculares de la cordillera, que reflejan su complejidad estructural. En las porciones central y occidental de esta provincia es notable el predominio de las rocas sedimentarias del Cretácico (calizas y calizas interestratificadas con lutitas). Rocas intrusivas afloran en las localidades de San Nicolás, Agua Florida, al occidente de Zimapán y al oriente de Nicolás Flores (INEGI 1992).

La Provincia Eje Neovolcánico se encuentra constituida predominantemente por rocas volcánicas terciarias y cuaternarias (brechas, tobas y derrames riolíticos, intermedios y basálticos), de composición y textura variada, las cuales forman en conjunto un extenso y grueso paquete. La morfología de esta provincia es variada, se presentan diversos tipos de estructuras volcánicas bien conservadas, extensos flujos piroclásticos y derrames lávicos basálticos, que tienen forma de mesetas y planicies (INEGI 1992).

La geología de la entidad es muy variada (**Tabla VII**), y la zona de estudio es importante al presentar dos de las tres provincias geológicas (**Figura 3**).

TABLA VII.- Geología del estado de Hidalgo

Era	Periodo	Roca o suelo	% de superficie estatal
Cenozoico	Cuaternario	Ignea extrusiva	26.63
		Suelo	5.93
Mesozoico	Terciario	Ignea extrusiva	11.08
		Sedimentaria	19.54
	ND	Ignea intrusiva	0.94
		Jurásico	Sedimentaria
Paleozoico	ND	Cretácico	26.18
		Triásico	0.74
		Metamórfica	1.00

(INEGI 2002)



FIGURA 3.- Geología del Estado. (INEGI 2005)

### 5.1.1.2 OROGRAFÍA

El perfil de Hidalgo es muy variado, cuenta con tres regiones la primera Planicie Costera del Golfo la cual es el piso más bajo y tiene unos cuantos metros sobre el nivel del mar; le sigue la de la Sierra Madre Oriental a unos 800 metros de altura; y la más poblada y menos extensa de las tres el Altiplano Meridional que alcanza altitudes mayores a los dos mil metros. El territorio estatal cuenta con diferente altitud, observándolo en las principales elevaciones que presenta (**Figura 4**).

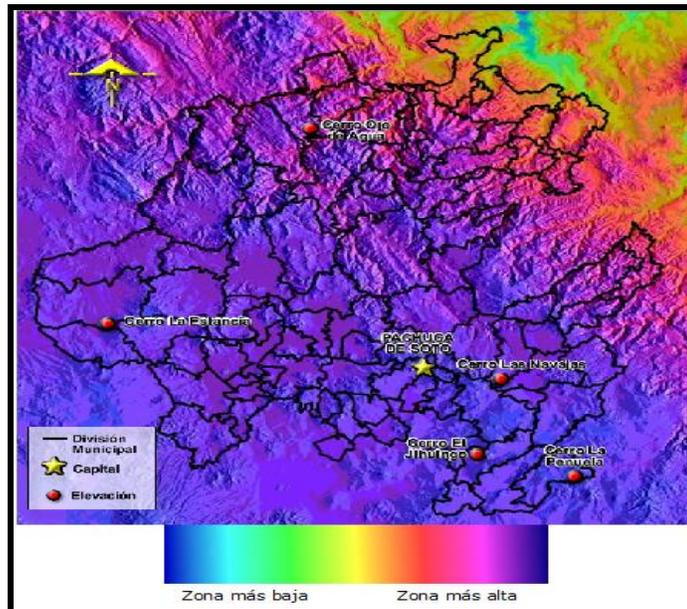


FIGURA 4.- Principales elevaciones del estado de Hidalgo. (INEGI 2005)

### 5.1.1.3 FISIOGRAFÍA

De los 9 municipios que conforman el área de estudio 8 son parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental y 1 de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico. Las provincias fisiográficas son unidades morfológicas superficiales de distintivas características, de origen y morfología propios, una región para considerarse provincia fisiográfica debe cumplir con condiciones como un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área, morfología y litología propia y distintiva.

La provincia de la Sierra Madre Oriental se encuentra representada en el estado por la Subprovincia del Carso Huasteco, donde se localiza el área de estudio, cubriendo 9,712.93 km<sup>2</sup> del territorio estatal, denominada así por poseer rasgos de un carso (pozos, dolinas y grutas) y presenta un fuerte grado de disección, debido a la acción de importantes ríos presentes. Sus cumbres más elevadas (2 000 msnm) se encuentran al norte del municipio de Zimapán. Atraviesa un profundo y espectacular cañon entre la sierra, cuyo piso se encuentra a 200 msnm y sus

cumbres a 1 800 msnm. Los diferentes tipos de suelos de esta zona cuentan con un alto contenido de carbonatos, derivados de calizas por la acción de la precipitación y de la temperatura, encontrado por orden de abundancia: rendzinas, litosoles, feozems y luvisoles (INEGI 1992).

La Provincia del Eje Neovolcánico representado en el estado por las subprovincias de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y la de los Lagos y Volcanes de Anáhuac. La región estudiada se encuentra en la primera subprovincia que tiene 7 821.33 km<sup>2</sup> de superficie estatal, presenta un corredor, abajo de los 2,000 msnm, de lomeríos bajos de material volcánico, queda prácticamente encerrado desde todos los lados por sistemas de sierras, mesetas y lomeríos, casi todos de origen volcánico. Solo una cumbre, la del cerro Nopala tiene más de 3,000 m de altitud. El tipo de suelo que domina casi toda la subprovincia es de tipo feozem. De esta manera es como el estado presenta la distribución de las provincias y subprovincias (**Figura 5**).



FIGURA 5.- Provincias fisiográficas y subprovincias presentes en el territorio estatal. (INEGI 2005)

#### 5.1.1.4 HIDROLOGÍA

En el estado de Hidalgo las corrientes son escasas. Esto se debe a dos factores primordialmente: el clima y la topografía. En las porciones norte y noreste, aunque los vientos húmedos del Golfo propician abundantes lluvias, lo abrupto de la Sierra Madre Oriental impide el aprovechamiento de los escurrimientos, ya que descienden rápidamente a las zonas bajas, las cuales forman parte de

los estados de San Luis Potosí, Veracruz y Puebla. En cuanto a la explotación del agua subterránea ésta es baja, pues son pocas las áreas planas.

La zona de estudio corresponde a la región hidrológica “Río Pánuco” (No 26), esta región corresponde a la vertiente del Golfo de México y está 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. La entidad incluye la cuenca del “Río Moctezuma” (26D) la cual ocupa una superficie en el estado de 19 793.60 km<sup>2</sup>, teniendo como corriente principal el río Moctezuma. El estado cuenta con regiones y cuencas, siendo la de mayor porcentaje la cuenca del Río Moctezuma (**Tabla VIII**). La ubicación de estas regiones en el territorio estatal se observan en **Figura 6** y los principales ríos de la entidad en la **Figura 7**.

TABLA VIII.- Regiones y cuencas presentes en el estado

Región	Cuenca	% de superficie estatal
Pánuco	R. Moctezuma	95.51
Tuxpan-Nautla	R. Tecolutla	0.36
	R. Cazones	0.87
	R. Tuxpan	3.26

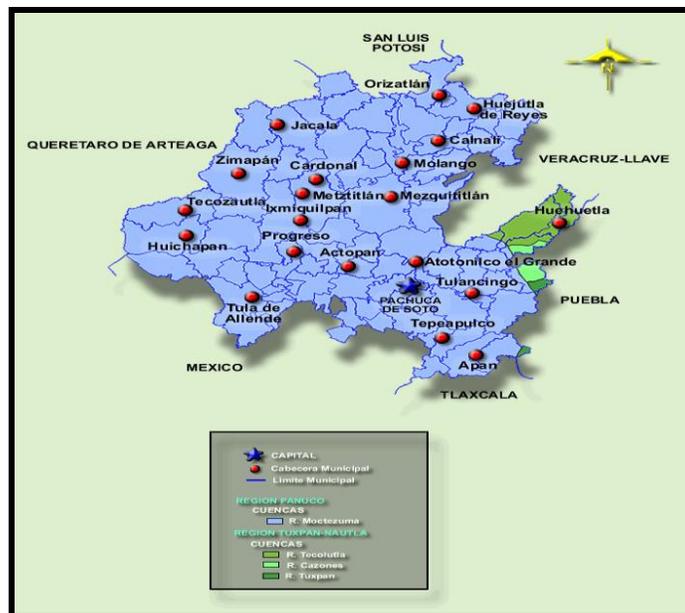


FIGURA 6.- Regiones hidrológicas del estado. (INEGI 2005)

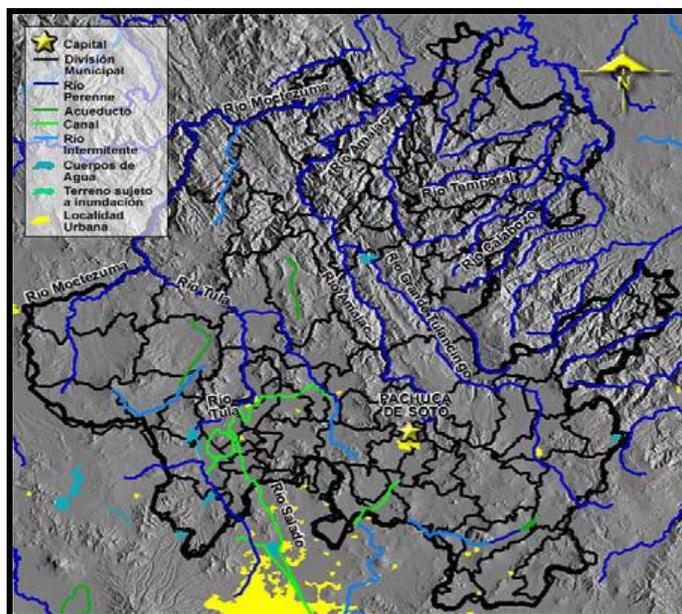


FIGURA 7.- Principales ríos del estado de Hidalgo (INEGI 2005)

Dentro de la zona de estudio se encuentran regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas (**Tabla IX**), y presenta algunas corrientes de agua (**Tabla X**).

TABLA IX.- Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas presentes en el área de estudio

REGIÓN		CUENCA		SUBCUENCA	
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre
RH26	Río Pánuco	D	Río Moctezuma	A	Río Moctezuma
				J	Río Tula
				S	Río Amajac

(INEGI 2005)

TABLA X.- Corrientes de agua en la zona de estudio

CORRIENTES DE AGUA			
NOMBRE	UBICACIÓN	NOMBRE	UBICACIÓN
Moctezuma	RH26Da	Agua Santa	RH26Da
Tula	RH26Dj	Buenavista	RH26Dj
San Juan	RH26Da	Negro	RH26Da
La Media Luna	RH26Da	Rancho Viejo	RH26Da
El Aguacate	RH26Da	Agua Fría	RH26Da
El Salitre	RH26Da	Aguacatal	RH26Da
Toliman	RH26Da	San Antonio	RH26Da
San Miguel	RH26Da	Los Alamos	RH26Ds
Xindho	RH26Da	El Carrizal	RH26Da

(INEGI 2005)

Dentro del área de estudio se ubica la presa Fernando Hiriarte mejor conocida como presa Zimapán, que fue construida en 1995 por la Comisión Federal de Electricidad con el fin de generar energía eléctrica (1,292 gigavatios por año). Se localiza en el cañon de Zimapán a donde confluyen los ríos San Juan, Tula y Moctezuma, cuenta con 23 kilómetros cuadrados de superficie y se encuentra a 870 metros sobre el nivel del mar

#### 5.1.1.5 CLIMATOLOGÍA

Geográficamente se distinguen tres zonas climáticas bien definidas en el estado siendo la zona de climas cálidos y semicálidos de la Huasteca Hidalguense, la zona de climas templados de la Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico y la zona de climas secos y semisecos de la Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico.

En la zona de estudio se localizan las tres zonas climáticas, siendo la principal la de climas secos y semisecos de la Sierra Madre y Eje Neovolcánico, seguida de la de climas templados de la Sierra Madre y Eje Neovolcánico y en menor proporción la de climas cálidos y semicálidos de la Huasteca. Encontrando los climas cálidos con lluvia en verano para pequeñas partes del municipio de Chapulhuacán, al poniente de este se presenta el semicálido subhúmedo. Los semicálidos húmedos en el municipio de Pisaflores. Los climas semicálidos subhúmedos con lluvias en verano para los municipios de Pacula, Jacala y La Misión. El clima templado subhúmedo con lluvias en verano abarca parte del municipio de Zimapán, en este mismo municipio se presenta el clima semiseco semicálido distribuyéndose también en los municipios de Tecozautla y Tasquillo. La entidad cuenta con diferentes tipos y subtipos de climas ocupando diferente porcentaje en la superficie estatal (**Tabla XI Tabla XI y Figura 8**)

TABLA XI. Climas presentes en la entidad

<b>Tipo o subtipo</b>	<b>% de superficie estatal</b>
Cálido húmedo con lluvias todo el año	0.38
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	0.68
Semicálido húmedo con lluvias todo el año	13.17
Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano	2.55
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	5.63
Templado húmedo con lluvias todo el año	3.23
Templado húmedo con abundantes lluvias en verano	3.05
Templado subhúmedo con lluvias en verano	31.46
Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano	0.12
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	0.96
Semiseco muy cálido y cálido	0.20
Semiseco semicálido	2.35
Semiseco templado	32.4
Seco semicálido	3.82



FIGURA 8.- Climas presentes en la entidad. Fuente (INEGI 2005)

En la región se localizan cinco estaciones metereológicas siendo: 21-El Potrero ubicada en el municipio de Tecozautla; 27-Encarnación en Zimapán; 63-Tasquillo en el municipio del mismo nombre; 77-Xhithá dentro de Zimapán y 78-Zacate Grande en Chapulhuacán. Estaciones por las cuales se determina el clima (Pavón y Meza-Sánchez 2009)

## 5.1.2 MEDIO FÍSICO BIÓTICO

### 5.1.2.1 TIPOS DE VEGETACIÓN

Los ecosistemas son los reservorios de la enorme diversidad de especies que se encuentran en el planeta. Los ecólogos definen formalmente a los ecosistemas como el conjunto de poblaciones de diferentes especies que cohabitan en un sitio, que interactúan entre sí y con el ambiente físico y químico en el que se desarrollan (SEMARNAT 2007).

Los tipos de vegetación presentes en México son: Bosque tropical perennifolio, Bosque tropical subcadudifolio, Bosque tropical caducifolio, Bosque espinoso, Matorral xerófilo, Pastizal, Bosque de *Quercus*, Bosque de coníferas, Bosque mesófilo de montaña y Vegetación acuática y subacuática (Rzedowski 2005).

La vegetación del estado es de la siguiente manera. En la zona de climas cálidos y semicálidos, se encuentran principalmente los bosques tropicales perennifolio, subcaducifolio y caducifolio, y la zona baja del bosque mesófilo de montaña. En la zona de climas templados de la Sierra Madre Oriental (SMO) y el Sistema Volcánico Transversal (SVT) se presentan el bosque mesófilo de montaña, los bosques de encino y los bosques de coníferas. Finalmente, en la zona de climas áridos y semiáridos de la SMO y el SVT se encuentran los matorrales xerófilos, parte del bosque tropical caducifolio, los bosques espinosos, y los pastizales (Martínez-Morales *et al.* 2007).

El estado cuenta con distintos tipos de vegetación que se encuentran en diferentes extensiones sobre su superficie teniendo diferente porcentaje de cobertura (**Tabla XII y Figura 9**).

TABLA.-XII Superficie y proporción de cobertura de los tipos de vegetación en el estado.

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje de cobertura</b>
Bosque tropical perennifolio	83, 352	4.00%
Bosque tropical caducifolio y subcaducifolio	14, 630	0.70%
Bosque espinoso	279	0.01%
Pastizal	2, 122	0.10%
Matorral xerófilo	253, 519	12.17%
Bosque de encino	150, 096	7.20%
Bosque de coníferas	189, 260	9.09%
Bosque mesófilo de montaña	114, 782	5.51%
Vegetación acuática	869	0.04%

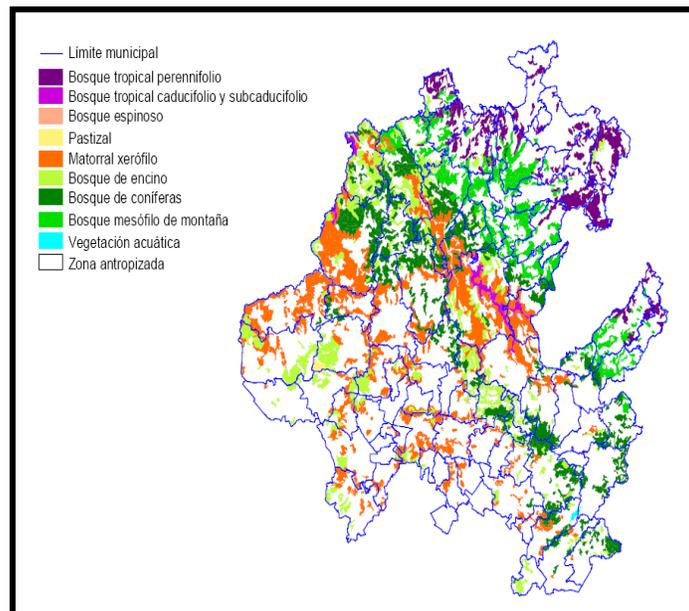


FIGURA 9.- Vegetación de Hidalgo en base a la nomenclatura de Rzedowski (1981). (Martínez-Morales *et al.* 2007)

Dentro de la entidad se realizan diferentes tipos de agricultura donde en ocasiones se ve afecta la vegetación natural (**Figura 10**).



FIGURA 10.- Agricultura y vegetación en la entidad. (INEGI 2005)

#### 5.1.2.2 ECORREGIONES

Las ecorregiones o biorregiones son unidades geográficas con flora, fauna y ecosistemas característicos. Son una división de las grandes “ecozonas” o regiones biogeográficas.

En el estado confluyen cinco eco-regiones: la más extensa es la región Matorrales Xerófilos del Sur de la Meseta Central (MXSMC), la segunda en extensión es la región Bosques de Coníferas y Encinos de la Sierra Madre Oriental (BCESMO), seguida por la región Bosques Mesófilos de Montaña de Veracruz (BMMV) y la región Selvas Húmedas de la Planicie Costera de Veracruz (SHPCV) (CONABIO, 1999). La región Selvas Secas de la Planicie Costera de Tamaulipas (SSPCT) está representada por una muy pequeña superficie al noroste del estado, en el municipio de Pacula (Martínez-Morales *et al.* 2007). En el área de estudio se encuentran las cinco ecorregiones presentes en el estado (**Figura 11**).

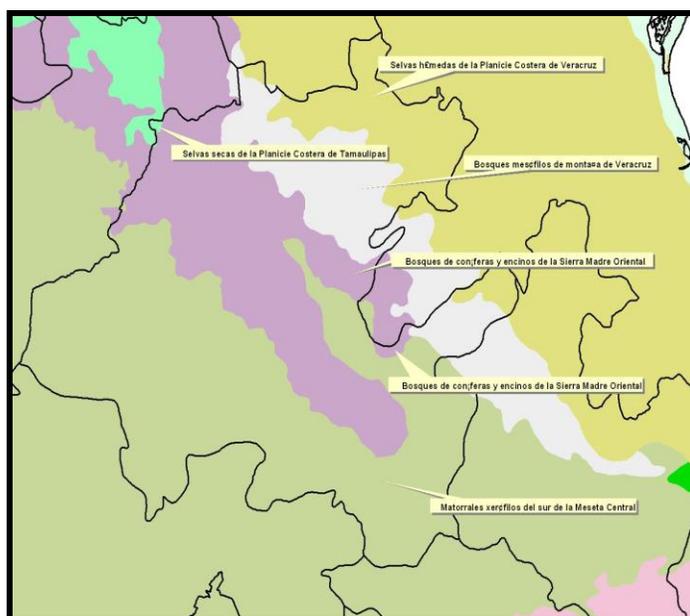


FIGURA 11.- Ecorregiones presentes en el estado. (Martínez-Morales *et al.* 2007)

### 5.1.2.3 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP)

Dentro del área de estudio se encuentra el Parque Nacional “Los Mármoles”. El cual fue decretado como Parque Nacional el 8 de agosto de 1936, con el objetivo de proteger la vegetación natural de las cuencas hidrológicas de la zona, la belleza escénica y la fauna silvestre nativa, a raíz de las obras de construcción de la carretera federal México-Laredo, donde se efectuaron un sin número de obras e infraestructura en la Sierra de Jacala y Zimapán. Se localiza entre los 99°08’57” y 99°18’39” longitud Oeste y 20°45’39” y 20°58’22” latitud Norte, en las montañas culminantes de la Sierra Gorda que forma parte de la Sierra Madre Oriental. Comprende los municipios de: Jacala con una superficie de 34.5% (7,986.75 Ha), Zimapán cubriendo el 36.0% (8,334.0 Ha), Nicolás Flores con 25.0% (5,787.5 Ha) y Pacula 4.5% (1,041 Ha), para hacer un total de 23,150 Ha (CONANP 2007)

Se ubica dentro de la Región Hidrológica No. 26 perteneciente a la Cuenca del Río Pánuco. Dentro del Parque se ubica el río Barranca, las barrancas de San Vicente y Las Milpas, y los manantiales Los Durazos, Trancas, Minas Viejas, todos efluentes del río Moctezuma. La vegetación que predomina es característica de los bosques templados con asociaciones pino-encino y matorral xerófilo, resalta por su importancia la Barranca de San Vicente o de los Mármoles y el cerro de Cangandhó.

Dentro del parque se encuentran inmersas 60 comunidades (**Tabla XIII**), con una población total estimada de 9,314 habitantes. Existen áreas donde la vegetación natural esta muy perturbadas, así como áreas con erosión de suelos considerable, debido al impacto que se ejercen sobre los

recursos naturales con actividades como la agricultura, ganadería y la explotación minera, causando perdida considerable de especies de flora y fauna.

TABLA XIII.- Comunidades dentro del Parque Nacional Los Mármoles

COMUNIDAD	MUNICIPIO	No. DE HABITANTES	COMUNIDAD	MUNICIPIO	No. DE HABITANTES
Mesa de la Cebada	Jacala	109	Maguey Blanco	Pacula	9
Peña Blanca	Jacala	10	Sajunta de Las Minas	Pacula	1
El Cidral	Jacala		El Mezquite	Pacula	48
Plomosas	Jacala	565	Jagüey Colorado	Zimapán	247
El Refugio	Jacala	53	Cerro Colorado	Zimapán	158
Minas Viejas	Jacala	143	Los Pelillos	Zimapán	103
San Nicolás	Jacala	921	Maguey Verde	Zimapán	230
Barranca Arriba	Jacala	66	La Escondida	Zimapán	2
Rincón del Agua	Jacala	7	La Majada	Zimapán	18
Puerto el Rancho	Jacala		Villa Nueva	Zimapán	66
El Piñón	Jacala	19	Puerto Ing. Isidro Díaz	Zimapán	4
Carrizalito	Jacala	51	Morelos (Las Trancas)	Zimapán	310
Agua Fría Grande	Jacala	92	Las Pilas	Zimapán	60
Agua Fría Chica	Jacala	361	Tierras Amarillas	Zimapán	83
Piedra de Sal	Nicolás Flores	17	Apezco	Zimapán	307
Las Milpas	Nicolás Flores	100	Puerto de Vigas	Zimapán	48
El Encinote	Nicolás Flores	58	Camposanto del Oro	Zimapán	251
Jagüey	Nicolás Flores	117	La Mesa de Camposanto del Oro	Zimapán	45
Los Lirios	Nicolás Flores	23	Los Mármoles	Zimapán	28
Puerto de Piedra	Nicolás Flores	211	San José del Oro (San Vicente)	Zimapán	147
Zoyatal	Nicolás Flores	205	La Calera	Zimapán	18
El Aguacate	Nicolás Flores	90	Los Duraznos	Zimapán	168
Villa Juárez	Nicolás Flores	141	El Cobrecito	Zimapán	284
Puerto Las Ánimas	Nicolás Flores	6	Durango	Zimapán	441
Puerto Cangandhó	Nicolás Flores	9	Los Nogales	Zimapán	88
El Tejocote	Nicolás Flores		La Tinaja Durango	Zimapán	111
El Cobre	Nicolás Flores	164	La Manzana	Zimapán	298
El Molino	Nicolás Flores	125	La Encarnación	Zimapán	180
Cerro Prieto	Nicolás Flores	191	Pueblo Nuevo	Zimapán	74
Adjuntas	Pacula	137	La Caosta	Zimapán	2

(CONANP 2007, INEGI 2005)

#### 5.1.2.4 AREAS NATURALES PROTEGIDAS ESTATALES Y MUNICIPALES

Hidalgo cuenta con gran cantidad de recursos naturales y de una diversidad biológica importante, 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. En nuestra entidad las áreas naturales protegidas son parte de la estrategia de conservación de los recursos naturales y de la biodiversidad, por la importante riqueza biológica y los servicios ambientales que preservan de forma natural.

Son categorías de competencia estatal las “Reservas Ecológicas Estatales”, “Parques Estatales” y “Jardines Históricos”; y de competencia municipal las “Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población” y “Parques Urbanos Municipales ó Jardines Públicos”.

Dentro de la zona de estudios encontramos un área protegida la cual es la Zona de Preservación Ecológica de los Centros de Población “Cerro El Aguacatillo”. Zona que fue declarada el 13 de diciembre de 2004, con una superficie de 44.8662 hectáreas, y se ubica al norte del Estado de Hidalgo, entre las coordenadas geográficas 21° 09' 30" y 21° 08' 30" de latitud Norte y 98° 53' 15" y 98° 54' 15" de longitud Oeste. Perteneciente al municipio de Chapulhuacán.

La tenencia de la tierra en el área propuesta es exclusivamente municipal y el uso del suelo al interior es forestal, así mismo en la zona de influencia el uso del suelo corresponde a agrícola, pecuario, forestal y urbano. Se presenta un solo tipo de vegetación clasificado como Bosque mesófilo de montaña, en el cual se han listado un total de 27 especies de flora. Con respecto a la fauna, aún no se han realizado estudios. Dentro de la zona no se encuentran centros de población, sólo en la zona de influencia se ubica la cabecera municipal de Chapulhuacán, la cual, en el 2000, según el INEGI, registró una población de 3,322 habitantes.

La problemática presente en el área incluye aspectos como extracción y saqueo ilegal de especies de flora y fauna, contaminación de suelo y agua, caza furtiva, aprovechamiento ilegal de los recursos forestales no maderables, actividades de urbanización irregulares y migración de habitantes. Las instituciones que trabajan para la conservación y aprovechamiento sustentable de la zona son la Presidencia Municipal de Chapulhuacán, la Universidad Autónoma Chapingo y el Consejo Estatal de Ecología. El programa de manejo, es el único estudio que está en proceso.

## 5.1.2.5 REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

### 5.1.2.5.1 REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS

La acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que ha presentado México durante las últimas décadas requiere, con urgencia, que se fortalezcan los esfuerzos de conservación de regiones con alta biodiversidad. En este contexto, el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. Las RTP corresponden a unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por la presencia de una riqueza amplia en ecosistemas y específica y una presencia de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación. Son 152 regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México que cubren una superficie de 515,558 km<sup>2</sup> (más de la cuarta parte del territorio nacional) y que están delimitadas espacialmente en función de su correspondencia con rasgos topográficos, ecorregiones, cuencas hidrológicas, áreas naturales protegidas, tipos de sustrato y de vegetación y del área de distribución de algunas especies clave (Arriaga *et al.* 2000).

Dentro del área de estudio se encuentra la Región Terrestre Prioritaria 101 Sierra Gorda-río Moctezuma.

SIERRA GORDA-RÍO MOCTEZUMA RTP-101. Se ubica en las coordenadas extremas: latitud Norte: 20° 37' 31" a 21° 49' 09", longitud Oeste: 98° 46' 2" a 100° 01' 41", con una superficie de 8 660 km<sup>2</sup> y un valor para la conservación de 3 (mayor a 1 000 km<sup>2</sup>). La importancia de esta región radica en su alta diversidad de tipos de vegetación rica en endemismos, incluye zonas secas y húmedas cálidas y frescas cubierta en su mayoría por matorrales xerófilos y porciones de bosques de montaña, tropical caducifolio, subperennifolio y perennifolio. La riqueza biológica dentro de esta región incluye la vegetación de los cañones que forman los afluentes del Pánuco: el Amajac-Moctezuma y el Santa María-Tampaón. Hacia el norte de esta RTP se encuentra incluida la RB Sierra Gorda, ANP decretada en 1997. Se encuentran 1,710 especies de plantas vasculares en el área de Sierra Gorda, especies en peligro de extinción como *Echinocactus platyacanthus* (biznaga gigante), *Chrysanthemum parthenium* (chapote), *Persea caerulea* (aguacatillo) y *Abies mexicana* (guayame). Entre las especies amenazadas se encuentran *Magnolia grandiflora* (magnolia), *Castela coccinea* (granadillo), *Cedrela odorata* (cedro rojo) y *Cupressus lindleyi* (cedro blanco). En términos generales la zona está relativamente bien conservada, salvo los sectores más húmedos, donde la presión de la agricultura y de la ganadería es fuerte. Existe un severo impacto debido a la construcción de la presa de Zimapán. En la Sierra Gorda existe tala clandestina que genera

abatimiento y contaminación de fuentes de agua. La caza ilegal está presionando las poblaciones de especies importantes (Arriaga *et al.* 2000).

Se observa en la **Figura 12** la ubicación de las regiones prioritarias existentes en México, en la zona de estudio se encuentra en la Región centro-sur (**Figura 13**).



FIGURA 12.- Regiones terrestres prioritarias en México. (Arriaga *et al.* 2000)

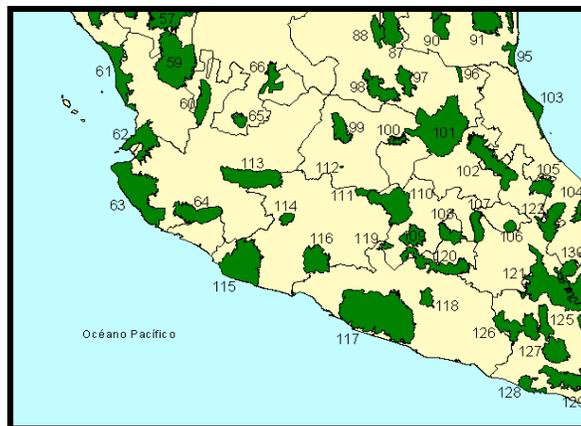


FIGURA 13.- Regiones terrestres prioritarias de México-Región centro sur (Arriaga *et al.* 2000)

### 5.1.2.5.2 REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS

Las aguas epicontinentales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo del agua y el movimiento de las especies. Estas conexiones son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, no sólo a niveles local y regional, sino nacional y global (Arriaga *et al.* 1998). México cuenta con regiones hidrológicas y para el área de estudio se encuentra la Región Hidrológica Prioritaria 75 Confluencia de las Huastecas (**Figura 15**).

75. CONFLUENCIA DE LAS HUASTECAS. Abarca los estados de Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro, con una extensión de 27 404.85 km<sup>2</sup>, entre las coordenadas latitud 22°16'48" - 20°19'48" Norte y longitud 101°21'00" - 98°01'12" Oeste. Los cuerpos de agua principales son: presa Zimapán, lagos Meztitlán y Molango. ríos Santa María, Bagres, Jalpan, de las Albercas, Naranjo, Mesillas, Tamuín o Pánuco, Grande de Meztitlán, San Pedro, Gallinas, Tampaón, Choy, Moctezuma, Ojo Frío, Tempoal o Calabazo, Tulancingo, Hondo, Amajac, del Hule, Axtla y Matlapa, arroyos, manantiales, cascadas, aguas hidrotermales. Rodeado por las sierras Alaquines, Jalpan, Tanchipa, Huayacocotla, Zimapán, los Mármoles y Pachuca. Zona característica por su origen kárstico y su inaccesibilidad; existe una gran variedad de suelos tipo Regosol, Vertisol, Litosol, Rendzina y Cambisol. Con un clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, templado subhúmedo y cálido subhúmedo con lluvias en verano y principios de otoño. Temperatura media anual de 12-26 °C. Precipitación total anual de 700-3000 mm (Arriaga *et al.* 1998).

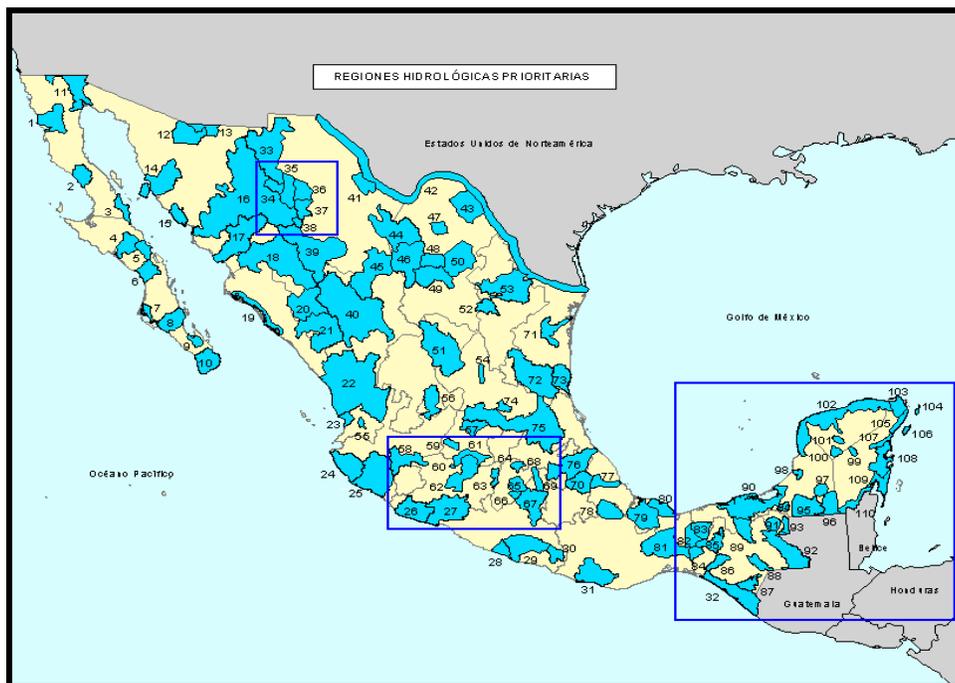


FIGURA 14. Regiones hidrológicas prioritarias en México. (Arriaga *et al.* 1998)

#### 5.1.2.6 RIQUEZA BIOLÓGICA DE LA REGIÓN

México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo, no solo por poseer un alto número de especies, sino también por su diversidad genética y de ecosistemas. Se estima que en el país se encuentra entre 10 y 12% de las especies conocidas por la ciencia. México ocupa uno de los primeros lugares en cuanto a la diversidad de plantas, anfibios y reptiles (SEMARNAT 2007).

Las geoformas del estado de Hidalgo son hábitat de importante número de especies de flora y fauna, que lo sitúan en el lugar 14 a nivel nacional en términos de su biodiversidad (Arteaga-Castillo *et al.* 2000).

Dentro de la gran riqueza biológica existen especies cuyas poblaciones se ha visto deterioradas. A pesar de que las causas de las extinciones son muy diversas, todas son producto de un solo factor: la enorme magnitud de la empresa humana. El impacto ambiental de las actividades del ser humano en los últimos siglos ha sido severo. Los problemas ambientales globales como el calentamiento de la atmósfera, el adelgazamiento de la capa de ozono, la contaminación, la destrucción de bosques y selvas, la desertificación de enormes extensiones del planeta y la pérdida de la diversidad biológica son resultado del crecimiento explosivo de la población (Ceballos y Eccardi 2003). Esto ha llevado a generar programas o estrategias orientadas a conservar y manejar las poblaciones de especies silvestres. Tal es el caso de la determinación de especies prioritarias para las que se establecen programas de manejo específicamente orientados al rescate, investigación y protección de especies importantes, por ser raras, endémicas, estar amenazadas o en peligro de extinción (SEMARNAT 2008). Para tal efecto en México existe 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.

Dicha norma cuenta con 4 categorías de riesgo, las cuales se definen de la siguiente manera:

1.- Probablemente extinta en el medio silvestre: Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano. La abreviatura manejada para esta categoría de riesgo es **E**.

2.- En peligro de extinción: Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación,

entre otros. (Esta categoría coincide parcialmente con las categorías en peligro crítico y en peligro de extinción de la clasificación de la IUCN). La abreviatura de la categoría es **P**.

3.- Amenazadas: Aquellas especies, o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones. (Esta categoría coincide parcialmente con la categoría vulnerable de la clasificación de la IUCN). La abreviatura que corresponde para identificar esta categoría de riesgo es **A**.

4.- Sujetas a protección especial: Aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. (Esta categoría puede incluir a las categorías de menor riesgo de la clasificación de las IUCN). La abreviatura para identificar esta categoría de riesgo es **Pr** (SEMARNAT 2001)

Se realizó una recopilación bibliográfica en cuanto a la presencia de flora, fauna y hongos reportados para la zona de estudio. De esta revisión bibliográfica la riqueza de flora que se tiene reportada para la región esta representada por angiospermas y gimnospermas, briofitas y pteridofitas, con un total de 11 clases, 73 órdenes, 166 familias, 487 géneros y 870 especies.

De esta riqueza las angiospermas y gimnospermas cuentan con 4 clases que son: Coniferopsida, Cycadopsida, Liliopsida y Magnoliopsida, con 55 ordenes, 125 familias, 357 géneros y 602 especies, teniendo como familias representativas: Asteraceae, Cactaceae, Compositae, Crassulaceae, Fabaceae, Leguminosae y Poaceae. Para las briofitas son 2 clases: Bryopsida y Hepaticopsida, con 11 órdenes, 26 familias, 95 géneros y 176 especies, las familias representativas son Bryaceae, Dicranaceae, Orthotrichaceae, Polytrichaceae y Pottiaceae. De pteridofitas se tienen 5 clases, las cuales son Lycopodiopsida, Polypodiopsida, Filicopsida, Equisetopsida y Psilotopsida, con 7 órdenes, 15 familias, 35 géneros y 92 especies, siendo las familias representativas: Dryopteridaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae y Selaginellaceae (Álvarez-Zuñiga 2008, CONANP 2007, Gálvez-Aguilar 2008, Marin-Rojo 2009, Meyrán 1993, Ramírez-Cruz 2008, Rívera-Macías 2007, Scheinvar 1993, Villavicencio-Nieto 1995, Villavicencio-Nieto 1998, Villavicencio-Nieto 2002, Villavicencio-Nieto 2006, COEDE 2000) (**Tabla XIV**).

TABLA XIV.- Riqueza de flora reportada para la región

CLASE Y ORDEN	FAMILIA	GENEROS	ESPECIES
<b>ANGIOSPERMAS Y GIMNOSPERMAS</b>			
CLASE: Coniferopsida	(125)		(602)
ORDEN: Coniferales	Por ejemplo:		Por ejemplo:
CLASE: Cycadopsida	Asteraceae,		<i>grandidentata,</i>
ORDEN: Cycadales	Cactaceae,	(357)	<i>lechuguilla,</i>
CLASE: Liliopsida	Compositae,	Por ejemplo:	<i>pachyrrhachis,</i>
ORDEN: Arales, Arecales, Commelinales, Liliales,	Crassulaceae,	<i>Agave,</i>	<i>zimapanica,</i>
Poales, Hydrocharitales, Najadales, Orchidales,	Fabaceae,	<i>Quercus, Rhus,</i>	<i>aschenborniana,</i>
Typhales, Cyperales	Leguminosae,	<i>Baccharis,</i>	<i>hebebotryum,</i>
CLASE: Magnoliopsida	Poaceae,	<i>Verbesina,</i>	<i>queretaroensis,</i>
ORDEN: Apiales, Aristolochiales, Asterales, Linales,	Agavaceae,	<i>Mammillaria,</i>	<i>hysterophorus,</i>
Campanulales, Capparales, Caryophyllales, Fagales,	Anacardiaceae,	<i>Opuntia,</i>	<i>vulgaris,</i>
Celastrales, Cornales, Dipsacales, Ebenales, Ericales,	Pinaceae,	<i>Sedum, Salvia,</i>	<i>corynephyllum,</i>
Euphorbiales, Fabales, Gentianales, Geraniales,	Asclepiadaceae,	<i>Mimosa,</i>	<i>sanguinolenta,</i>
Violales, Hamamelidales, Juglandales, Lamiales,	Euphorbiaceae,	<i>Acacia, Pinus,</i>	<i>melanosticta,</i>
Laurales, Umbellales, Magnoliales, Malvales,	Lamiaceae,	<i>Smilax</i>	<i>potosina,</i>
Myricales, Myrtales, Papaverales, Piperales,	Liliaceae,		<i>inconspicua,</i>
Polygalales, Primulales, Ranunculales, Rhamnales,	Mimosaceae,		<i>moctezumae,</i>
Rosales, Rubiales, Salicales, Santalales, Sapindales,	Solanaceae,		<i>achyeanthifolia</i>
Scrophulariales, Solanales, Theales, Urticales	Verbenaceae		
<b>BRIOFITAS</b>			
CLASE: Bryopsida	(26)	(95)	(176)
ORDEN: Bryales, Dicranales, Grimmiales,	Por ejemplo:	Por ejemplo:	Por ejemplo:
Fissidentales, Hypnales, Leucodontales,	Bryaceae,	<i>Brachythecium,</i>	<i>halleri,</i>
Orthotrichales, Polytrichales, Pottiales	Dicranaceae,	<i>Bryum,</i>	<i>conostomun,</i>
CLASE: Hepaticopsida	Orthotrichaceae,	<i>Cryphaea,</i>	<i>canariense,</i>
ORDEN: Jungermanniales, Marchantiales	Polytrichaceae,	<i>Entodon,</i>	<i>patens,</i>
	Pottiaceae;	<i>Orthotrichu,</i>	<i>schleicheri,</i>
		<i>Zygodon</i>	<i>obtusifolus</i>
<b>PTERIDOFITAS</b>			
CLASE: Lycopodiopsida			
ORDEN: Selaginellales			
CLASE: Polypodiopsida			
ORDEN: Filicales, Schizaeales, Polypodiales	(15)	(35)	(92)
	Por ejemplo:	Por ejemplo:	Por ejemplo:
CLASE: Filicopsida	Dryopteridaceae,	<i>Polypodium,</i>	<i>lepidotrichum,</i>
ORDEN: Aspidiales	Polypodiaceae,	<i>Notholaena,</i>	<i>galeottii,</i>
CLASE: Equisetopsida	Pteridaceae,	<i>Selaginella,</i>	<i>pulcherrima,</i>
ORDEN: Equisetales	Selaginellaceae	<i>Thelypteris,</i>	<i>pilosula,</i>
		<i>Diplazium</i>	<i>franconis</i>
CLASE: Psilotopsida			
ORDEN: Ophioglossales			

Elaboración propia basada en: Álvarez-Zúñiga 2008, CONANP 2007, Gálvez-Aguilar 2008, Marín-Rojo 2009, Meyrán 1993, Ramírez-Cruz 2008, Rivera-Macías 2007, Scheinvar 1993, Villavicencio-Nieto 1995, Villavicencio-Nieto 1998, Villavicencio-Nieto 2002, Villavicencio-Nieto 2006, COEDE

Dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 se encuentran 14 especies de angiospermas y gimnospermas siendo 9 de ellas endémicas, de las 14 especies, 5 están en la categoría sujetas a protección especial, 5 en la categoría amenazadas y 1 en la categoría en peligro de extinción; para las pteridofitas 1 especie se encuentra dentro de la norma en la categoría en peligro de extinción (**Tabla XV**). En la **Figura 15** se observan imágenes de algunas de las especies encontradas en alguna categoría de riesgo de la NOM.

TABLA.-XV Especies de flora reportadas para el área de estudio dentro de una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001

<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>NOM-059-SEMARNAT-2001</b>
<b>ANGIOSPERMAS Y GIMNOSPERMAS</b>			
Aceraceae	<i>Hacer</i>	<i>negundo</i>	Pr (endémica)
Cactaceae	<i>Aporocactus</i>	<i>flagelliformis</i>	Pr (endémica)
Cactaceae	<i>Astrophytum</i>	<i>ornatum</i>	A (endémica)
Cactaceae	<i>Echinocactus</i>	<i>platyacanthus</i>	Pr
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>crinita</i>	Pr
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>longimamma</i>	A (endémica)
Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>parkinsonii</i>	Pr (endémica)
Lauraceae	<i>Litsea</i>	<i>glaucescens</i>	P
Magnoliaceae	<i>Magnolia</i>	<i>dealbata</i>	P
Nolinaceae	<i>Dasyllirion</i>	<i>acrotriche</i>	A (endémica)
Orchidaceae	<i>Laelia</i>	<i>anceps</i>	P (endémica)
Tiliaceae	<i>Tilia</i>	<i>mexicana</i>	P
Zamiaceae	<i>Ceratozamia</i>	<i>mexicana</i>	A (endémica)
Zamiaceae	<i>Zamia</i>	<i>fischeri</i>	A (endémica)
<b>PTERIDOFITAS</b>			
Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>mexicana</i>	P

Elaboración propia basada en ( SEMARNAT 2001)



Figura 15. Especies dentro de una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001

Respecto a la riqueza de fauna reportada para la región representada por anfibios y reptiles, aves, insectos, mamíferos, nematodos, peces y crustáceos, con un total 10 clases, 29 ordenes, 82 familias, 237 géneros y 390 especies.

De las cuales para anfibios y reptiles corresponden las respectivas 2 clases Amphibia y Reptilia, con 4 órdenes, 17 familias, 36 géneros y 49 especies, siendo las familias representativas Anguidae, Colubridae, Leptodactylidae, Phrynosomatidae y Scincidae. Para aves es la clase Aves, con 7 órdenes, 23 familias, 72 géneros y 133 especies, teniendo como familias representativas a Emberizidae, Muscicapidae, Thochilidae y Tyrannidae. Los insectos cuentan con la clase Insecta, que cuenta con 3 órdenes, 9 familias, 67 géneros y 117 especies, las familias representativas son Arctiidae, Saturniidae y Scarabaeidae. De mamíferos se tienen la clase Mammalia, contando con 4 órdenes, 11 familias, 35 géneros y 60 especies, con las familias representativas Muridae, Phyllostomidae, Sciuridae y Vespertilionidae. Para nematodos son 3 clases: Oligochaeta, Secernentea y Trematoda, con 6 órdenes, 11 familias, 13 géneros y 16 especies, con Physalopteridae como familia representativa. Los peces cuentan con la clase Actinopterygii, con 4 órdenes, 7 familias, 11 géneros y 11 especies, teniendo como familias representativas Centrarchidae, Cichlidae y Goodeidae. Finalmente, los crustáceos con la clase Decapoda, la cual cuenta con 1 orden, 4 familias, 3 géneros y 4 especies, siendo la familia representativa Palaemonidae (CONANP 2007, Delgado *et al* 2006, García-Aldrete 1993, Ibañez-Bernal 1993, Lamothe-Argumedo *et al* 1996, Martínez-Morales *et al* 2007, Rivera-Macías 2007, Soria-Barreto 1996, Terrón-Sierra 1993, COEDE 2000) (**Tabla XVI**).

TABLA XVI.- Riqueza de fauna reportada para la región

CLASE Y ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
<b>ANFIBIOS Y REPTILES</b>			
CLASE: Amphibia	(17)	(36)	(49)
ORDEN: Anura, Caudata	Por ejemplo:	Por ejemplo:	Por ejemplo:
CLASE: Reptilia	Anguidae, Colubridae,	<i>Gerrhonotus, Bufo,</i>	<i>liocephalus</i>
ORDEN: Squamata, Testudines	Leptodactylidae, Phrynosomatidae, Scincidae;	<i>Crotalus, Leptodactylus,</i> <i>Sceloporus, Eumeces</i>	<i>punctatus,</i> <i>grammicus,</i>
<b>AVES</b>			
CLASE: Aves	(23)	(72)	(133)
ORDEN: Apodiformes, Caprimulgiformes, Columbiformes, Falconiformes, Passeriformes, Piciformes, Trogoniformes	Por ejemplo: Emberizidae, Muscicapidae, Thochilidae y Tyrannidae	Por ejemplo: <i>Aeronautes, Buteo, Vireo,</i> <i>Nyctidromus, Cardinalis,</i> <i>Clavaria, Icterus,</i> <i>Dendroica</i>	Por ejemplo: <i>Brachyurus, belli,</i> <i>cardinales, grayi,</i> <i>elegantissima,</i> <i>huttoni</i>
<b>INSECTOS</b>			
CLASE: Insecta	(9)	(67)	(117)
ORDEN: Diptera, Lepidoptera, Coleoptera	Por ejemplo: Arctiidae, Saturniidae, Trogidae Scarabaeidae, Culicidae, Geotrupidae, Passalidae, Sphingidae, Zygaenidae	Por ejemplo: <i>Dysschema, Syssphinx,</i> <i>Ataenius, Phanaeus,</i> <i>Phyllophaga, Diplotaxis,</i> <i>Cyclocephala, Agrilinus</i>	Por ejemplo: <i>Schausi, cerealia,</i> <i>montezuma, molina,</i> <i>opatrinus, genieri,</i> <i>atrata, Jacala,</i> <i>stictica,</i>
<b>MAMIFEROS</b>			
CLASE: Mammalia	(11)	(35)	(60)
ORDEN: Chiroptera, Didelphimorphia, Insectivora, Rodentia	Por ejemplo: Muridae, Phyllostomidae, Sciuridae, Vespertilionidae	Por ejemplo: <i>Didelphis, Peromyscus,</i> <i>Myotis, Oryzomys,</i> <i>Peromyscus, Sciurus</i>	Por ejemplo: <i>marsupialis, couesi,</i> <i>truei, nivalis, parva</i>
<b>NEMATODOS</b>			
CLASE: Oligochaeta	(11)	(13)	(16)
ORDEN: Pharyngobdellida	Por ejemplo:	Por ejemplo:	Por ejemplo:
CLASE: Secernentea	Physalopteridae, Thelaziidae,	Oxyspirura, Erpobdella,	mansoni, punctata,
ORDEN: Spirurida, Ascaridida, Camallanida	Erpobdellidae, Polystomatidae, Ascarididae, Camallanidae, Oxyuridae, Plagiorchiidae,	Polystomoidella, Toxascaris, Physaloptera, Camallanus, Renifer, Ochetosoma,	whartoni, turgida, grandispinus, tentaculata, nuda,
CLASE: Trematoda	Habronematidae, Kathlaniidae, Onchocercidae	Habronema, Cruzia, Aproctella, Turgida	maxillaris, parvus
ORDEN: Polyopisthocotylea, Plagiorchiida			

Elaboración propia basada en: (CONANP 2007, Delgado *et al* 2006, García-Aldrete 1993, Ibañez-Bernal 1993, Lamothe-Argumedo *et al* 1996, Martínez-Morales *et al* 2007, Rivera-Macías 2007, Soria-Barreto 1996, Terrón-Sierra 1993, COEDE 2000)

Continuación TABLA XVI.

	FAMILIA	GENERO	ESPECIES
<b>PECES</b>			
CLASE: Actinopterygii	(7)	(11)	(11) Por ejemplo
ORDEN: Cypriniformes, Cyprinodontiformes, Atheriniformes, Perciformes	Centrarchidae, Cichlidae Goodeidae; Atherinidae, Cyprinidae, Ictaluridae, Poecilidae	<i>Chirostoma, Cyprinus, Goodea, Heterandria, Micropterus, Ictalurus, Lepomis, Cichlasoma, Oreochromis, Poecilia, Algansea,</i>	<i>jordani, bimaculata, salmoides, macrochirus, cyanoguttatum, mossambicus, tincella, carpio, gracilis, mexicana, mexicanus</i>
<b>CRUSTACEOS</b>			
CLASE: Crustacea	(3)	(3)	(4)
ORDEN: Decapoda	Atyidae, Palaemonidae, Cambaridae	<i>Macrobrachium, Procambarus, Atya</i>	<i>heterochirus, scabra, ortmannii, carcinus</i>

La NOM-059-SEMARNAT-2001 tiene dentro de alguna de sus categorías a 15 especies de anfibios y reptiles siendo 9 de ellas endémicas, de las 15 especies 10 están en la categoría de sujetas a protección especial y 5 en amenazadas; 14 especies de aves siendo todas endémicas, de estas 14 especies 9 tienen la categoría de sujetas a protección especial, 3 en la categoría probablemente extinta en el medio silvestre y 2 en peligro de extinción; 11 especies de mamíferos de las cuales 9 son endémicas, 6 de las 11 especies están en la categoría sujetas a protección especial y 5 en la categoría amenazadas; y 1 especie de peces la cual es endémica y esta dentro de la categoría sujeta a protección especial (**Tabla XVII**). Imágenes de algunas especies en la NOM (**Figura 16**).

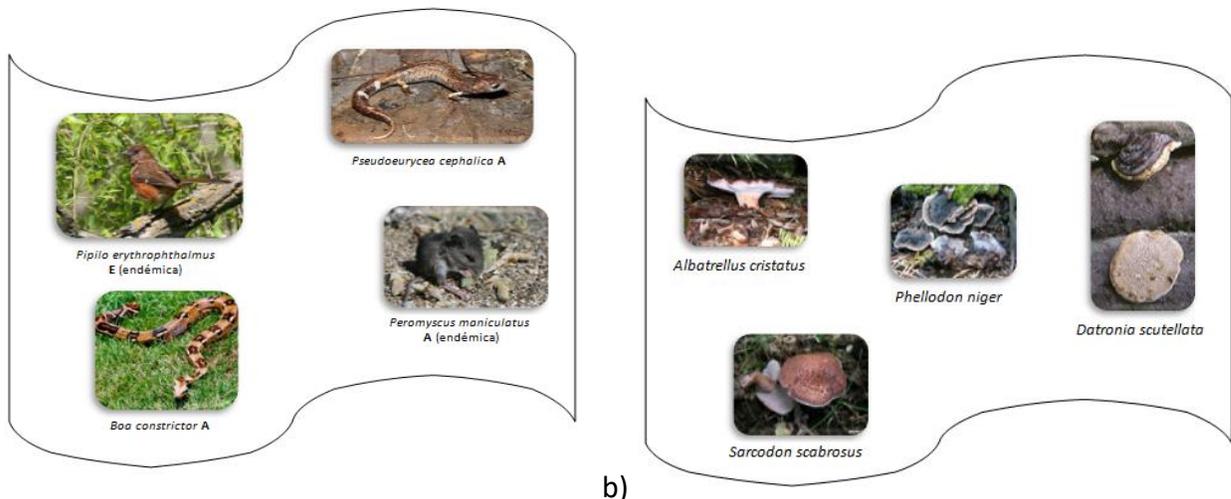
TABLA.-XVII Especies de fauna reportadas para el área de estudio que están dentro de una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001

Familia	Genero	Especie	NOM-059-SEMARNAT-2001
<b>ANFIBIOS Y REPTILES</b>			
Anguidae	<i>Gerrhonotus</i>	<i>liocephalus</i>	Pr
Boidae	<i>Boa</i>	<i>constrictor</i>	A
Colubridae	<i>Pituophis</i>	<i>deppei</i>	A (endémica)
Colubridae	<i>Geophis</i>	<i>latifrontalis</i>	Pr (endémica)
Colubridae	<i>Thamnophis</i>	<i>cyrtopsis</i>	A
Dibamidae	<i>Anelytropsis</i>	<i>papillosus</i>	Pr (endémica)
Kinosternidae	<i>Kinosternon</i>	<i>scorpioides</i>	Pr
Plethodontidae	<i>Pseudoeurycea</i>	<i>cephalica</i>	A
Plethodontidae	<i>Chiropterotriton</i>	<i>chondrostega</i>	Pr (endémica)
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus</i>	<i>grammicus</i>	Pr
Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma</i>	<i>orbiculare</i>	A (endémica)

Continuación de la TABLA.-XVII

<b>Familia</b>	<b>Genero</b>	<b>Especie</b>	<b>NOM-059-SEMARNAT-2001</b>
Ranidae	<i>Rana</i>	<i>pustulosa</i>	Pr (endémica)
Scincidae	<i>Scincella</i>	<i>gemmingeri</i>	Pr (endémica)
Scincidae	<i>Eumeces</i>	<i>lynxe</i>	Pr (endémica)
Xantusiidae	<i>Lepidophyma</i>	<i>gaigeae</i>	Pr (endémica)
<b>AVES</b>			
Emberizidae	<i>Junco</i>	<i>phaeonotus</i>	Pr (endémica)
Emberizidae	<i>Pipilo</i>	<i>erythrophthalmus</i>	E (endémica)
Emberizidae	<i>Cardinalis</i>	<i>cardinalis</i>	Pr (endémica)
Fringillidae	<i>Carpodacus</i>	<i>mexicanus</i>	P (endémica)
Mimidae	<i>Melanotis</i>	<i>caerulescens</i>	Pr (endémica)
Picidae	<i>Melanerpes</i>	<i>formicivorus</i>	Pr (endémica)
Picidae	<i>Colaptes</i>	<i>auratus</i>	E (endémica)
Regulidae	<i>Regulus</i>	<i>calendula</i>	P (endémica)
Trochilidae	<i>Cyananthus</i>	<i>latirostris</i>	Pr (endémica)
Troglodytidae	<i>Troglodytes</i>	<i>aedon</i>	Pr (endémica)
Troglodytidae	<i>Thryomanes</i>	<i>bewickii</i>	E (endémica)
Tyrannidae	<i>Pachyramphus</i>	<i>major</i>	Pr (endémica)
Vireonidae	<i>Vireo</i>	<i>gilvus</i>	Pr (endémica)
Vireonidae	<i>Vireo</i>	<i>huttoni</i>	Pr (endémica)
<b>MAMIFEROS</b>			
Leporidae	<i>Lepus</i>	<i>californicus</i>	Pr (endémica)
Muridae	<i>Microtus</i>	<i>quasiater</i>	Pr (endémica)
Muridae	<i>Peromyscus</i>	<i>maniculatus</i>	A (endémica)
Muridae	<i>Neotoma</i>	<i>albigula</i>	A (endémica)
Phyllostomidae	<i>Choeronycteris</i>	<i>mexicana</i>	A
Phyllostomidae	<i>Leptonycteris</i>	<i>curasoae</i>	A
Phyllostomidae	<i>Leptonycteris</i>	<i>nivalis</i>	A
Soricidae	<i>Sorex</i>	<i>saussurei</i>	Pr (endémica)
Soricidae	<i>Cryptotis</i>	<i>parva</i>	Pr (endémica)
Soricidae	<i>Cryptotis</i>	<i>mexicana</i>	Pr (endémica)
Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>oculatus</i>	Pr (endémica)
<b>PECES</b>			
Ictaluridae	<i>Ictalurus</i>	<i>mexicanus</i>	Pr (endémica)

Elaboración propia basada en: (SEMARNAT 2001)



a) b)  
 Figura 16.a) Especies de fauna dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001. b) Especies de hongos reportadas para la región

Para hongos se tienen reportadas la clase Heterobasidiomycetes que tiene al orden Aphylophorales y la clase Holobasidiomycetes con el orden Uredinales, de estas clases y órdenes se tienen 5 familias, 11 géneros y 14 especies reportadas para la región. La familia Albatrellaceae cuenta con una especie; Hydnaceae con dos especies; Polyporaceae con nueve especies; Pucciniaceae con una especie y Thelephoraceae con una especie (COEDE 2000) (Tabla XVIII).

De la revisión que se realizó a la NOM-059-SEMARNAT-2001 no se encontró ninguna de estas especies en alguna de sus categorías de riesgo.

TABLA XVIII.- Riqueza de hongos reportada para la región

HONGOS			
	FAMILIA	GENERO (11)	ESPECIES (14)
CLASE: Heterobasidiomycetes	(5)		
ORDEN: Aphylophorales	Albatrellaceae,	<i>Albatrellus, Bjerkandera,</i>	<i>cristatus scabripes,</i>
CLASE: Holobasidiomycetes	Hydnaceae,	<i>Corioloopsis, Datronia,</i>	<i>scabrosus, arcularius,</i>
	Polyporaceae,	<i>Gloeophyllum, Phellodon,</i>	<i>unicolor, versicolor,</i>
	Pucciniaceae,	<i>Polyporus, Puccinia,</i>	<i>adusta, byrsina, caperata,</i>
ORDEN: Uredinales	Thelephoraceae	<i>Sarcodon, Spongipellis,</i>	<i>scutellata, mexicanum,</i>
		<i>Trametes</i>	<i>mollis, noccae, niger</i>

Elaboración propia basada en: (COEDE 2000)

## 5.2 MEDIO SOCIOECONÓMICO

### 5.2.1 POBLACIÓN

Hidalgo cuenta con 84 municipios de los cuales 9 forman parte del área de estudio. Representando el 6.80 % de la población estatal y el 16.01 % de la extensión estatal. El total de población es de 152,182 habitantes, y 3,296 km<sup>2</sup> de extensión territorial, el municipio con mayor población es Zimapán, seguido de Tecozautla, Pisaflores y al final el municipio de Pacula, en cuanto a la extensión territorial el más grande es Zimapán, seguido de Tecozautla, Pacula y el más pequeño es Pisaflores. (Tabla XIX)

TABLA XIX. Población y extensión territorial de cada municipio del área de estudio

MUNICIPIO	POBLACIÓN	EXTENSIÓN	% POBLACIÓN ESTATAL	% TERRITORIO ESTATAL
18	20,577	239	0.92	1.14
31	12,057	347	0.54	1.66
40	10,096	180	0.45	0.86
43	6,202	393	0.28	1.88
47	4,522	429	0.20	2.05
49	17,214	159	0.77	0.76
58	15,429	167	0.69	0.79
59	31,609	576	1.41	2.75
84	34,476	806	1.54	3.85
<b>TOTAL</b>	<b>152,182</b>	<b>3,296</b>	<b>6.80</b>	<b>15.74</b>

(INEGI 2005)

### 5.2.2 CLASIFICACIÓN Y USO DE SUELO

Los diferentes tipos de suelos presentes en el área de estudio tienen alto contenido de carbonatos, derivados de calizas por la acción de la precipitación y la temperatura. Por lo que su presencia y desarrollo está condicionada por el material parental y el clima. Las diferentes asociaciones vegetales (Bosque mesofilo de montaña, bosques de encino, de pino y de oyamel, así como selvas y pastizales, etc.) los proveen de grandes cantidades de materia orgánica en forma de humus, por esta circunstancia los suelos en su mayoría son de colores oscuros, destacándose por orden de abundancia las Rendzinas, Los litosoles y los Feozem (INEGI 1992).

### 5.2.2.1 USO AGRÍCOLA

Debido a sus condiciones climáticas y topográficas, México cuenta con una superficie relativamente reducida de terrenos aptos para una explotación agrícola que resulte redituable en términos de la economía del país (Rzedowski 2005).

Las posibilidades de utilización agrícola de la tierra en el Carso Huasteco son pocas, debido a que esta región está ocupada principalmente por grandes áreas montañosas caracterizadas por pendientes abruptas, poco espesor de suelo y bastantes rocas aflorando, lo que impide en grandes áreas el desarrollo de la actividad agrícola (INEGI 1992). La **figura 17** nos muestra el uso potencial de la tierra para la entidad.



FIGURA 17.- Uso potencial de la tierra en Hidalgo. (INEGI 2005)

### 5.2.2.2 USO FORESTAL

La superficie con recursos forestales, susceptible de explotarse en el Carso Huasteco es de 7,682.79 kilómetros cuadrados (INEGI 1992).

### 5.2.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA

La ocupación en Hidalgo es preferentemente agropecuaria; 61.3% de la población económicamente activa total se dedica a estas actividades. La industria tiene 15.8% del total de los trabajadores; de esta cifra, poco más de la mitad se concentra en actividades mineras y en la

construcción de equipo y material de transporte. El comercio brinda oportunidades de empleo a 5.7% del total de los trabajadores; los servicios, a 11.6% y las actividades no específicas, a 5.6%. El 18% de la superficie de la entidad está cubierta por pastizales donde se desarrolla una ganadería extensiva de bovinos, caprinos y ovinos. En las zonas de temporal, que abarcan una superficie de 328,548 ha, el maíz es el principal cultivo. En el estado hay cinco plantas beneficiadoras de minerales metálicos: una en Pachuca, tres en Zimapán y otra en el municipio de Lolotla.

En la zona de estudio son escasas las oportunidades de trabajo, la presa Zimapán es importante ya que se desarrolla la pesquería que ha sido benéfica para los habitantes de las comunidades ribereñas que encontraron una alternativa de empleo y una fuente de alimento. Un problema muy marcado en la región es la migración para todos los municipios.

En cuanto a la ganadería está presente en la región ya que es muy común ver en las viviendas de los lugareños corrales de traspatio los cuales tienen bajo número de cabezas y son utilizadas para autoconsumo y poco comercio. La agricultura es de temporal siendo principalmente el cultivo de maíz y frijol, aunque en algunos lugares es propio el cultivo de calabazas y árboles frutales.

#### 5.2.4 SERVICIOS

La zona de estudio comprende municipios que están en una situación un tanto de abandono, se cuenta con los servicios de electricidad, agua y drenaje, en su mayoría sólo en la cabecera municipal y en las localidades ubicadas cerca de ésta. Mientras en el resto de las comunidades se carece de los servicios, tomando agua directamente de los cuerpos de agua cercanos o la tienen que comprar, lo que los hace usarla y reciclarla, la basura la tiran o la queman y cuentan con fosas sépticas.

#### 5.2.5 VÍAS DE COMUNICACIÓN

Hidalgo cuenta con 2,157 km de carreteras pavimentadas, 3,944 km de revestida y 162 km de terracería, dando un total de 6,263 km y una longitud de 29.96 km por cada 100 km<sup>2</sup> de superficie. La carretera federal No. 85 pasa por el estado y une al oriente de éste con la parte septentrional y central del país. Penetra por Tizayuca y llega a Pachuca, pasando gran parte del Valle del Mezquital pasando por Actopan, Ixmiquilpan, Tasquillo, Zimapán y Jacala, saliendo del estado por Tamazunchale, San Luis Potosí (**Figura 18**).

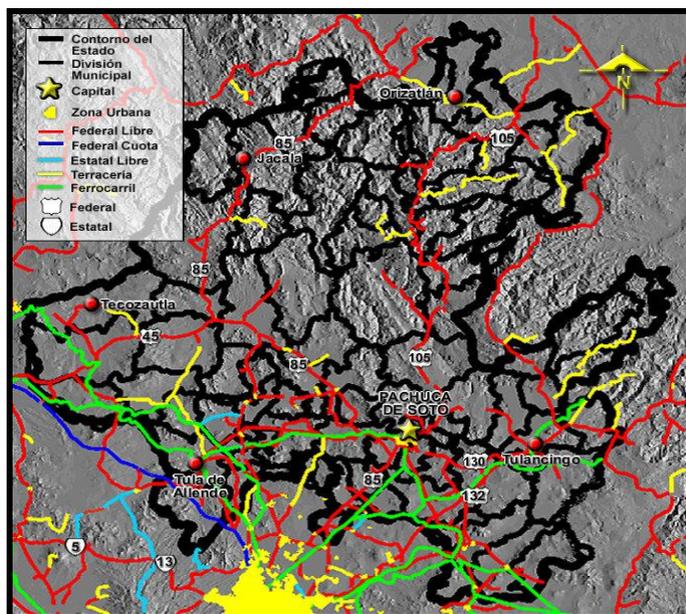


FIGURA 18.- Carreteras presentes en el Estado (INEGI 2005)

**RESULTADOS DE LAS**  
**FUENTES DE**  
**CONTAMINACIÓN EN AIRE,**  
**AGUA Y SUELO**

## 6 RESULTADOS DE LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN AIRE, AGUA Y SUELO

Para la región se encontraron las siguientes fuentes de contaminación que se obtuvieron de la búsqueda realizada en diferentes fuentes (COPARMEX 2005, INEGI 2007, CANACINTRA 2005, SAGARPA 2008) de las cuales solo se presentan las pertenecientes a los protocolos de la técnica empleada en el trabajo, siendo un total de 105 (**Tabla XX**), de las cuales 90 son del sector 11 Producción Agropecuaria subsector 1110a, 1110b, 1110c, 111d Corral de engorde para reses, cerdos, pollos y corderos respectivamente, 3 del sector 31 Producción de Alimentos subsector 31111a Mataderos y 12 del sector 36 Industria de minerales no metálicos. El municipio con mayor número de fuentes es Zimapán con 20, seguido de Tasquillo con 19, Pisaflores con 18, después Chapulhuacán con 17, Tecozautla con 14, La Misión con 9, Pacula con 5, Jacala con 2 y finalmente Nicolás Flores con 1. Estas fuentes se georeferenciaron para su localización (**Figura 19**).

TABLA XX.- Número de industrias presentes en cada uno de los municipios de la zona de estudio

Municipio	SECTORES INDUSTRIALES										TOTAL
	11	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
<b>18</b>	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
<b>31</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>40</b>	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<b>43</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>47</b>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>49</b>	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
<b>58</b>	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
<b>59</b>	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<b>84</b>	7	1	0	0	0	0	12	0	0	0	20
<b>TOTAL</b>	90	3	0	0	0	0	12	0	0	0	105

(CANACINTRA 2005, COPARMEX 2005 e INEGI 2005)

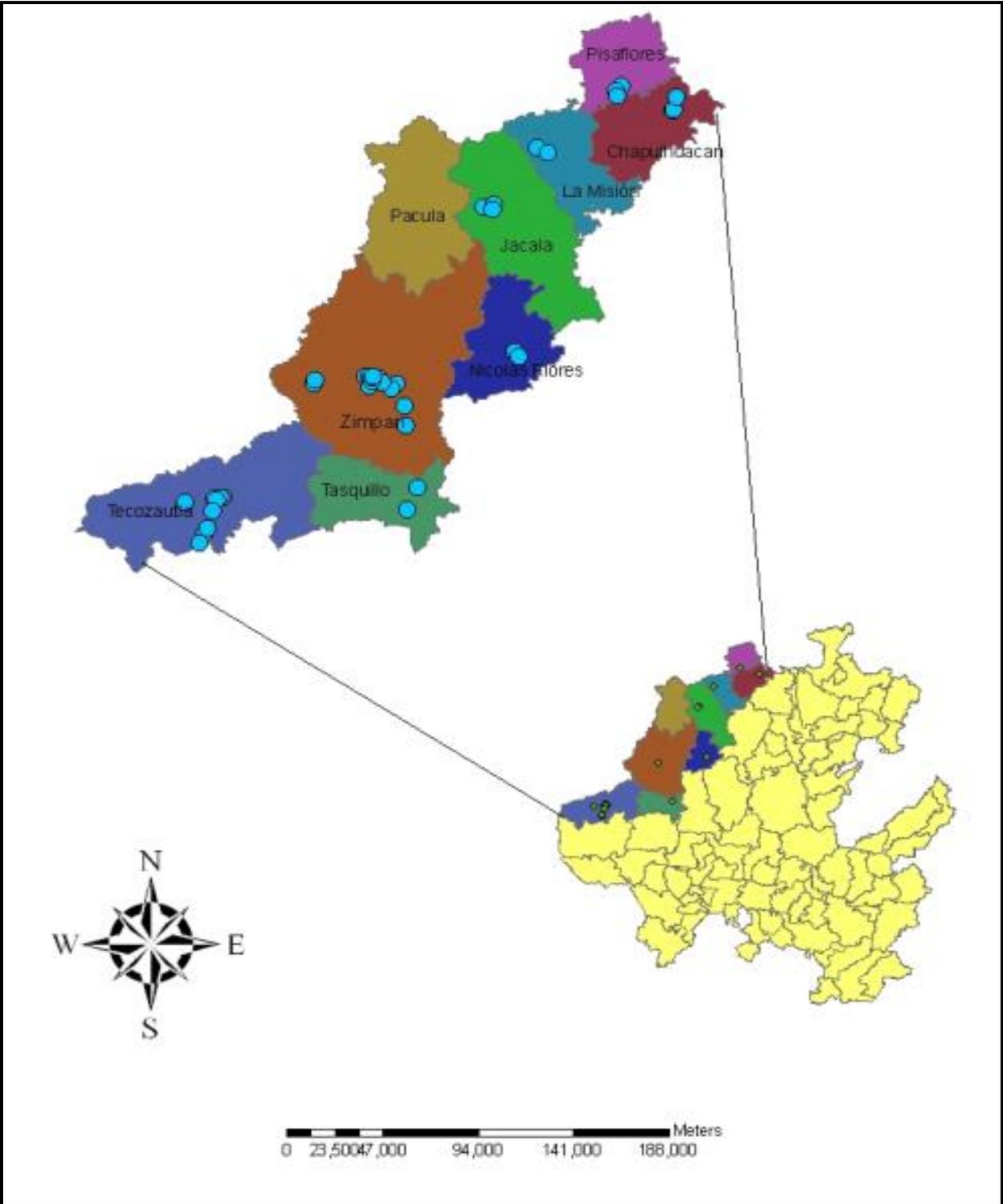


FIGURA 19.-Georreferenciación de las fuentes contaminantes, presentes en cada uno de los municipios que forma parte del área de estudio



Quema de basura a cielo abierto en Pisaflores



Quema de basura en La Misión

# **EMISIONES DE** **CONTAMINACIÓN AL AIRE**



Molino de mármol, Zimapán

## 6.1 EMISIONES DE CONTAMINACIÓN AL AIRE

Las fuentes emisoras de contaminantes que se utilizaron para el desarrollo del estudio fueron las fuentes móviles y fijas, de las cuales se midieron los siguientes contaminantes: partículas suspendidas totales (PST), bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO). Dentro de las fuentes móviles encontramos a los automotores dividiéndolos en los que utilizan como combustible gasolina o diesel, y para las fuentes fijas se encuentran los molinos de mineral no metálico (mármol) en uno de los municipios georeferenciando su ubicación (**Figura 20**).

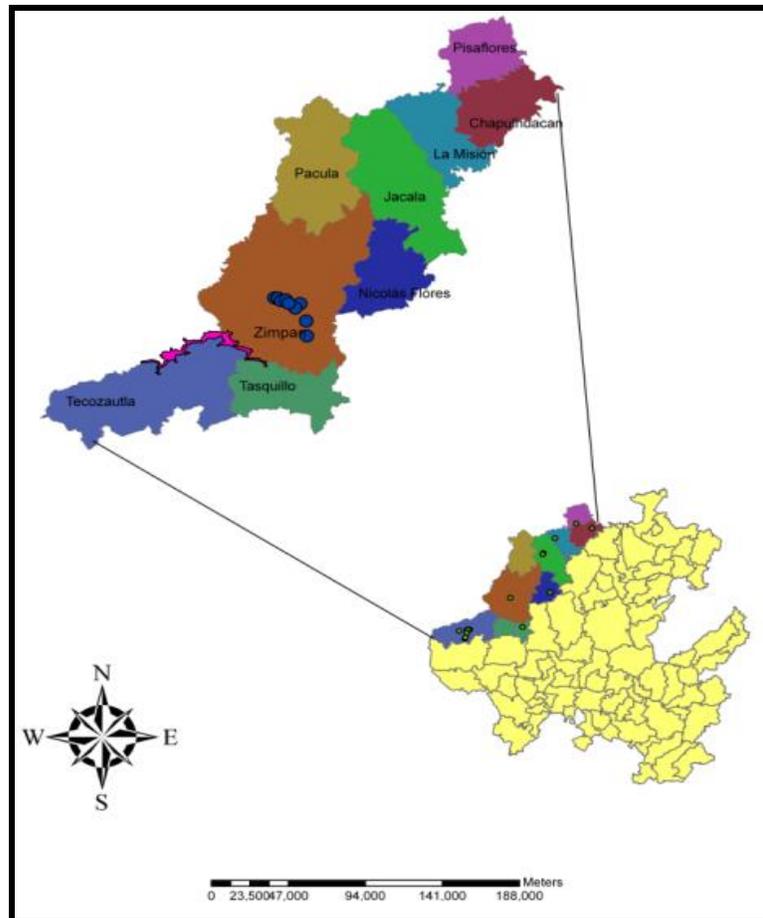


FIGURA 20.- Georeferenciación de las fuentes contaminantes para aire.

Para obtener los resultados, en las fuentes móviles se basó en la cantidad de automotores registrados en la región y para las fuentes fijas se visitaron las industrias y se entrevistaba a los encargados para conocer los datos en cuanto a la producción de cada una de ellas.

### 6.1.1 EMISIONES AL AIRE PROVENIENTES DE FUENTES DE COMBUSTIÓN MÓVILES

Los resultados se realizaron con datos obtenidos del INEGI acerca del número de automotores registrados en cada uno de los municipios del área de estudio hasta el año 2007, separándolos en los que trabajan con gasolina o diesel, se obtuvieron un total de 34,533 automotores para toda la región de los cuales 11,584 utilizan gasolina y 22,949 utilizan diesel. El municipio con mayor cantidad de registros es Zimapán con 12,921 automotores, seguido de Tecozautla con 8,219 automotores y el municipio de menor número de automotores registrados es Pisaflores con 481, se registro la existencia de gasolineras en los municipios de la zona de estudio (**Tabla XXI**).

Para obtener los resultados la técnica utiliza dos métodos el Europeo y el Americano. El primero se basa en la cantidad de combustible utilizado por los automotores, para ello se necesita conocer la cantidad de litros de combustible utilizado en cada municipio ya sea gasolina o diesel, multiplicando la cantidad de combustible por la densidad de cada uno de ellos. Y el segundo consiste en la cantidad de kilómetros recorridos por automotor, conociendo el número de automotores registrados en cada uno de los municipios y se multiplica por los kilómetros recorridos al año por automotor, en este caso se consideraron 15,000 km/año.

Se utilizó el método Americano ya que se conoce la cantidad de automotores registrados para la región, y para la aplicación del método Europeo se necesitaba conocer el total de combustible utilizado y no se consiguieron los datos necesarios debido a que no fue proporcionada la información de las gasolineras de los municipios en cuanto a la venta del combustible y no en todos los municipios existen gasolineras (**Tabla XXI**).

TABLA XXI.- Automotores registrados en los municipios del área de estudio

<b>AUTOMOTORES REGISTRADOS</b>				
<b>Clave Municipio</b>	<b>Número de gasolineras</b>	<b>Automotores que usan gasolina</b>	<b>Automotores que usan diesel</b>	<b>Total de automotores</b>
018	0	354	827	1,181
031	1	1,000	1,891	2,891
040	0	173	911	1,084
043	0	201	538	739
047	0	134	959	1,093
049	0	118	363	481
058	2	2,114	3,810	5,924
059	4	2,222	5,997	8,219
084	4	5,268	7,653	12,921
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>11,584</b>	<b>22,949</b>	<b>34,533</b>

(INEGI 2007)

Al encontrarse los municipios muy adentrados a la Sierra es el motivo por el cual no existen unidades de abastecimiento de combustible y la población tiene que ir a los municipios más grandes para abastecerse y algunos compran para vender en sus domicilios.

Obtenidos los datos necesarios se realizaron los cálculos correspondientes que la técnica marca. De la contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina por municipio y tipo de contaminante, se encontró que emiten 9,458.40 ton/año de contaminantes, de esta cantidad el municipio que registra más es Zimapán con 3,913.98 ton/año, seguido de Tecozautla con 2,501.66 ton/año y Pisaflores el de menor cantidad con 87.80 ton/año. El contaminante emitido representativo es CO con 6,938.80 ton/año y el de menor cantidad es SO<sub>2</sub> con 13.87 ton/año (**Tabla XXII**).

TABLA XXII.- Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina por municipio y tipo de contaminante

Clave Municipio	TIPO DE CONTAMINANTE (ton/año)					
	PST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	CO	TOTAL
018	1.75	0.42	16.86	32.07	211.57	262.67
031	4.95	1.20	48.00	90.00	600.00	744.15
040	0.86	0.21	8.32	15.6	104.00	128.99
043	1.00	0.24	9.66	18.12	120.80	149.82
047	0.66	0.16	6.43	12.06	80.40	99.71
049	0.58	0.14	5.66	10.62	70.80	87.80
058	10.45	2.53	101.07	190.07	1,265.50	1,569.62
059	10.98	2.66	106.28	1,051.30	1,330.40	2,501.66
084	25.15	6.31	252.12	475.10	3,155.30	3,913.98
<b>TOTAL</b>	<b>56.38</b>	<b>13.87</b>	<b>554.40</b>	<b>1,894.90</b>	<b>6,938.80</b>	<b>9,458.40</b>

De la misma manera se muestra la contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de diesel por municipio y tipo de contaminante, siendo el total de estas emisiones contaminantes 13,100.76 ton/año. Siendo el municipio de Zimapán quien presenta el mayor número de emisiones con 4,368.10 ton/año, después Tecozautla con 3,423.00 ton/año y siendo el de menor cantidad de emisiones Pisaflores con 207.41 ton/año. En cuanto a los contaminantes el de mayor emisión es NO<sub>x</sub> con 7,230.33 ton/año, después CO con 4,372.62 ton/año y PST con 258.30 ton/año es el de menor cantidad de emisiones (**Tabla XXIII**).

TABLA XXIII.- Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor de diesel por municipio y tipo de contaminante

Clave municipio	TIPO DE CONTAMINANTE (ton/año)					
	PST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	CO	TOTAL
018	9.31	18.62	260.61	26.06	157.61	472.21
031	21.28	42.56	595.77	59.58	360.30	1,079.50
040	10.25	20.51	287.10	28.71	173.61	520.18
043	6.10	12.15	170.10	17.01	102.87	308.23
047	10.80	21.59	302.19	30.22	182.75	547.55
049	4.10	8.18	114.45	11.46	69.22	207.41
058	42.86	85.73	1,200.20	120.02	725.81	2,174.60
059	67.47	134.90	1,889.20	188.92	1,142.50	3,423.00
084	86.10	172.20	2,410.80	241.08	1,458.00	4,368.10
<b>TOTAL</b>	<b>258.30</b>	<b>516.48</b>	<b>7,230.33</b>	<b>723.06</b>	<b>4,372.62</b>	<b>13,100.76</b>

Con el análisis de las tablas anteriores encontramos que los automotores que usan gasolina aportan 9,458.40 ton/año y los que usan diesel 13,100.76 ton/año, siendo un total de 22,559.16 ton/año de contaminantes emitidos por las fuentes móviles al aire.

Se comparan las emisiones de los automotores de gasolina y diesel por cada uno de los municipios observando que los municipios representativos son Zimapán, Tecozautla y Tasquillo respectivamente y el de menores emisiones es Pisaflores (**Figura 21**), la diferencia es muy marcada entre estos tres municipios y el resto, puede ser debido a que son los municipios más poblados y accesibles; así el porcentaje de estos mismos datos, establece con mayor porcentaje a los consumidores de diesel con 58% y el 42% restante para los consumidores de gasolina(**Figura 22**), debido a las condiciones del área de estudio el mayor número de automotores son camiones grandes con motor de diesel que faciliten el transporte, además de ser municipios que para su trabajo también necesitan de este tipo de camiones por ello es mayor el consumo de diesel.

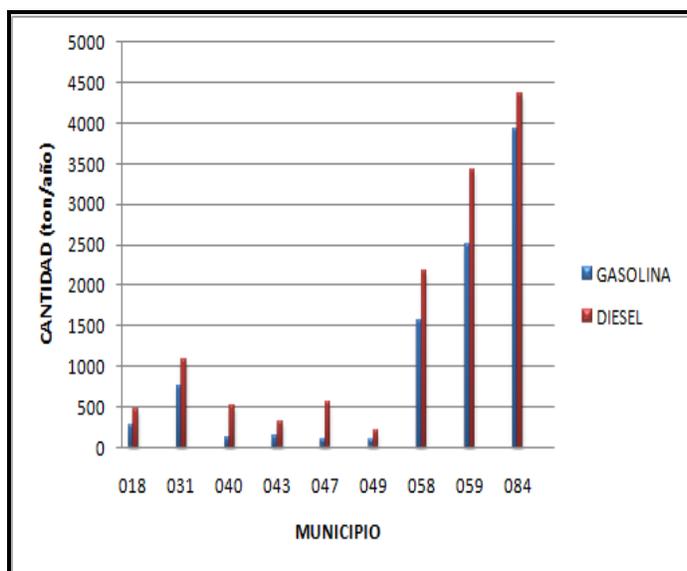


FIGURA 21.- Emisiones contaminantes al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina y diesel por municipio

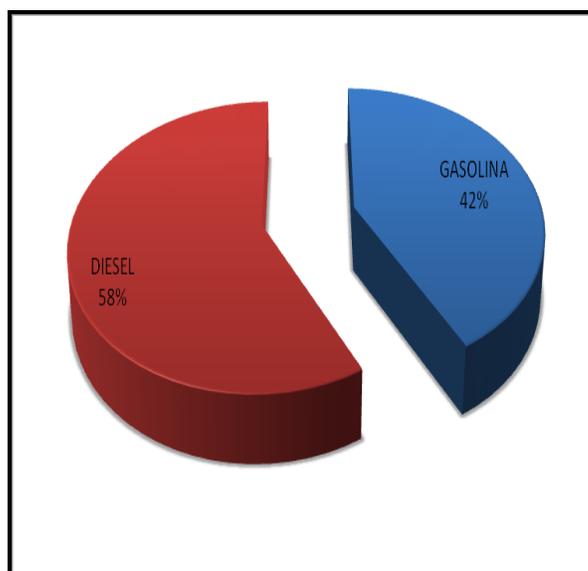


FIGURA 22.- Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por fuentes móviles con motor de gasolina y diesel

Analizando los datos por el tipo de contaminante, estos se sumaron para presentar los datos de las emisiones totales de los automotores de gasolina y diesel, obteniendo que el contaminante de mayor número de emisiones es el CO con 11,311.43 ton/año, seguido de NO<sub>x</sub> con 7,784.73 ton/año, HC con 2,618 ton/año, SO<sub>2</sub> con 530.35 ton/año y finalmente el de menor número de emisiones es PST con 314.65 ton/año.

Realizando la comparación entre la contaminación emitida por los automotores de uso de gasolina y los de diesel por tipo de contaminante, se observa que contaminante esta en mayor proporción según el tipo de automotor analizado en cada uno de los municipios de la región (**Figura 23**), y estos resultados en porcentaje por cada contaminante corresponde a lo siguiente para el CO el 50%, para el NO<sub>x</sub> el 35%, para los HC el 12%, para el SO<sub>2</sub> el 2% y para las PST el 1% (**Figura 24**).

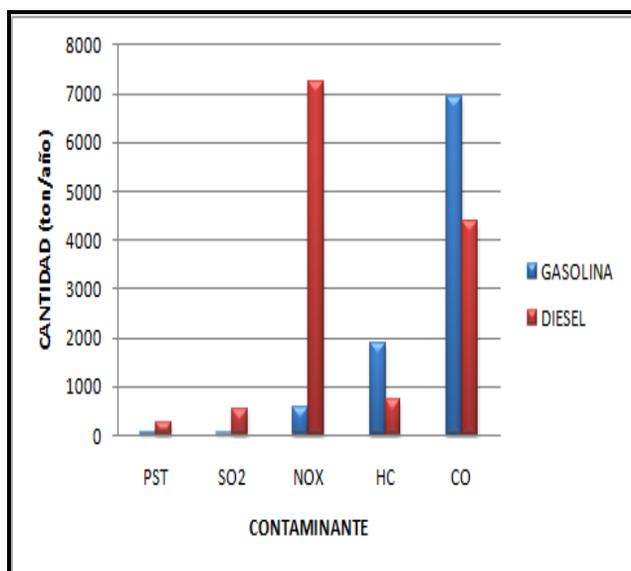


FIGURA 23.- Emisiones contaminantes al aire por fuentes de combustión móviles con motor de gasolina y diesel por tipo de contaminante

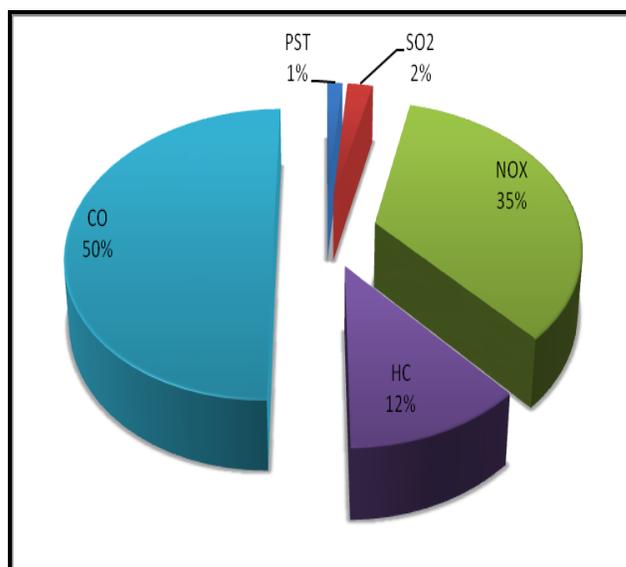


FIGURA 24.- Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por fuentes móviles gasolina y diesel por tipo de contaminante

### 6.1.2 EMISIONES AL AIRE PROVENIENTES DE FUENTES FIJAS INDUSTRIALES

Para la región de la Sierra Gorda en cuanto a las fuentes industriales solo se identificaron las del sector 36 Industria de mineral no metálico en el municipio de Zimapán, siendo 12 molinos de mármol (**Tabla XXIV**)

TABLA XXIV.- Número de fuentes para aire presentes en los municipios de la zona de estudio

Municipio	SECTORES INDUSTRIALES										TOTAL
	11	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
<b>18</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>31</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>40</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>43</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>47</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>49</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>58</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>59</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>84</b>	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	12
<b>TOTAL</b>	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	12

Se visitaron las industrias para obtener los datos necesarios para realizar los cálculos correspondientes, cabe destacar que el material con el que se trabaja en estos molinos proviene

de la región lo que también está dejando una huella en el ambiente ya que los bancos de material no están regulados por las autoridades correspondientes. El total de contaminante emitido al aire por el sector industrial es de 27.55 ton/año siendo las PST el único contaminante que identifica la técnica para este sector (**Tabla XXV**).

Tabla XXV.- Emisiones contaminantes al aire por el sector industrial

<b>CONTAMINANTE</b>	
<b>(ton/año)</b>	
	<b>PST</b>
<b>SECTOR 36</b>	<b>27.55</b>

Finalmente, en resumen de las emisiones contaminantes al aire se obtiene que las fuentes móviles son las de mayor importancia ya que son las de mayores emisiones con un total de 22 559.16 ton/año y dentro de éstas en la que se debe de tomar énfasis es en las fuentes móviles con trabajo a diesel por la mayor cantidad de emisiones que presenta y en cuanto a las fuentes fijas solo se presenta en un municipio y sus emisiones son muy bajas comparadas con las fuentes móviles. Sumadas las cantidades de emisiones móviles y fijas da un total de 22,586.71 ton/año para la región, el municipio de Zimapán es el de mayor cantidad de emisiones para el aire con un total de 8,309.67 ton/año, seguido de Tecozautla con 5,924.64 ton/año y el municipio con menor cantidad de emisiones es Pisaflores con 295.21 ton/año (**Tabla XXVI**). Con estos resultados se identifica a las fuentes y el municipio en los que se debe poner principal interés para actuar en el problema de contaminación al aire en la región de la Sierra Gorda perteneciente al estado de Hidalgo.

TABLA XXVI.- Resumen de las emisiones al aire por las fuentes analizadas en la técnica para la región

<b>MUNICIPIO</b>	<b>FUENTES</b>	<b>FUENTES MOVILES</b>		<b>TOTAL</b>
	<b>FIJAS</b> <b>(SECTOR 36)</b>	<b>GASOLINA</b>	<b>DIESEL</b>	
<b>ton / año</b>				
018	0.00	262.67	472.21	734.88
031	0.00	744.15	1,079.49	1,823.64
040	0.00	128.99	520.18	649.17
043	0.00	149.82	308.23	458.05
047	0.00	99.71	547.55	647.26
049	0.00	87.80	207.41	295.21
058	0.00	1,569.62	2,174.57	3,744.19
059	0.00	2,501.66	3,422.98	5,924.64
084	27.55	3,913.98	4,368.14	8,309.67
<b>TOTAL</b>	<b>27.55</b>	<b>9,458.40</b>	<b>13,100.76</b>	<b>22,586.71</b>

Se realizó una comparación entre los diferentes tipos de fuentes emisoras presentes en cada municipio según la cantidad de contaminantes emitidos al aire, resultando que la fuente principal es la fuente móviles a motor de diesel ya que es la de mayores emisiones (**Figura 25**), representando lo anterior en porcentaje les corresponden a las distintas fuentes emisoras lo siguiente para las fuentes móviles con motor de diesel el 64 % del total de contaminantes de la región, a las fuentes móviles de gasolina le corresponde el 36% y a las fuentes fijas el 0% la (**Figura 26**).

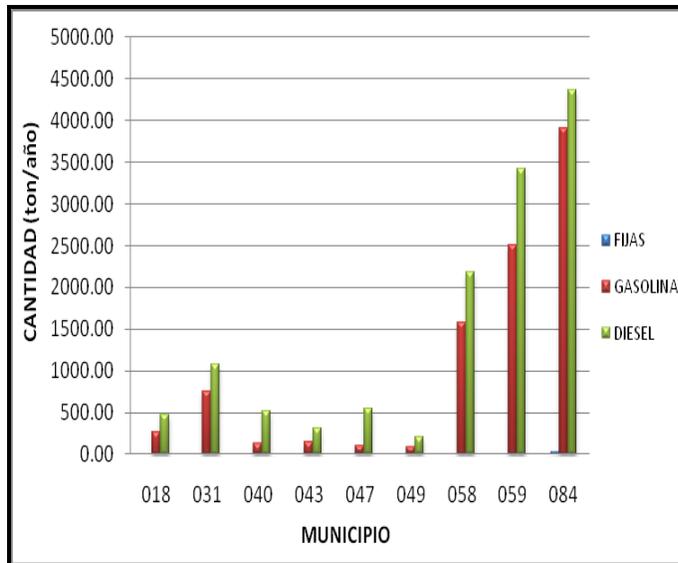


FIGURA 25.-Cantidad total de emisiones al aire provenientes de las distintas fuentes en cada municipio del área de estudio

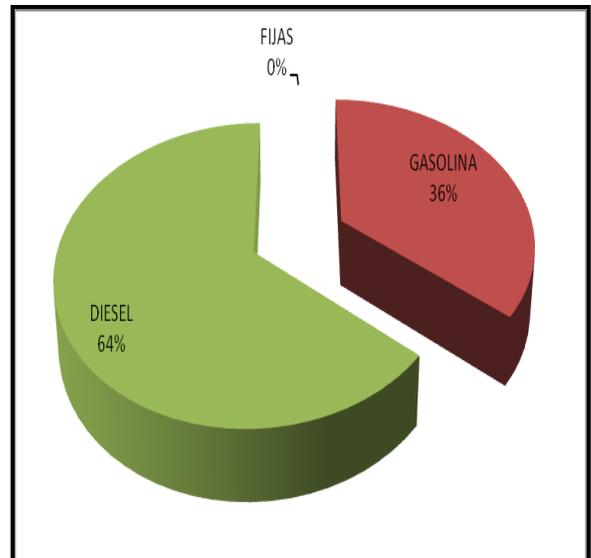


FIGURA 26.-Porcentaje del total de las emisiones al aire provenientes de las distintas fuentes en cada municipio del área de estudio

Durante la realización del trabajo se visitó el área de estudio y se captaron imágenes de las fuentes contaminantes como los molinos de mármol y las partículas que emiten, así como su producción y su ubicación (**Figura 27, 28, 29, 30**),



FIGURA 27.- Molino de mármol en el municipio de Zimapán



FIGURA 28.-Emisión de polvo producto del molino de mármol en el municipio de Zimapán



FIGURA 29.-Producción obtenida de los molinos de mármol, Zimapán

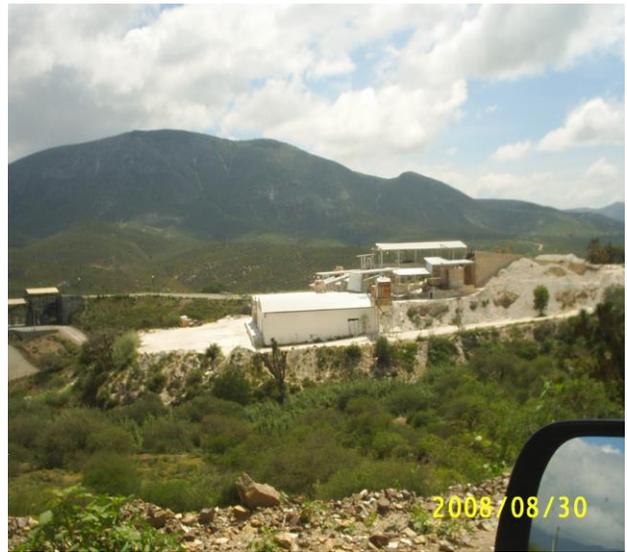


FIGURA 30.-Molino de mármol, el cual se localiza cerca de la cabecera municipal de Zimapán



Drenaje que descarga a un cuerpo de agua;  
Nicolás Flores



Efluentes de drenaje, Tecozautla

# **EMISIONES DE** **CONTAMINACIÓN AL AGUA**



Cuerpo de agua al cual depositan los efluentes  
domésticos, Chapulhuacán



Efluentes que son descargan a cuerpo de agua,  
Tasquillo

## 6.2 EMISIONES DE CONTAMINACIÓN AL AGUA

Para los cálculos realizados sobre las aportaciones de contaminantes al agua se obtuvo el volumen de desecho expresado en ( $10^3\text{m}^3/\text{año}$ ) y se midieron los parámetros: demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS), nitrógeno total (N) y fósforo total (P), todos estos expresados en (ton/año).

Los resultados son los provenientes de fuentes domésticas e industriales; en cuanto a lo doméstico son las descargas que se realizan de los hogares de la población al drenaje, basándose en la información disponible en el INEGI (2005) sobre la población que cuenta o no con el servicio de drenaje y en lo industrial es lo correspondiente al sector 11 Producción Agropecuaria subsectores 1110a, 1110b, 1110c, 111d Corral de engorde para reses, cerdos, pollos y corderos respectivamente, y sector 31 Producción de Alimentos subsector 31111a Mataderos, visitando a estas fuentes para obtener los datos requeridos para realizar los cálculos. Las fuentes que son analizadas en este medio se georeferenciaron para ubicarlas (**Figura 31**).

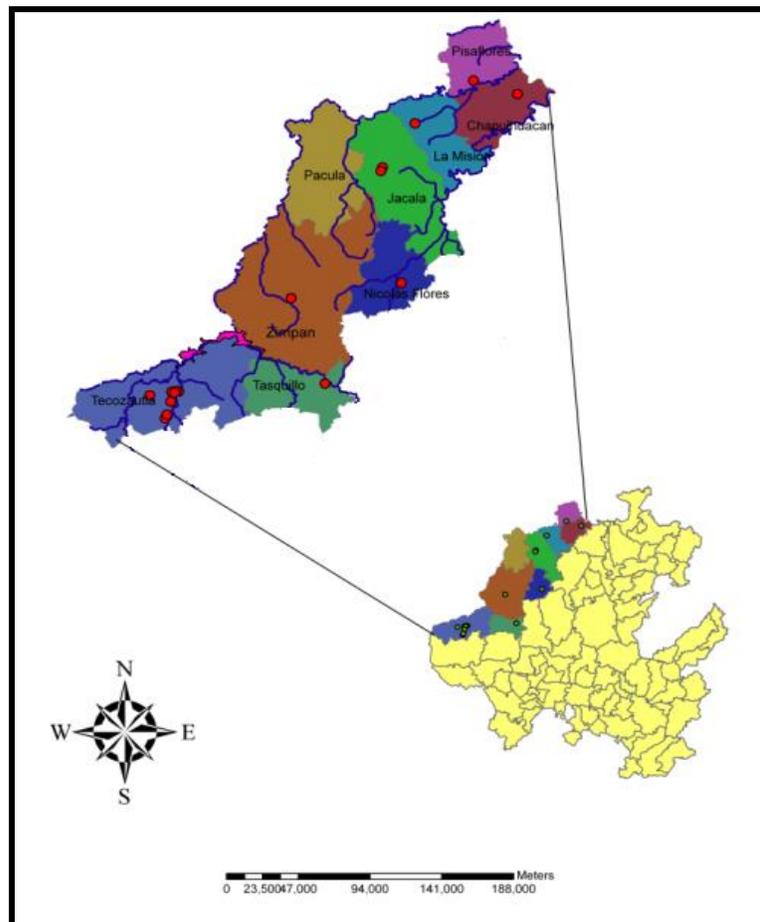


FIGURA 31.- Georeferenciación de las fuentes contaminantes para agua

### 6.2.1 EMISIONES AL AGUA PROVENIENTES DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

En la **Tabla XXVII** se observa el total de población de cada municipio dividiéndose en la que cuenta con el servicio de drenaje y la que no, así como las emisiones contaminantes que les corresponden a cada parte de la población. Para toda la región la población total es 152,182 habitantes y producen 10,724.62 ton/año de contaminantes al agua, 99,049.67 habitantes cuenta con el servicio de drenaje y su aportación de contaminación es de 8,657.86 ton/año, mientras que 53,132.33 habitantes no cuentan con el servicio de drenaje y emiten 2,066.76 ton/año de contaminantes. La población que no cuenta con el servicio de drenaje es la que aporta mayor cantidad de contaminantes.

TABLA XXVII.- Población con o sin el servicio de drenaje

Municipio	Total de población	Población con servicio de drenaje	Emisiones (ton/año)	Población sin servicio de drenaje	Emisiones (ton/año)	Total de emisiones (ton/año)
018	20,577	14,761.44	1,290.02	5,815.56	226.40	1,516.42
031	12,057	9,656.32	844.29	2,400.68	93.36	937.65
040	10,096	6,585.77	575.97	3,510.23	136.54	712.51
043	6,202	3,227.96	282.30	2,974.04	115.53	397.83
047	4,522	1,666.56	145.96	2,855.44	111.25	257.21
049	17,214	9,570.06	836.42	7,643.94	297.20	1,133.62
058	15,429	10,830.96	946.54	4,598.04	178.94	1,125.48
059	31,609	18,324.60	1,601.17	1,3284.4	516.59	2,117.76
084	34,476	24,426.00	2,135.19	10,050.00	390.95	2,526.14
<b>TOTAL</b>	<b>152,182</b>	<b>99,049.67</b>	<b>8,657.86</b>	<b>53,132.33</b>	<b>2,066.76</b>	<b>10,724.62</b>

(INEGI 2205)

En la **Tabla XXVIII** se muestra el total de emisiones de cada parámetro que se midió, así como el volumen de desecho de la población total por municipio. Se obtuvo un total de 10,724.62 ton/año para toda la región, siendo el municipio de Zimapán el de mayor cantidad de emisiones con un total de 2,526.14 ton/año, seguido de Tecozautla con 2,117.6 ton/año y el de menor cantidad es Pacula con 257.21 ton/año, esto se refleja bien porque los municipios con mayores emisiones son los que cuentan con mayor número de habitantes y el de menor cantidad de emisiones es el que cuenta con menor número de habitantes. En lo referente a los indicadores que se midieron el de mayores emisiones es DQO con 5,208.72 ton/año, seguido de SS con 2,831.28 ton/año, DBO<sub>5</sub> con 2,318.07, N con 326.91 ton/año y finalmente P con 39.64 ton/año. La mayor cantidad de volumen de desecho lo presentó el municipio de Zimapán con 1,856.76 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/año seguido de Chapulhuacán con 1,119.97 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/año y el de menor cantidad fue Tecozautla con 96.94 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/año.

TABLA XXVIII. Cantidad de contaminantes provenientes de efluentes domésticos.

Municipio	Población TOTAL (10 <sup>3</sup> hab)	Población CON SERVICIO (10 <sup>3</sup> hab)	Población SIN SERVICIO (10 <sup>3</sup> hab)	VOLUMEN DE DESECHO (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año)	(ton/año)					TOTAL (ton/año)
					DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	N	P	
018	20.58	14.76	5.82	1,119.97	330.93	742.56	388.32	48.71	5.09	1,516.42
031	12.06	9.66	2.40	722.70	206.86	463.44	231.60	31.88	3.87	937.65
040	10.10	6.59	3.51	506.69	154.04	346.12	187.96	21.75	2.64	712.51
043	6.20	3.23	2.97	257.47	84.12	189.64	112.12	10.66	1.29	397.83
047	4.53	1.67	2.86	142.79	52.63	119.24	79.16	5.51	0.67	257.21
049	17.21	9.57	7.64	754.38	241.25	543.32	313.64	31.58	3.83	1,133.62
058	15.43	10.83	4.60	824.17	245.09	550.12	290.20	35.74	4.33	1,125.48
059	31.60	18.32	13.28	96.94	452.53	1,018.56	578.88	60.46	7.33	2,117.76
084	34.48	24.43	10.05	1,856.76	550.62	1,235.72	649.40	80.62	9.78	2,526.14
<b>TOTAL</b>	152.19	99.06	53.13	6,281.87	2,318.07	5,208.72	2,831.28	326.91	39.64	<b>10,724.62</b>

De los datos anteriores se graficaron el total de emisiones de la población con y sin servicio de drenaje por cada uno de los municipios de la región, observándose claramente que municipios son los de mayores emisiones (**Figura 32**), el porcentaje que le corresponde al total de emisiones de cada municipio es el 24% para Zimapán, el 20% para Tecozautla, 14% para Chapulhuacán, 11% para Pisaflores, 10% para Tasquillo, 9% para Jacala, 7% para La Misión, 4% para Nicolás Flores y el 2% para Pacula (**Figura 33**).

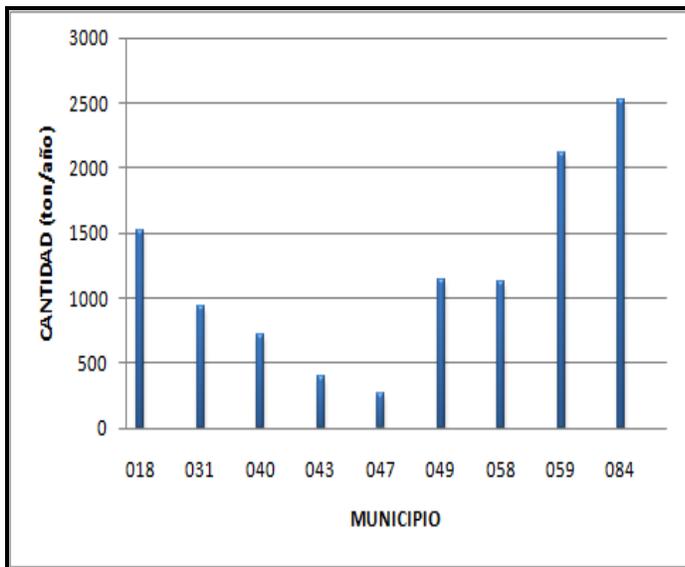


FIGURA 32.- Cantidad de contaminantes emitidos al agua por efluentes domésticos por municipio

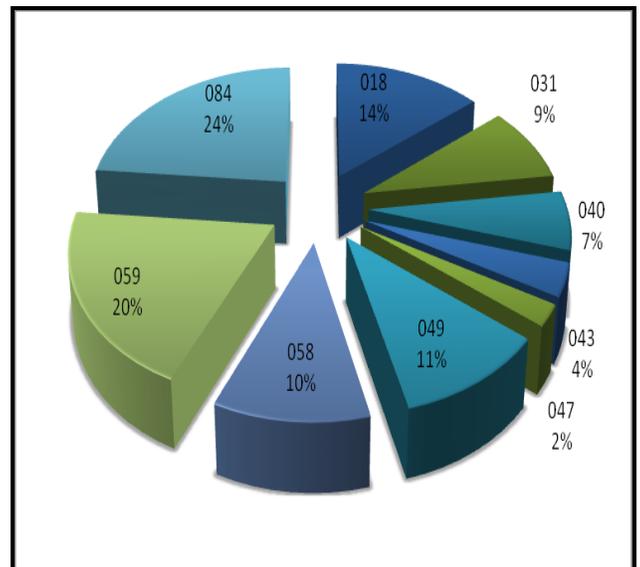


FIGURA 33.- Porcentaje de la cantidad de contaminantes emitidos al agua por efluentes domésticos por municipio

Se observa en la **Figura 34** la representación grafica del total de emisiones según el tipo de contaminante en toda la región; y representándolos en porcentajes se obtienen los siguientes resultados: el 49% le corresponde al parámetro Demanda Química de Oxígeno, el 26% a los Sólidos Suspendidos, el 22% a la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días, el 3% al Nitrógeno y el 0% al Fósforo.

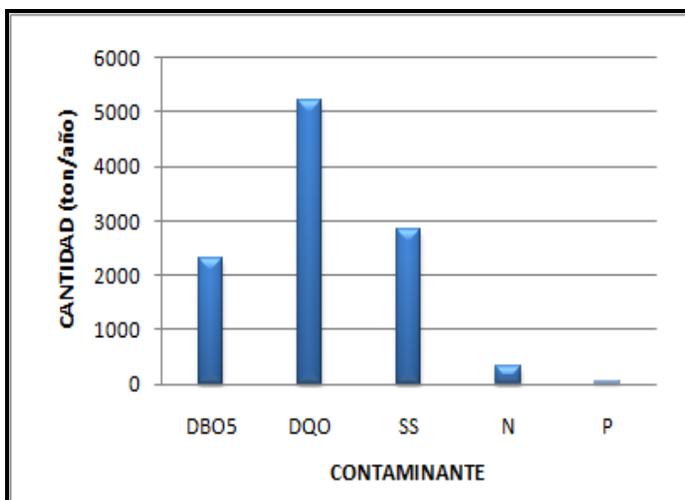


FIGURA 34.- Tipos de contaminantes emitidos al área de estudio provenientes de los efluentes domésticos

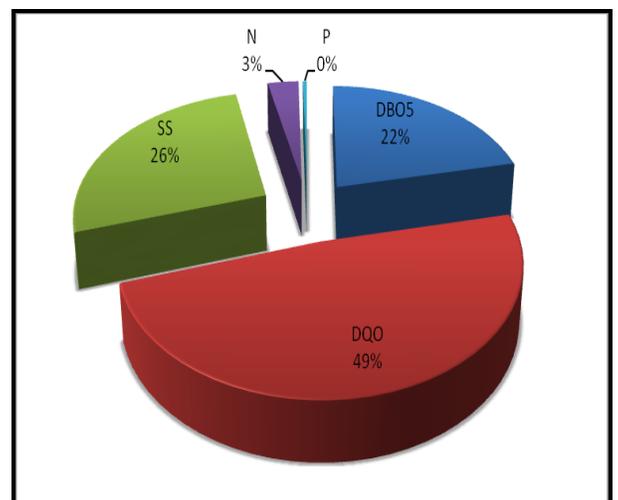


FIGURA 35.- Porcentaje de los tipos de contaminantes emitidos por los efluentes domésticos

El volumen de desecho de cada uno de los municipios de la región (**Figura 36**), y su respectivo porcentaje a cada uno, siendo el 30% para Zimapán, el 18% para Chapulhuacán, el 13% para Tasquillo, el 12% para Pisaflores, el 11% para Jacala, el 8% para La Misión, el 4% para Nicolás Flores y 2% para Pacula y Tecozautla (**Figura 37**).

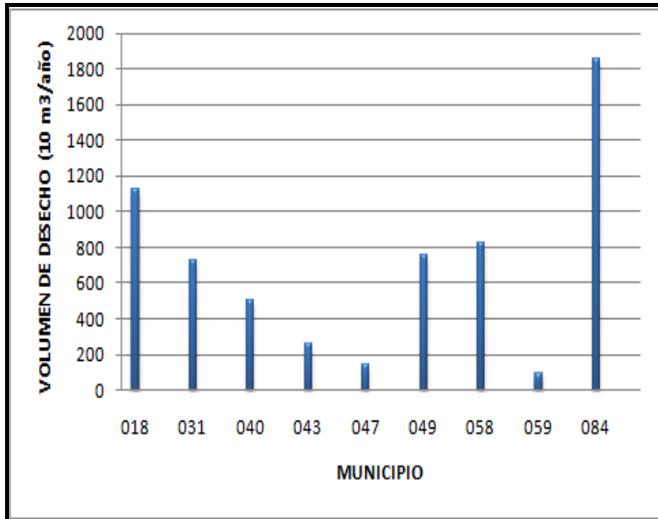


FIGURA 36.- Volumen de desecho proveniente de efluentes domésticos ( $10^3\text{m}^3/\text{año}$ ) por municipio

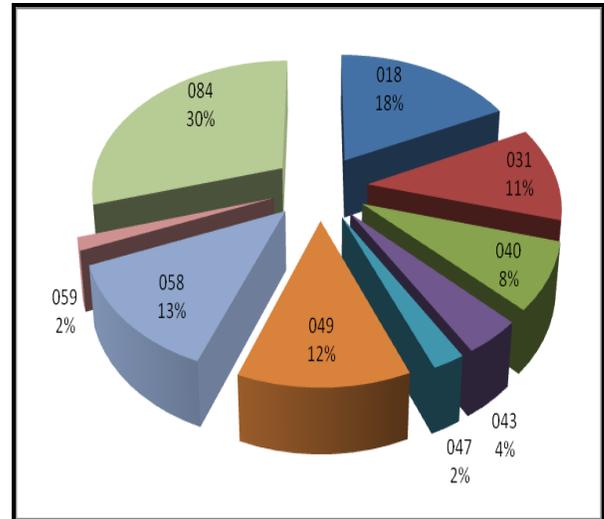


FIGURA 37.- Porcentaje del volumen de desecho en cada uno de los municipios

En la **Figura 38** se observa por municipio el total de emisiones dividida en los habitantes que cuentan o no con el servicio de drenaje, lo que nos permite hacer una rápida comparación de los resultados, a la población total que cuenta con drenaje le corresponde el 81% y a la que no cuenta con el servicio le corresponde el 19% (**Figura 39**).

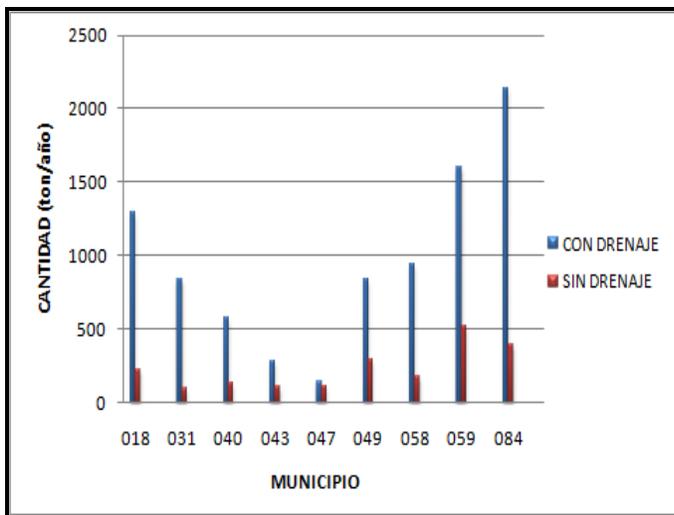


FIGURA 38.- Contaminantes emitidos al agua por efluentes domésticos por municipio, según si cuentan o no con el servicio de drenaje

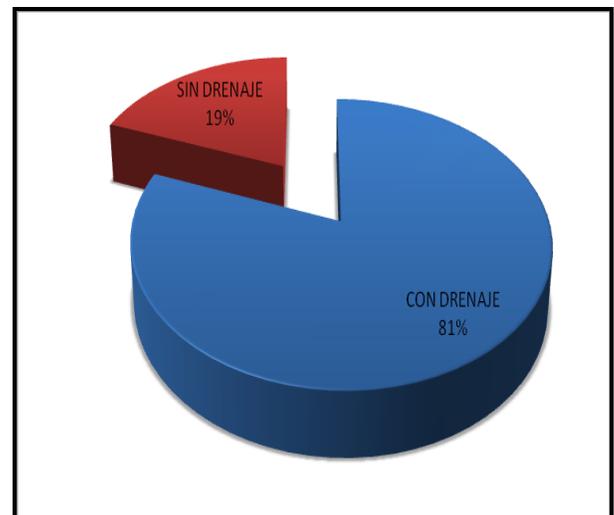


FIGURA 39.- Porcentaje del total de emisiones contaminantes por la población con y sin servicio de drenaje por municipio.

## 6.2.2. EMISIONES AL AGUA PROVENIENTES DE FUENTES INDUSTRIALES

Se presenta la cantidad de contaminantes que se obtuvieron de los sectores manufactureros presentes en la región, conformado para este medio por 90 fuentes de sector 11 Producción agropecuaria y 3 fuentes del sector 31 Manufactura de alimentos (**Tabla XXIX**), para los cuales se realizaron visitas y se encuestaba sobre los datos necesarios para la realización de los cálculos aplicando la técnica ERFCA.

TABLA XXIX.- Número de industrias presentes en cada uno de los municipios de la zona de estudio

Municipio	SECTORES INDUSTRIALES										TOTAL
	11	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
<b>18</b>	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
<b>31</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>40</b>	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<b>43</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>47</b>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>49</b>	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
<b>58</b>	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
<b>59</b>	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<b>84</b>	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<b>TOTAL</b>	90	3	0	0	0	0	0	0	0	0	93

El total de contaminantes para toda la región es de 168,958.60 ton/año, de las cuales 168,919.33 ton/año corresponden al sector 11 siendo el de mayor cantidad de emisiones, y al sector 31 le corresponden 39.27 ton/año. El municipio de Tecozautla es el de mayor cantidad de emisiones contaminantes con 79,222.18 ton/año, seguido de Tasquillo con 17,178.66 ton/año y Pacula es el de menor cantidad de emisiones con 4,847.35 ton/año (**Tabla XXX**).

Tabla XXX. Sectores presentes en cada uno de los municipios con el total de emisiones.

Municipio	SECTOR 11 (ton/año)	SECTOR 31 (ton/año)	TOTAL (ton/año)
018	16,685.65	0.00	16,685.65
031	10,336.30	14.48	10,350.78
040	11,234.01	0.00	11,234.01
043	6,121.78	0.00	6,121.78
047	4,847.35	0.00	4,847.35
049	14,670.79	0.00	14,670.79
058	17,178.66	0.00	17,178.66
059	79,215.19	6.99	79,222.18
084	8,629.60	17.80	8,647.40
<b>TOTAL</b>	<b>168,919.33</b>	<b>39.27</b>	<b>168,958.60</b>

En la **Figura 40** se observa la cantidad de emisiones de cada uno de los sectores presentes en cada municipio de la región, se observa que el sector 31 es poco representativo en comparación con el sector 11.

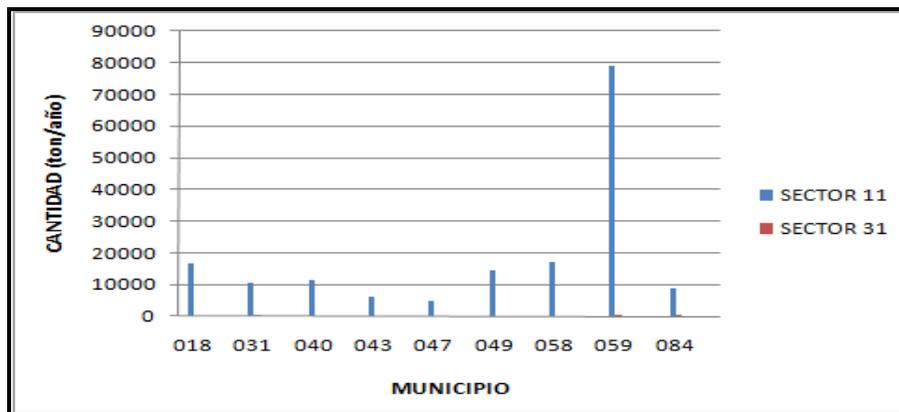


Figura 40.- Cantidad de emisiones de los distintos sectores industriales presentes en la región

Refiriéndonos a la cantidad de emisiones contaminantes de cada uno de los parámetros medidos para toda la región, el orden es el siguiente: SS con 145,042.90 ton/año, DBO<sub>5</sub> con 18,830.00 ton/año, N con 5,082.50 ton/año, ACEITE con 3.47 ton/año y al final P con 0.11 ton/año, haciendo el gran total de 168,958.60 ton/año para toda el área. El volumen de desecho para toda la región es de 1,165.03 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/año, Tecozautla es el de mayor volumen de desecho con 329.15 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/año y el de menor volumen es Pacula con 42.82 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/año (**Tabla XXXI**).

Tabla XXXI. Total de contaminantes emitidos al agua en cada municipio por las fuentes industriales presentes

MUNICIPIO	VOLUMEN DE DESECHOS (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año)	VOLUMEN (ton/año)					TOTAL
		DBO <sub>5</sub>	SS	N	ACEITE	P	
18	159.37	2,049.20	13,986.14	650.30	0.00	0.00	16,685.65
31	99.20	1,293.30	8,654.95	401.17	1.28	0.04	10,350.78
40	106.38	1,387.80	9,409.40	436.85	0.00	0.00	11,234.01
43	56.44	768.17	5,118.16	235.45	0.00	0.00	6,121.78
47	42.82	624.03	4,039.40	183.92	0.00	0.00	4,847.35
49	139.35	1,811.00	12,288.65	571.15	0.00	0.00	14,670.79
58	158.66	2,185.20	14,337.75	655.76	0.00	0.00	17,178.66
59	329.15	7,597.20	69,997.18	1,627.10	0.62	0.02	79,222.18
84	73.66	1,113.80	7,211.22	320.75	1.57	0.05	8,647.40
<b>TOTAL</b>	<b>1,165.03</b>	<b>18,830.00</b>	<b>145,042.90</b>	<b>5,082.50</b>	<b>3.47</b>	<b>0.11</b>	<b>168,958.60</b>

El total de emisiones de las fuentes industriales para cada municipio de la región, destacando el municipio de Tecozautla de los demás (**Figura 41**) y el porcentaje que le corresponde: Tecozautla el 47%, Tasquillo y Chapulhuacán con 10% cada uno, Pisaflores con 9%, La Misión con 7%, Jacala con 6%, Zimapán con 5%, Nicolás Flores y Pacula con 3% cada uno (**Figura 42**).

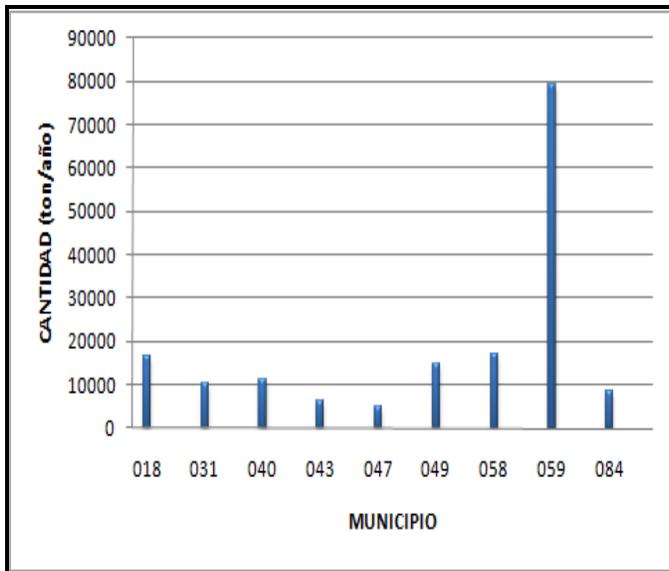


Figura 41.- Total de emisiones al agua provenientes de fuentes industriales de cada municipio

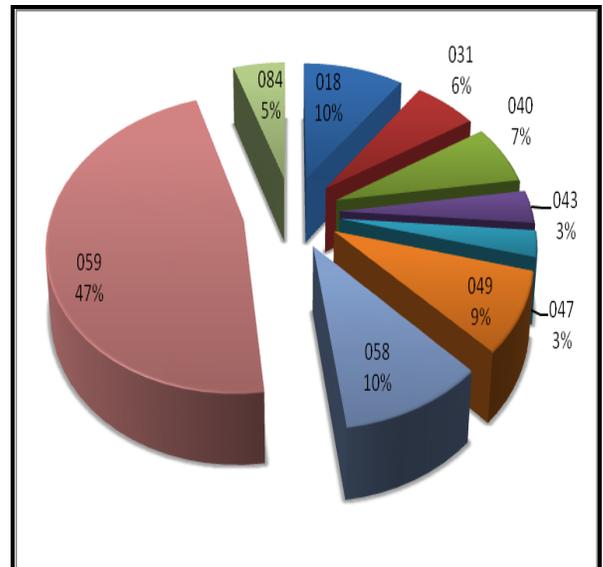


Figura 42.- Porcentaje del total de emisiones industriales por municipio

Total de emisiones de cada parámetro utilizado para la región, sobresaliendo los SS (**Figura 43**); correspondiéndoles los siguientes porcentajes el 86 % para SS, el 11% para DBO<sub>5</sub>, el 3% para N y 0% para ACEITE y P (**Figura 44**).

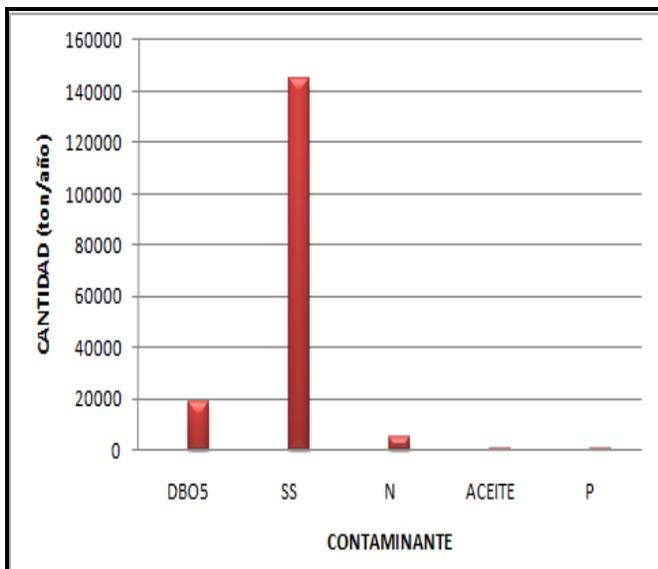


Figura 43- Emisiones totales por parámetro en la región provenientes de fuentes industriales

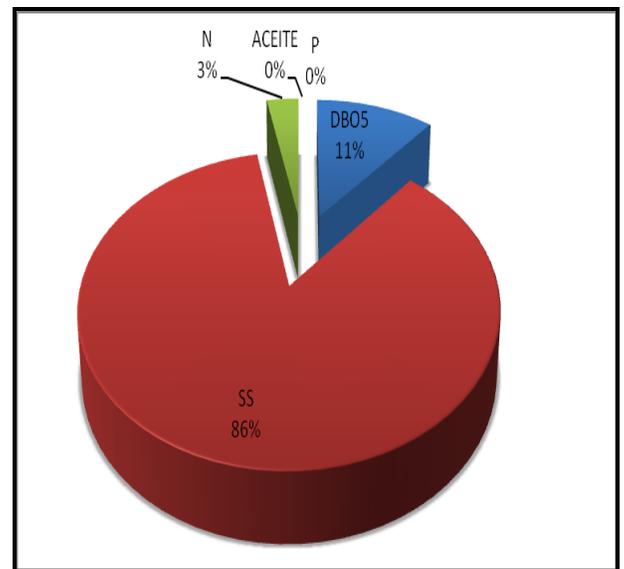


Figura 44.- Porcentaje de las emisiones por parámetro provenientes de fuentes industriales

En el total de volumen de desecho para cada uno de los municipios de la región es representativo el municipio de Tecozautla ya que los restantes municipios se encuentran en el mismo rango (**Figura 45**), a estas emisiones les corresponde un porcentaje a cada uno (**Figura 46**).

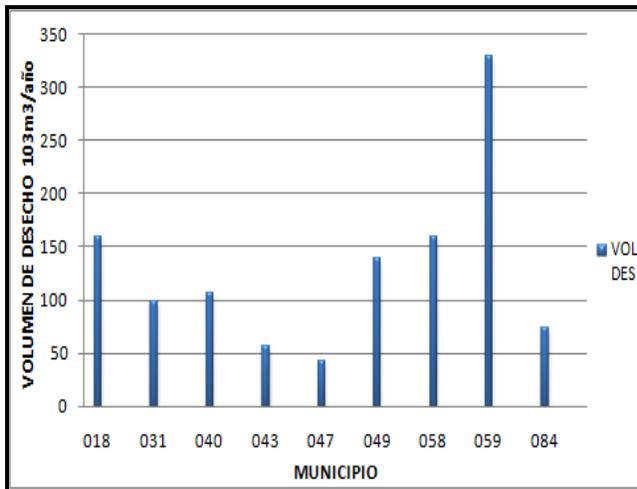


Figura 45.- Cantidad de volumen de desecho provenientes de las fuentes industriales en cada municipio de la región

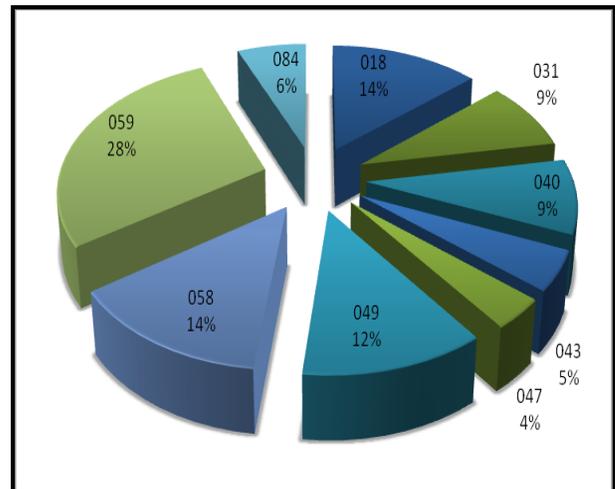


Figura 46.- Porcentaje del volumen de desecho provenientes de las fuentes industriales en cada uno de los municipios

En el resumen de las emisiones contaminantes al agua, se observa que las fuentes industriales son las que emiten mayor cantidad de contaminantes con 168,958.60 ton/año de las cuales sector 11 emite 168,919.33 ton/año, y el sector 31 solo 39.27 ton /año, cabe mencionar que para el sector 11 se presentaron problemas en los datos de la producción ya que en todas las instancias donde se buscó la información esta era diferente, ocupándose por trabajar con lo reportado en el INEGI; las fuentes domésticas contaminan con 10,724.62 ton/año. Tecozautla con sus 81,339.94 ton/año es el municipio con mayores emisiones contaminantes, le sigue Tasquillo con 18,304. 14 ton/año y el municipio con menor cantidad de emisiones contaminantes es Pacula con 5,104 ton/año (**Tabla XXXII**)

TABLA XXXII.- Resumen de las emisiones al agua provenientes de las diferentes fuentes analizadas para la región

MUNICIPIO	FUENTES INDUSTRIALES		FUENTES	TOTAL
	SECTOR 11	SECTOR 31	DOMESTICAS	
ton / año				
018	16,685.65	0.00	1,516.42	18,202.07
031	10,336.30	14.48	937.65	11,288.43
040	11,234.01	0.00	712.51	11,946.52
043	6,121.78	0.00	397.83	6,519.61
047	4,847.35	0.00	257.21	5,104.56
049	14,670.79	0.00	1,133.62	15,804.41
058	17,178.66	0.00	1,125.48	18,304.14
059	79,215.19	6.99	2,117.76	81,339.94
084	8,629.60	17.80	2,526.14	11,173.54
<b>TOTAL</b>	<b>168,919.33</b>	<b>39.27</b>	<b>10,724.62</b>	<b>179,683.22</b>

En la **Figura 47** se muestra la cantidad de emisiones de las fuentes industriales (sector 11 y sector 31) y las fuentes domesticas por cada uno de los municipios de la región. En cuanto a los porcentajes que corresponden a las emisiones son el 92% para el sector 11, 8% para las domésticas y el 0% para el sector 31 (**Figura 48**).

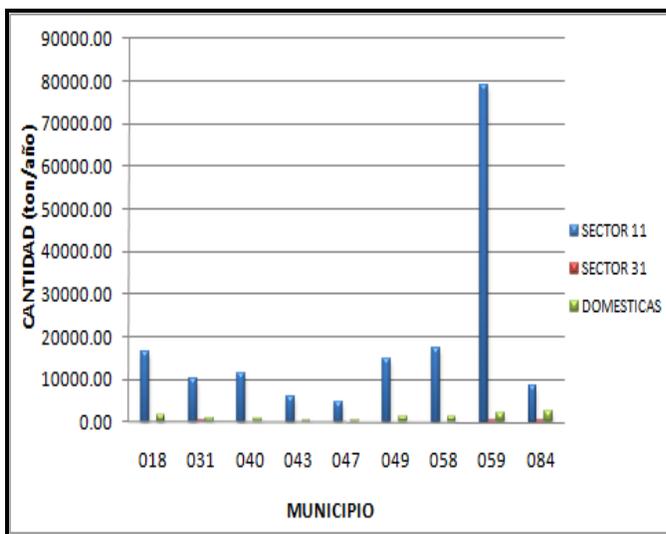


FIGURA 47.-Cantidad de contaminantes emitidos por las fuentes domesticas e industriales al agua

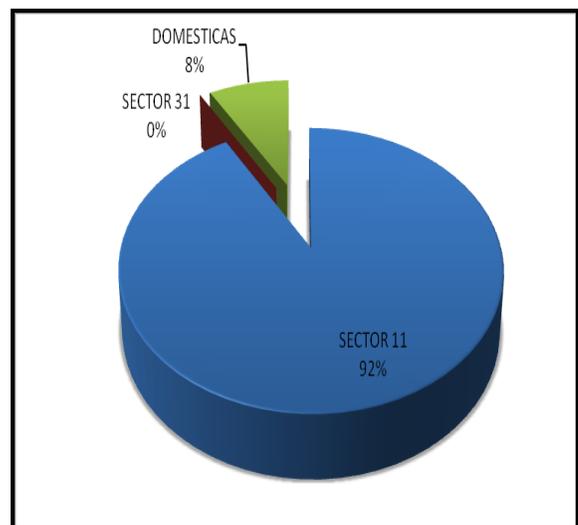


FIGURA 48.-Porcentaje correspondiente de los contaminantes emitidos al agua por las distintas fuentes

El impacto de tipo ambiental que causan los jales es a nivel local primordialmente, ya que contienen sustancias (reactivos) que han sido utilizadas para el tratamiento metalúrgico de recuperación y elementos en estado soluble liberados del mineral (a partir de sulfuros, sulfosales, carbonatos y óxidos, entre otros). Dichas sustancias que se encuentran en las presas o embalses se percolan, y asocian con elementos que pueden ser nocivos para la salud, tales como: plomo, arsénico, cadmio, níquel, antimonio, entre otros, que pueden estar en estado soluble y por ende pueden producir la contaminación del agua (ríos, lagunas, norias, acuíferos, etc.). Esta agua es consumida por la población (riego), sea por medio de ingestión de vegetales, semillas o frutas regadas con ésta. Por el consumo de carne de ganado que ha pastado en ese tipo de ambiente, o bien, simplemente por beber el agua. Estos son algunos de los factores y acciones más comunes que se realizan en zonas aledañas a minas y presas de jales. Un estudio para caracterizar la mineralogía del jal, implica la determinación de elementos nocivos (contaminantes), que puedan ser remplazados y/o controlables en su uso, paralelamente a la definición de la potencialidad económica de estos desechos para un nuevo proceso de recuperación metalúrgica. Puede proponerse un adecuado retratamiento para recuperarlos y su resultado podría ser de rendimiento económico importante (Moreno 1998)

La población del municipio de Zimapán se abastece de agua de fuentes subterráneas cuyas concentraciones de arsénico son variables. El sistema de suministro se compone de un tanque donde se colecta el agua de cuatro pozos, entre los que se encuentra el número 5 que aporta el 45% del agua distribuida a la población. Su contenido de hierro que va de 0.4 a 0.8 mg/l y el de arsénico que fluctúa entre 0.4 y 0.5 mg/l, sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la normatividad mexicana en cuanto a calidad de agua para uso y consumo humano y que son 0.3 y 0.05 mg/l respectivamente.

Durante las visitas realizadas a los municipios de la región se captaron imágenes de acciones que contaminan al agua. En la **Figura 49** se observa cómo la población descarga sus efluentes domésticos directamente al cuerpo de agua que pasa cerca de sus viviendas en el municipio de Chapulhuacán; el rastro municipal de Jacala en la **Figura 50**; la **Figura 51** nos muestra como reacciona el agua al mezclarse con los jales tóxicos que por la lluvia se unen y esta agua va a dar a cultivos de maíz; la **Figura 52** nos muestra que en el municipio de Jacala se descarga lo proveniente al drenaje en un campo abierto donde se encuentran pastando algunos animales; lo proveniente del drenaje en Tecozautla es depositado a una corriente de agua la cual se contamina con estos efluentes (**Figura 53**) y en la **Figura 54** se observa como el conducto del drenaje vierte los efluentes de la población al cuerpo de agua, en el municipio de Zimapán.



FIGURA 49.- Efluentes domésticos vertidos directamente a cuerpo de agua, Chapulhuacán



FIGURA 50.-Rastro municipal, Jacala



FIGURA 51.-Cuerpo de agua contaminado con residuos de jales, Zimapán



FIGURA 52.-Efluentes de drenaje vertidos en un campo, Jacala



FIGURA 53.-Efluentes del drenaje vertidos al cuerpo de agua. Tecozautla



FIGURA 54.-Drenaje vertido al cuerpo de agua. Zimapán



Recolección de basura en cabecera municipal, Zimapán.



Basurero clausurado que sigue en uso, Tecozautla.

# **EMISIONES DE** **CONTAMINACIÓN AL SUELO**



Disposición final de la basura, La Misión



Rastro que lleva sus desechos al basurero municipal, Tecozautla.

### 6.3 EMISIONES DE CONTAMINACIÓN AL SUELO

Para las emisiones al suelo se analizaron los residuos sólidos urbanos de la población total de cada municipio y los residuos sólidos industriales provenientes del subsector 3111a Mataderos del sector 31 Producción de Alimentos, realizando visitas para obtener la información necesaria; para los residuos sólidos urbanos se visitaron los departamentos de limpieza de cada municipio, consiguiendo los datos necesarios para los cálculos. Se georeferencio la ubicación de los sitios de disposición final de residuos sólidos y las fuentes industriales presentes en la región (**Figura 55**).

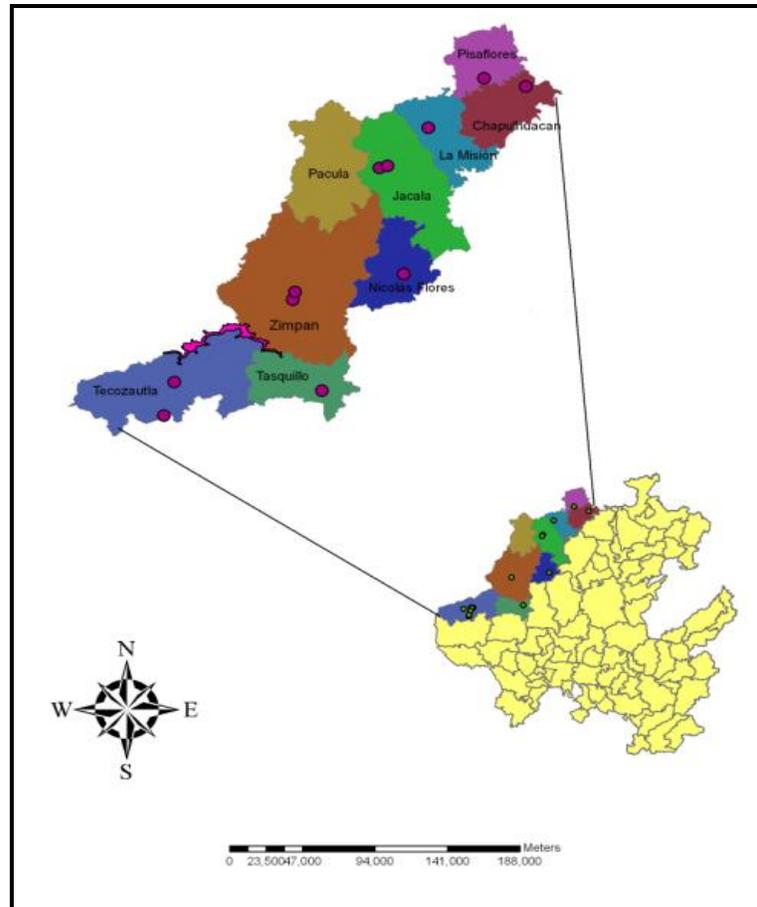


FIGURA 55.- Georeferenciación de las fuentes emisoras contaminantes para el suelo.

#### 6.3.1 EMISIONES AL SUELO PROVENIENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Para estos datos se visitó cada municipio y se entrevistó a los encargados del departamento de limpieza sobre el servicio que brindan a la población, cantidad de residuos sólidos por día o por mes, número de camiones y empleados con los que se cuenta, rutas y días que recorren,

porcentaje de población que atienden y en general sobre las características del lugar de disposición final, los datos obtenidos se muestran en la (**Tabla XXXIII**).

Se identificó que en todos los municipios se tiene el tiradero a cielo abierto sin ningún control, entrando todo tipo de desechos, que la ubicación de estos tiraderos en varios municipios es cerca de la vegetación o a lado de las carreteras, que sólo se brinda el servicio de recolección a la cabecera municipal y a las comunidades más cercanas a ésta lo que obliga a la demás población a tirar su basura en cualquier lugar o a quemarla.

TABLA XXXIII.- Manejo de residuos sólidos urbanos, de acuerdo con datos obtenidos del departamento de limpieza de cada municipio.

Municipio	No. de camiones	No de empleados	RSU recolectados (ton/año)	% de población que atiende	Características del basurero
018	3	14	10	90	No controlado
031	3	10	4	70	No controlado
040				70	No controlado
043	1	3	4	60	No controlado
047	1	4	3	60	Queman la basura
049					No controlado
058	1	2	2	60	No controlado
059		20	8	90	Controlado
084	6	46	8	60	No controlado

Para obtener el total de generación de residuos sólidos de la población se realizó lo siguiente: en base al ultimo censo poblacional que se encuentra disponible en el INEGI (2005) se consiguió el número de habitantes registrados par cada municipio, de los cuales se tomó como zona urbana a la cabecera municipal y a las localidades que contaran con mas de 2,500 habitantes y como rural a las otras que contaban con menos de 2,500 habitantes. Se tomó como valor de generación 0.8 kilogramos por habitante por día para la población urbana y 0.4 kg/hab/día para la población rural, estos valores son indicadores federales aplicables. De esta manera se obtuvo el total de residuos sólidos generados para las zonas urbanas y rurales de cada municipio (**Tabla XXXIV**)

Para toda la región se generan 26,720.46 ton/año de residuos sólidos, de los cuales 17,716.65 ton/año son generados por la población rural y 9,003.81 ton/año de la población urbana. El municipio de Zimapán es el que cuenta con la mayor generación de residuos sólidos con un total de 6,707.53 ton/año y Pacula el de menor cantidad con 734.9 ton/año,

TABLA XXXIV.- Contaminación por residuos municipales en cada uno de los municipios de la zona de estudio en la región urbana y la región rural.

Municipio	RSU Población Urbana	RSU Población Rural	TOTAL
018	1089.16	2459.66	3548.82
031	1125.66	1197.49	2323.15
040	136.95	1405.54	1542.49
043	98.11	856.44	954.55
047	149.5	585.46	734.96
049	534.94	2245.77	2780.71
058	1061.42	1721.92	2783.34
059	1460	3884.91	5344.91
084	3348.07	3359.46	6707.53
TOTAL	9003.81	17716.65	<b>26720.46</b>

Cantidad de residuos sólidos generados por la población urbana y rural en cada uno de los municipios que conforman el área de estudio, permitiendo realizar una comparación de los resultados (**Figura 56**), se representa la suma de todos los municipios divididos en zona urbana y rural obteniéndose el 66% para la población rural y el 34% para la población urbana (**Figura 57**).

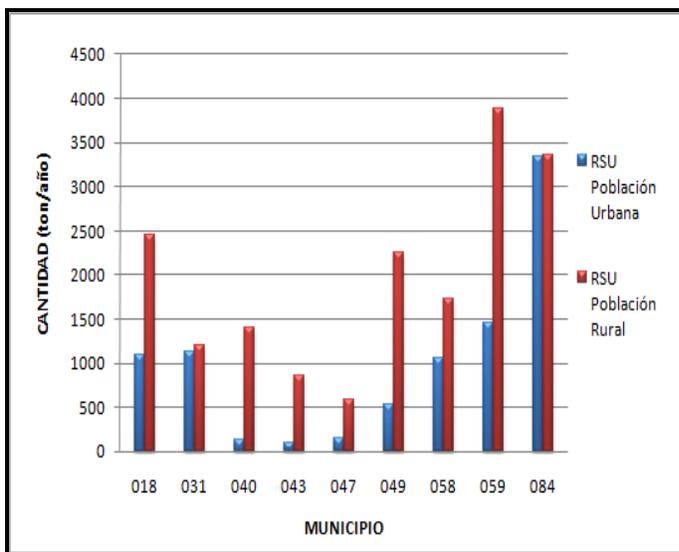


FIGURA 56.- Generación de RSU de acuerdo al coeficiente de generación de basura (kg/hab/día) por tipo de zona: urbana y rural por municipio

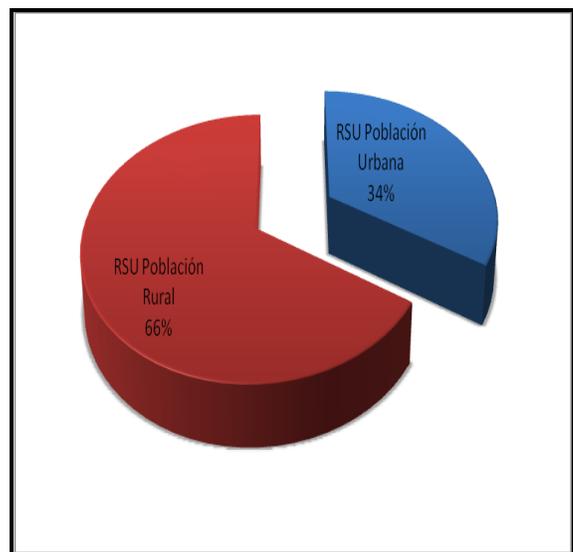


FIGURA 57.- Porcentaje correspondiente de los residuos sólidos urbanos para la zona urbana y rural

En la grafica del total de residuos generados por toda la población por municipio y la grafica de porcentajes, se aprecia que el municipio con mayor generación de residuos es Zimapán con 6,707.53 ton/año que representa el 25%, seguido de Tecozautla con 5,344.91 ton/año siendo el

20%, Chapulhuacán con 3,548.82 ton/año representando el 13%, Tasquillo con 2,783.34 ton/año que son el 10%, Pisaflores con 2,780.71 ton/año representando el 10%, Jacala con 2,323.15 ton/año que son el 9%, La Misión con 1,542.49 ton/año siendo el 6%, Nicolás Flores con 954.55 ton/año que representa el 4% y con menor cantidad Pacula con 734.96 ton/año siendo el 3% (Figura 58 y Figura 59).

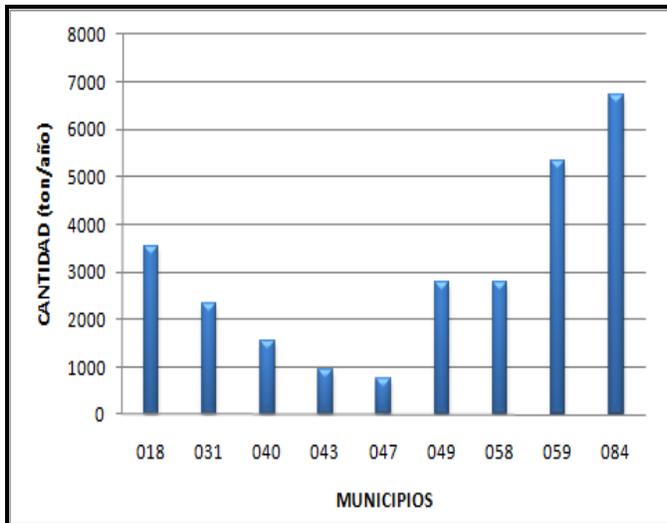


FIGURA 58.- Residuos sólidos totales generados por cada municipio perteneciente a la región

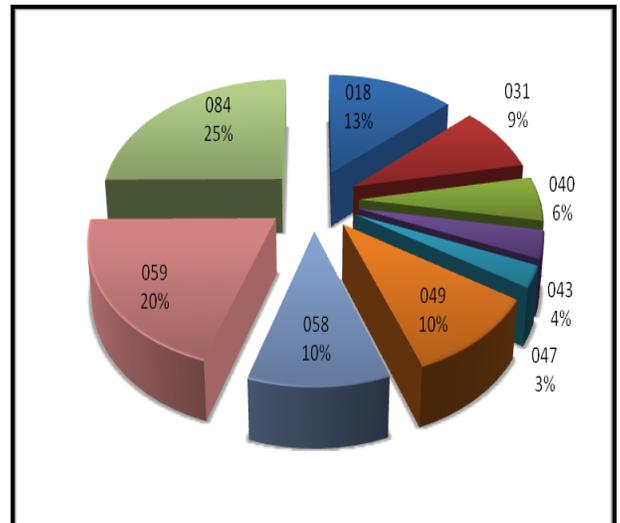


FIGURA 59.- Porcentaje de la generación de residuos sólidos en cada municipio de la región

### 6.3.2 EMISIONES AL SUELO PROVENIENTES DEL SECTOR INDUSTRIAL

Los municipios de Zimapán, Tecozautla y Jacala cuentan con una fuente del sector 31 Producción de alimentos subsector 3111a Mataderos (Tabla XXV). En las visitas realizadas se obtuvo la información necesaria para la aplicación de la técnica

TABLA XXV.- Número de industrias presentes en cada uno de los municipios de la zona de estudio.

Municipio	SECTORES INDUSTRIALES										TOTAL
	11	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
84	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3

El total de los desechos sólidos generados por este sector industrial es de 46.98 ton/año de las cuales 43.27 ton/año corresponden a sangre, vísceras, pezuñas, etcétera y 3.71 ton/año de animales y órganos infectados. Zimapán es el municipio con mayor cantidad de desechos con 21.29 ton/año, después Jacala con 17.33 ton/año y al final Tecozautla con 8.36 ton/año (**Tabla XXXVI**).

TABLA XXXVI.- Desechos sólidos generados por el sector industrial.

Municipio	Producción 10 <sup>3</sup> UNIDADES/AÑO	NATURALEZA DEL DESECHO		TOTAL
		Sangre, vísceras, pezuñas, etc.	Animales y órganos infectados	
31	0.46	15.96	1.37	17.33
59	0.22	7.70	0.66	8.36
84	0.56	19.61	1.68	21.29
TOTAL	1.24	43.27	3.71	<b>46.98</b>

La información anterior se representa en la **Figura 60** donde se observa la cantidad de desechos por naturaleza que le corresponde a cada municipio y en la **Figura 61** los porcentajes correspondientes al tipo de desecho, siendo el 92% de sangre, vísceras, pezuñas, etc. y el 8% de animales y órganos infectados.

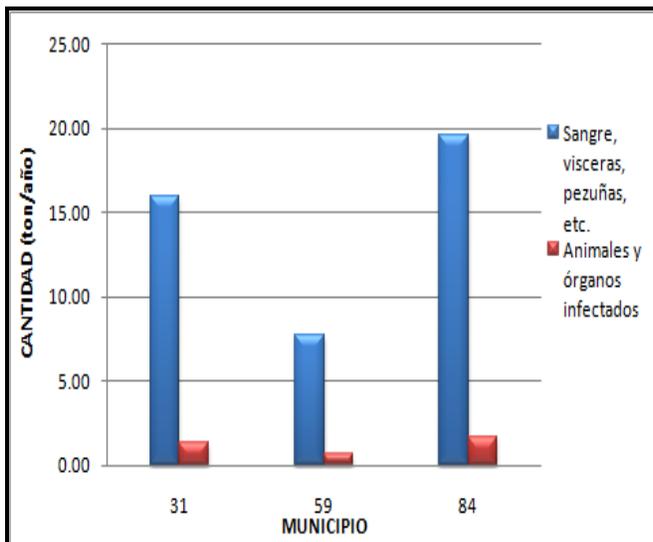


FIGURA 60.- Cantidad de desechos generados por el sector industrial de acuerdo a su naturaleza, por municipio

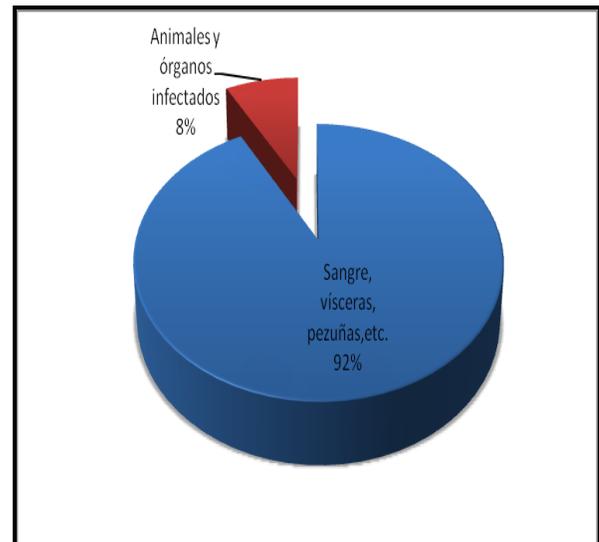


FIGURA 61.-Porcentaje de los efluentes de origen industrial según su naturaleza

En resumen, de las emisiones contaminantes al suelo, los residuos sólidos urbanos son los de mayor cantidad con 26,720.46 ton/año y los residuos industriales aportan la cantidad de 46.98 ton/año. El municipio más contaminado con estos residuos es Zimapán con 6,728.82 ton/año seguido de Tecozautla con 5,353.27 ton/año y el menos contaminado por los residuos es Pacula con 734.96 ton/año (**Tabla XXXVII**).

TABLA XXXVII.- Resumen de las emisiones al suelo por las fuentes analizadas en la técnica para la región

MUNICIPIO	RESIDUOS INDUSTRIALES	RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	TOTAL
018	0.00	3,548.82	3,548.82
031	17.33	2,323.15	2,340.48
040	0.00	1,542.49	1,542.49
043	0.00	954.55	954.55
047	0.00	734.96	734.96
049	0.00	2,780.71	2,780.71
058	0.00	2,783.34	2,783.34
059	8.36	5,344.91	5,353.27
084	21.29	6,707.53	6,728.82
<b>TOTAL</b>	<b>46.98</b>	<b>26,720.46</b>	<b>26,767.44</b>

Los residuos sólidos urbanos son los que destacan en el área dejando con poca importancia a los industriales (**Figura 62**), así en los porcentajes el 100% corresponde a los residuos sólidos urbanos (**Figura 63**).

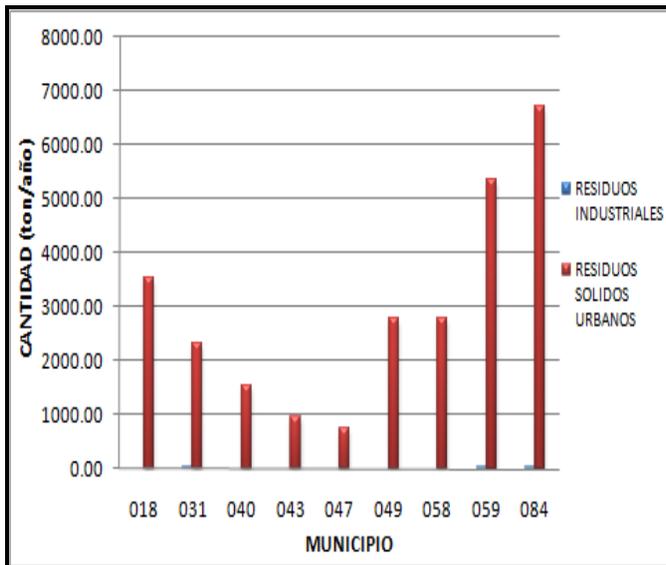


FIGURA 62.-Total de emisiones al suelo provenientes de las diferentes fuentes en cada municipio de la zona

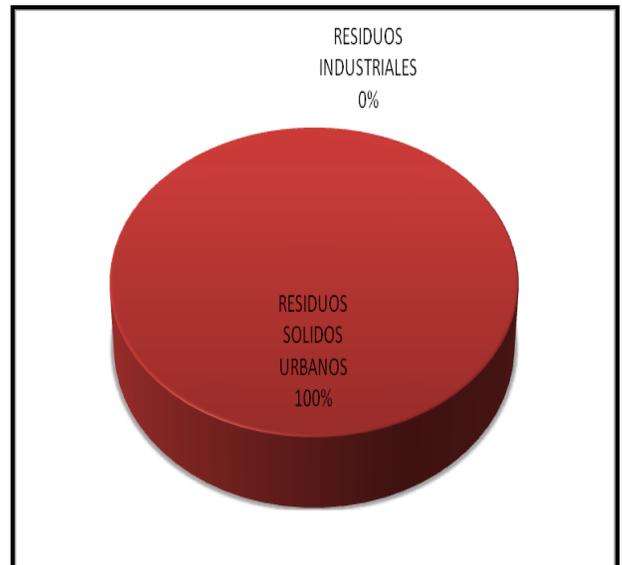


FIGURA 63.- Porcentaje del total de emisiones al suelo proveniente de las diferentes fuentes

Cabe destacar que para la región en el municipio de Zimapán existe contaminación al suelo causada por los jales tóxicos resultado de la actividad minera que se desarrollaba en el municipio. Tales jales se encuentran expuestos al medio, además de su cercanía a la cabecera municipal y por

consiguiente a un gran número de pobladores. Sobre este problema se han realizado estudios que demuestran que estos residuos son realmente tóxicos.

Los residuos mineros (llamados jales en México) normalmente son depositados en embalses o presas sobre distintos tipos de terrenos de la superficie donde permanecen expuestos a las condiciones climáticas ambientales. Bajo estas condiciones puede ocurrir la dispersión de contaminantes por medios físicos (erosión, transporte eólico y pluvial) y/o por su alteración (reacción y neoformación) y movilidad química (disolución y transporte en medio acuoso). En el distrito minero de Zimapán, el depósito existente es un skarn de tipo Zn-Pb-Ag-(Cu) y ha generado un considerable volumen de residuos, depositados en las presas de jales San Miguel, Santa María y El Monte, como consecuencia de 50, 30 y 20 años aproximadamente de acumulación de jales, respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que estos residuos pueden considerarse como potencialmente tóxicos (Moreno-Tovar *et al.* 2009).

En el caso específico del Distrito Minero de Zimapán se han depositado residuos mineros en presas de jales, donde las características climáticas del sitio, han provocado que se dispersen o movilicen en una extensa área urbana y rural, originando problemas de contaminación de suelos por metales pesados y metales tóxicos con alto potencial contaminante como: plomo, zinc y cadmio, arsénico, selenio, antimonio; principalmente. Aunado a esto los Jales presentan evidencia de alteración por oxidación y lixiviación de metales, los cuales pueden contaminar aguas superficiales y mantos freáticos por lo que merecen ser caracterizados con el fin de conocerlos y poder proponer una iniciativa de proceso para resolver el problema concreto del impacto ambiental provocado por jales históricos.

La presencia de arsénico en aguas y suelos de Zimapán, causa que los cultivos de haba presenten concentraciones apreciables de dicho elemento. Los suelos evaluados presentaron texturas, conductividad, contenidos de N y de arsénico diferentes, pero resultados similares en pH, potencial redox, y contenido de materia orgánica. La elevada bioacumulación de arsénico en estos suelos fue directamente proporcional al tiempo de exposición. Las concentraciones de arsénico acumuladas más altas se obtuvieron en la raíz, el tallo, y las hojas, respectivamente. (Prieto-García *et al.*, 2007)

La localización de los lugares de disposición final de los residuos en los municipios que forman parte del área de estudio no es la correcta ya que están en medio de la vegetación como en la **Figura 64** y **65**; y en otros lugares estos residuos son depositados en las orillas de la carretera la **Figura 66** y **67** lo representan muy bien ya que a la orilla de la carretera de acceso a la cabecera municipal se observa en la pendiente la basura que además es quemada; en las **Figuras 68** y **69** se observa como las montañas de basura contrastan con lo verde de la vegetación ya que estos tiraderos se encuentran a cielo abierto sin ningún manejo en medio de la vegetación; se observa en la **Figura 70** algunos restos de animales lo que hace ver que a estos tiraderos puede entrar

cualquier tipo de residuos no importando su naturaleza; en algunos municipios se realiza la separación de basura recolectando la que es de utilidad para la venta y así obtener ingresos, esto es realizado por la población como se ve en la **Figura 71 y 72**; en el municipio de Tecozautla se encontró que el basurero fue clausurado (**Figura 73**) aunque al ingresar a el se observó que se siguen depositando residuos en el lugar; los rastros municipales se localizan en la cabecera municipal (**Figuras 74 y 75**) y los residuos que producen son depositados en los basureros sin darle ningún manejo posterior; el municipio de Zimapán tuvo actividad minera de gran importancia en los años pasados lo que se observa ahora son los residuos que esta actividad dejó como se observa en las **Figuras 76 y 77**, estos jales se encuentran en la cabecera municipal expuestos al medio sin ningún tipo de manejo.



FIGURA 64.- Basurero de Chapulhuacán localizado en medio de la vegetación



FIGURA 65.- Basurero de Jacala



FIGURA 66.- Basurero de La Misión, donde se quema la basura. La Misión



FIGURA 67.- Disposición final de los residuos sólidos a un costado de la carretera de acceso a la cabecera municipal. La Misión



FIGURA 68.- Disposición final de los residuos. Nicolás Flores



FIGURA 69.- Basurero a cielo abierto. Pisaflores



FIGURA 70.- Desechos de animales en el basurero. Pisaflores



FIGURA 71.- Basurero de Tasquillo



FIGURA 72.- Basurero de Zimapán,



FIGURA 73.-Basurero clausurado de Tecozautla que sigue en funcionamiento



FIGURA 74.- Rastro municipal de Zimapán



FIGURA 75.- Rastro municipal de Tecozautla



FIGURA 76.- Residuos de minería, en el municipio de Zimapán



FIGURA 77.- Residuos de minería), que se encuentran expuestos al medio. Zimapán

**ANÁLISIS Y**  
**DETERMINACIÓN DE**  
**LA CALIDAD**  
**AMBIENTAL**

## **7 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

Una vez determinadas las emisiones contaminantes de las fuentes encontradas en la región, se realizó una comparación con lo establecido en la Legislación Ambiental Mexicana.

La determinación de la calidad del aire se realizó utilizando la NOM-041-SEMARNAT-2006 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 (SEMARNAT 1999). Y la NOM-045-SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición para los vehículos en circulación que usan diesel como combustible (SEMARNAT 2007).

Para la calidad del agua se utilizaron escalas de gravedad basadas en la NOM-001-SEMARNAT-1996 que dice cuales son los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en agua y bienes nacionales (SEMARNAT 1997).

En cuanto a la calidad del suelo se utilizó la 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 de manejo especial (SEMARNAT 2004).

La calidad de la riqueza biológica se determinó mediante el conocimiento del número de especies reportadas para la región, el número de las que están dentro de una categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001, y de la extensión territorial de la zona de estudio.

### **7.1 CALIDAD DEL AIRE**

Una vez obtenidas las emisiones emitidas al aire por medio de la técnica aplicada en el estudio, se pretendía realizar la comparación de dichos resultados con lo establecido en las normas de la legislación ambiental mexicana, no lográndose debido a la diferencia de unidades de trabajo ya que la legislación maneja como unidades  $\text{mg}/\text{m}^3$  y la técnica aplicada  $\text{ton}/\text{año}$ , se intentó realizar la conversión para manejar las mismas unidades y se efectuara la comparación, al no lograrse esta conversión para la calidad del aire la NOM no se maneja. Se realizó entonces la comparación de los resultados con los obtenidos de otros municipios en estudios anteriores (**Tabla XXXVIII**).

En esta comparación observamos que el municipio con mayor cantidad de emisiones es Tula de Allende con 117,492.45  $\text{ton}/\text{año}$ , seguido de Pachuca de Soto con 43,348.92  $\text{ton}/\text{año}$  y el municipio de menor cantidad de emisiones es Cuauhtepic de Hinojosa con 2,285.73  $\text{ton}/\text{año}$ . La región de la Sierra Gorda tiene un total de 22,586.73  $\text{ton}/\text{año}$  que es poco menos de la mitad de las emisiones del municipio de Tula, siendo que la región cuenta con 9 municipios y Tula es solo un municipio,

que tiene mayor número de fuentes debido a la presencia de la refinería en esa zona (**Grafica 78**), en la **Grafica 79** se observa los porcentajes que le corresponden al total de emisiones de cada uno de los municipios.

En la comparación también se presentó el municipio de Zimapán que es el representativo de la región de la Sierra Gorda, en el cual debe de ponerse mayor interés si se quiere solucionar el problema de la contaminación, cabe destacar que este municipio tiene historia minera y con ello problemas con los residuos generados de la minas ya que no se les dio un manejo correcto y se encuentran cerca da la población sin ningún cuidado especial y por ello no se conoce su situación a ciencia cierta aunque existen algunos estudios, no existen datos reportados de las PST que se emiten a la atmosfera por estos residuos.

TABLA XXXVIII. Emisiones de otros municipios a los cuales se les aplico la misma técnica ERFCA

MUNICIPIO	TOTAL (ton/año)
Pachuca de Soto	43,348.92
Mineral de la Reforma	6,178.11
Tulancingo de Bravo	17,011.88
Tula de Allende	117,492.45
Atitalaquia	4,979.62
Actopan	8,373.18
Cuatepec de Hinojosa	2,285.73
Tepejí del Río	42,861.42
Tepeapulco	10,507.46
Molango	25,514.74
Huejutla de Reyes	9,954.30
<b>Sierra Gorda</b>	<b>22,586.73</b>
<b>Zimapán</b>	<b>8,309.63</b>

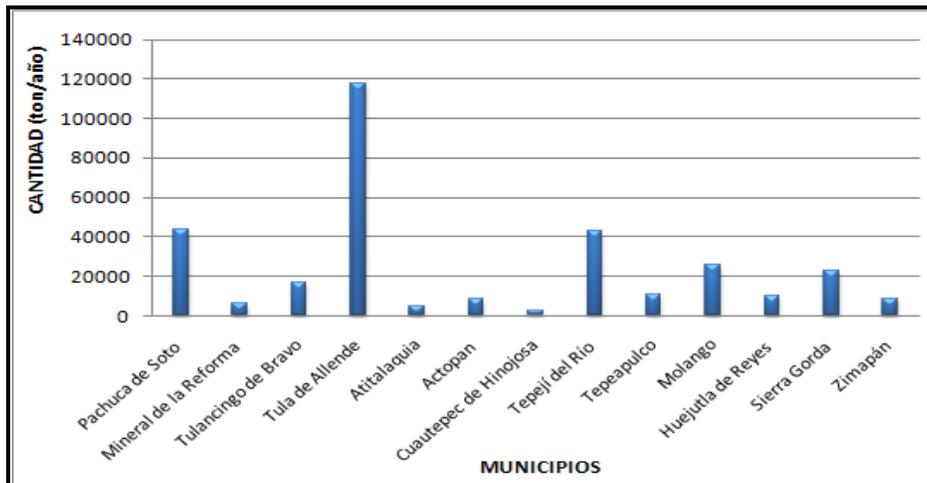


FIGURA 78.- Comparación de las emisiones de la región y del municipio de Zimapán con otros municipios

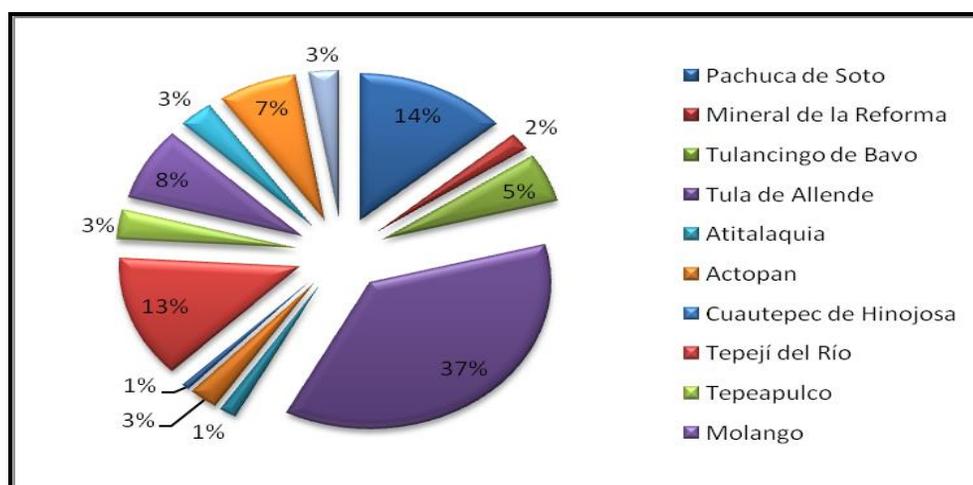


FIGURA 79.- Porcentaje de las comparaciones con otros municipios

Teniendo ya los datos de las emisiones por las fuentes móviles (automotores de motor a gasolina o diesel) y fijas (sector 36 Industria de minerales no metálicos) para los municipios del área de estudio y conocido también el número de habitantes y la extensión de cada uno de estos se realizó el cálculo para conocer la cantidad de emisiones contaminantes por habitante y por kilómetro cuadrado (**Tabla XXXIX**), aunque es de mayor interés los datos de emisiones por kilómetro ya la extensión territorial no cambia y el número de habitantes esta en constante cambio.

TABLA XXXIX. Emisiones de contaminantes a la atmósfera por habitante y por kilómetro cuadrado en la región de la Sierra Gorda, Hidalgo.

MUNICIPIO	POBLACIÓN (Habitantes)	EXTENSIÓN (Km <sup>2</sup> )	CONTAMINACIÓN (ton/año)	POR HABITANTE	POR Km <sup>2</sup>
18	20,577	239	734.88	0.04	3.07
31	12,057	347	1,823.65	0.15	5.26
40	10,096	180	649.17	0.06	3.61
43	6,202	393	458.05	0.07	1.17
47	4,522	429	647.26	0.14	1.51
49	17,214	159	295.21	0.02	1.86
58	15,429	167	3,744.22	0.24	22.42
59	31,609	576	5,924.66	0.19	10.29
84	34,476	861	8,309.63	0.24	9.65
<b>TOTAL</b>	<b>152,182</b>	<b>3,351</b>	<b>22,586.73</b>	<b>1.16</b>	<b>58.83</b>

## 7.2 CALIDAD DEL AGUA

En la calidad del agua se obtuvieron las emisiones contaminantes por medio de los parámetros establecidos en la técnica ERFCA los cuales son DBO<sub>5</sub>, SS, N, ACEITES, P los cuales manejan unidades de ton/año y el volumen de desecho expresado en 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/año, en la legislación ambiental las unidades utilizadas son mg/l lo que nos permite realizar la comparación de los resultados obtenidos por la técnica con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en agua y bienes nacionales.

Para determinar la escala de gravedad, se utilizaron los criterios de Hernández-Muñoz (2001), que se basan en los grados de afectación del agua en función al grado de contaminación, siendo fuerte, media o ligera.

Para determina la calidad se estableció una escala de referencia del grado de contaminación del agua basada en los criterios de gravedad e importancia, así si se tiene 0% de degradación la calidad es buena, con el 33% de degradación es ligera y regular en cuanto a la calidad, con el 67% de degradación es media y mala en la calidad y finalmente si se tiene el 100% de degradación es alta y la calidad es pésima (**Tabla XL**).

TABLA XL. Escala establecida como referencia.

ESCALA DE REFERENCIA		
ESCALA %	DEGRADACIÓN	CALIDAD
0		Buena
33	Ligera	Regular
67	Media	Mala
100	Alta	Pésima

En la **Tabla XLI** se observan los parámetros en la escala de importancia, la escala de admisibilidad oficial que establece NOM-001-SEMARNAT-1996 y los valores que se obtuvieron por medio de la técnica ERFCA, estos valores son los de los tres municipios que además de los efluentes domésticos se encontraron fuentes industriales diferentes a las del sector 11 el cual no se considero para la calidad debido a que se encontraron problemas en los datos requeridos para los cálculos, sumado esto a que no se tiene la certeza de que los efluentes de estas fuentes vallan todas directamente a un cuerpo de agua, ya que depende de la ubicación y de la economía de los dueños de estas fuentes. En las visitas realizadas se detectó que los desechos son utilizados para abono de terrenos de cultivo, de alimento de otros animales e inclusive se quema. En lo referente a los efluentes domésticos para la calidad se considero solo a la población que contaba con el servicio de drenaje, así la concentración base que aparece en la tabla es lo referente al resto de los municipios de

Chapulhuacán, La Misión, Nicolás Flores, Pacula, Pisaflores y Tasquillo, que solo presentan los efluentes domésticos como fuentes emisoras de contaminación.

TABLA XLI. Contaminación total emitida por efluentes domésticos e industriales.

PARAMETRO	ESCALA DE IMPORTANCIA (Criterios Hernández-Muñoz A)			ESCALA DE ADMISIBILIDAD OFICIAL LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NOM-001-SEMARNAT-1996)	VALORES OBTENIDOS POR LA TECNICA ERFCA			CONCENTRACIÓN BASE (Efluentes domésticos)
	CONTAMINACIÓN				31	59	84	
	FUERTE	MEDIA	LIGERA					
DBO <sub>5</sub>	300	200	100	150	283.17	273.25	276.34	269.86
DQO	800	450	160	NC	614.91	605.84	608.67	602.74
SS	500	300	100	150	276.39	274.58	275.15	273.97
N	86	50	25	40	46.07	45.43	45.63	45.21
P	17	7	2	20	5.53	5.49	5.50	5.48
GRASAS Y ACEITE	40	20	0	15	1.81	0.46	0.88	NC

Concentración Base: Se refiere a lo que la técnica ERFCA considera en sus protocolos.

NC: No considerado para lo efluentes domésticos.

NOM-001-SEMARNAT: Es el promedio mensual.

Unidades de medida: mg/l

En la tabla anterior, para el parámetro DBO<sub>5</sub> la escala de admisibilidad oficial es de 150 mg/l, comparándolos con los resultados obtenidos por la técnica nos damos cuenta que todos son mayores a este valor por lo tanto son no admisibles para la NOM y son de contaminación media en cuanto a la escala de importancia (**Figura 80**).

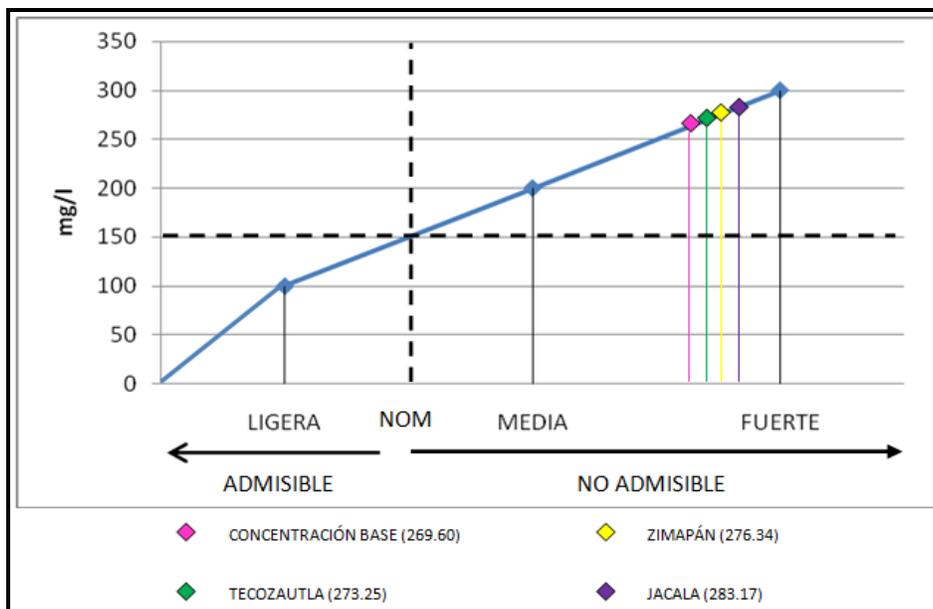


FIGURA 80.- Parámetro DBO<sub>5</sub> comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la NOM

Para el parámetro DQO la NOM-001-SEMARNAT-1996 no la considera, por ello solo se realizo la comparación con la escala de importancia, resultando que todos los municipios tienen poca diferencia en sus emisiones y están en un grado entre media y fuerte (Figura 81).

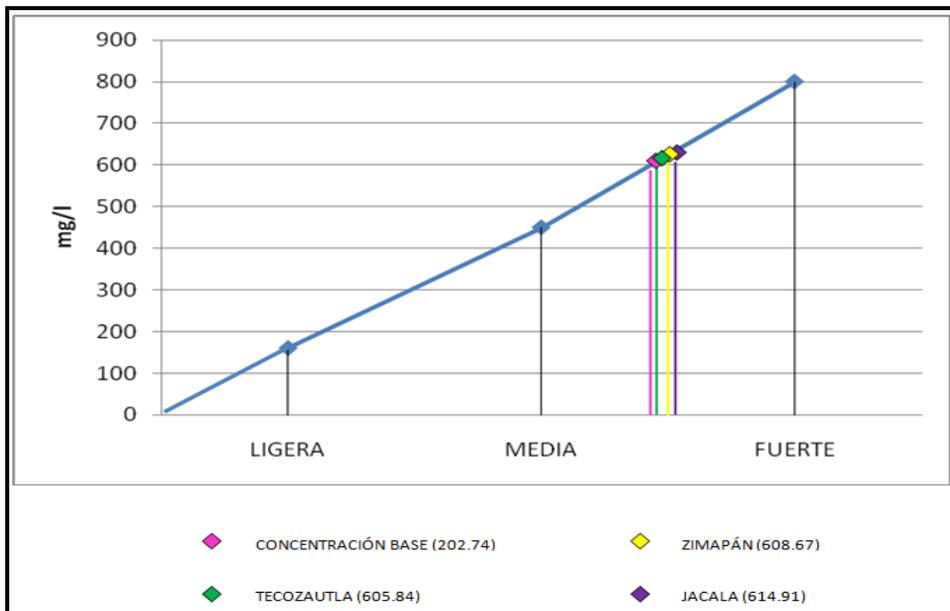


FIGURA 81.- Parámetro DQO comparado con la escala de gravedad

Los SS tienen como limite admisible establecido en la legislación 150 mg/l, encontrando que todos los municipios son no admisibles ya que están fuera de este rango, se ubican entre ligera y media de la escala de importancia (Figura 82).

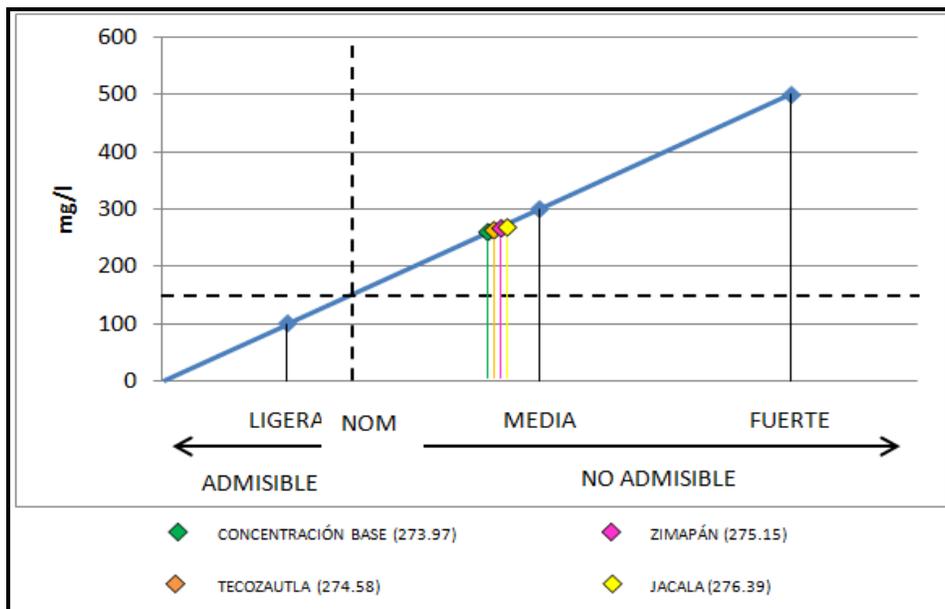


FIGURA 82.- Parámetro Sólidos Suspendidos comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la NOM

La escala de admisibilidad para el parámetro N es de 40 mg/l y las emisiones de los municipios están solo un poco por arriba de este valor lo que los hace no admisibles, en cuanto a la escala de importancia se localiza entre ligera y mas cercana a media (**Figura 83**).

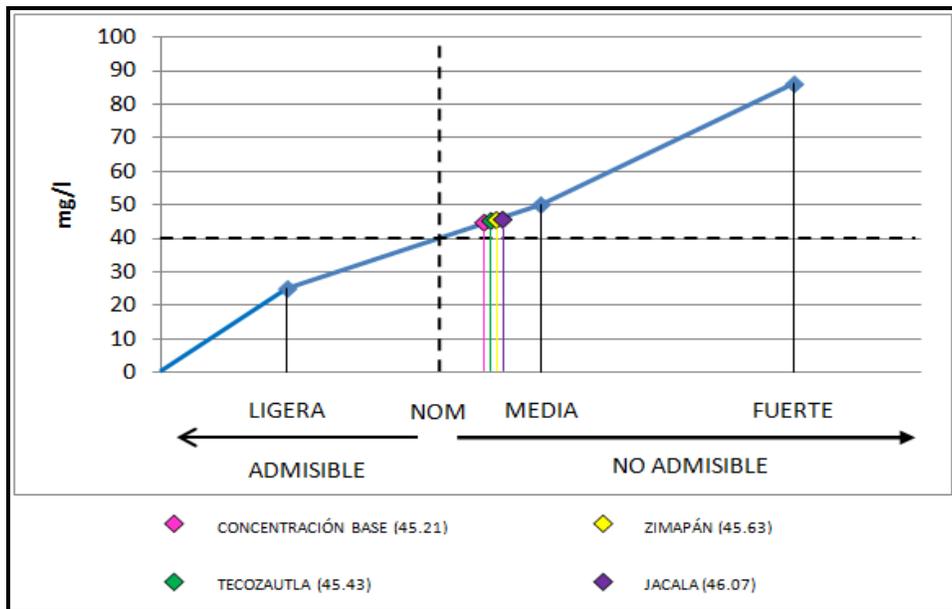


FIGURA 83.- Parámetro Nitrógeno comparado con la escala de gravedad y la NOM

El P tiene establecido 20 mg/l como escala de admisibilidad oficial y los valores de los municipios están muy por debajo de este valor por lo que son admisibles y en la escala de importancia se encuentra entre ligera y media (**Figura 84**).

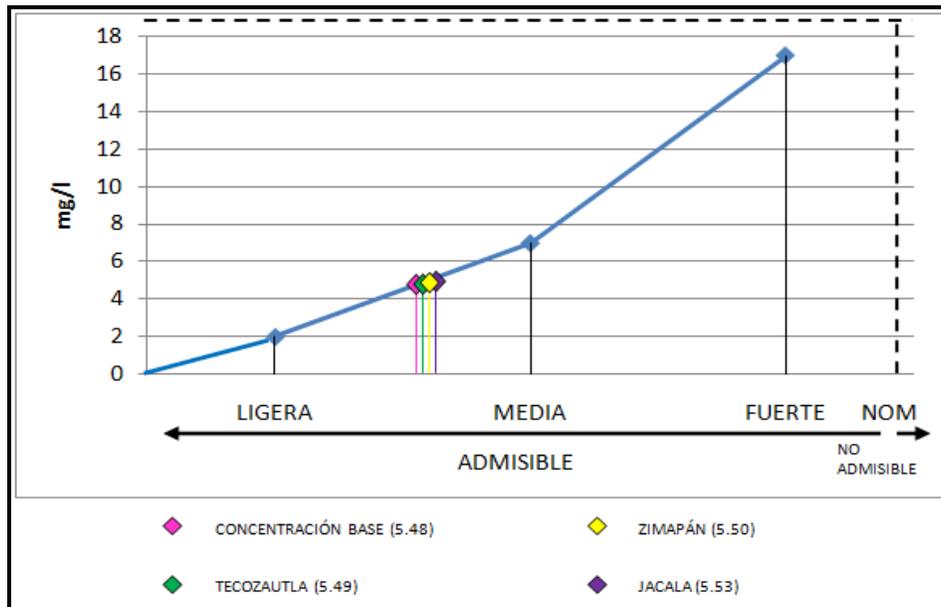


FIGURA 84.- Parámetro Fósforo comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la legislación mexicana

Las grasas y aceites tienen como límite de admisibilidad oficial 15 mg/l y los valores de las emisiones en los municipios se encuentran muy por debajo de este valor lo que los hace admisibles y tiene un rango entre ligera y media más cercana a media (**Figura 85**).

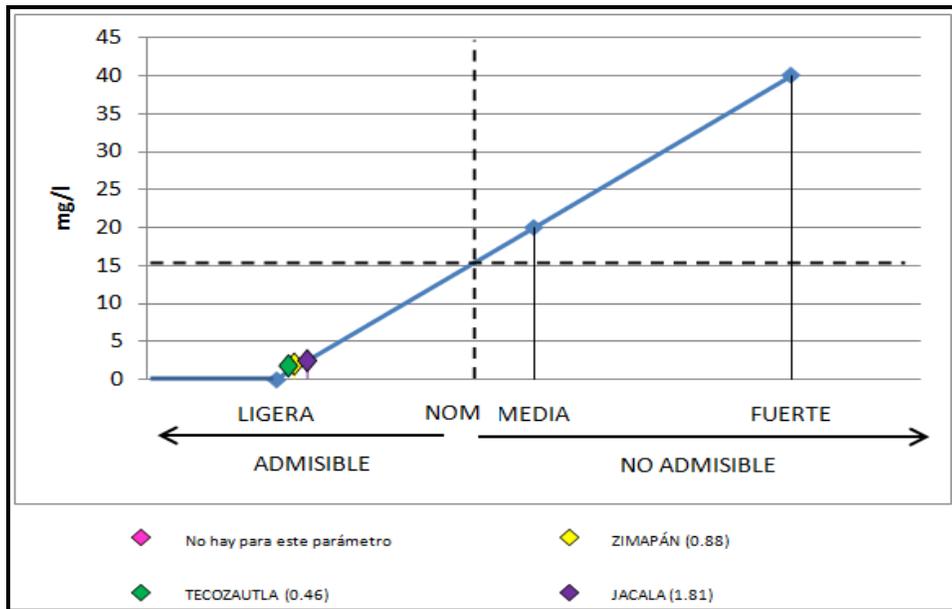


FIGURA 85.- Parámetro Grasas y Aceites comparado con la escala de gravedad y lo establecido en la legislación mexicana

Aunado a lo anterior se presenta la problemática en el municipio clave de la región en cuanto a la presencia de arsénico en el agua. Según estudios realizados en el periodo de 1992-1998 en las aguas de los pozos, norias y manantiales, del municipio de Zimapán, Estado de Hidalgo, México, se corroboró que existía un incremento en el contenido de arsénico rebasando los límites máximos permisibles por la NOM-127-SSA1-1994, ya que el agua de Zimapán tiene un alto contenido de Arsénico (0,480 mg/L) (Prieto-García, *et al*, 2006).

### 7.3 CALIDAD DEL SUELO

Para calcular la calidad de este medio se consideran los residuos sólidos de fuentes domésticas e industriales para todos los municipios que integran la zona de estudio.

#### 7.3.1 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos domésticos son recolectados por el departamento de limpieza de cada uno de los municipios, siendo este servicio solo para la cabecera municipal y las localidades que se localizan cerca a esta, lo que deja a gran parte de la población sin el servicio dejándoles la responsabilidad de deshacerse de sus residuos y lo hacen tirándola en cualquier lugar, quemándola o tratando de

reutilizar todo lo posible. La disposición final de los residuos que recolecta el departamento de limpia municipal es en un lugar rentado, destinado a recibir todos los desechos, el cual es a cielo abierto sin control suficiente, se encuentra a unos pocos kilómetros de la cabecera municipal y es de acceso fácil, lo que provoca fauna nociva.

La población tanto urbana como rural generan residuos sólidos, aunque en diferente cantidad, para el área de estudio se tiene un total de 26,720.46 ton/año, siendo 17,716.65 ton/año para la población rural y 9,003.81 ton/año para la población urbana (**Tabla XLII**).

TABLA XLII.- Cantidad de habitantes en cada municipio, dividido por urbana y rural y el total de toneladas al año de residuos sólidos que generan.

MUNICIPIO	EXTENSIÓN (km <sup>2</sup> )	HABITANTES	POBLACIÓN URBANA (hab)	POBLACIÓN RURAL (hab)	ton/año		
					RSU	RSU	TOTAL
					POBLACIÓN URBANA	POBLACIÓN RURAL	
18	239	20,577	3,730	16,847	1,089.16	2,459.66	3,548.82
31	347	12,057	3,855	8,202	1,125.66	1,197.49	2,323.15
40	180	10,096	469	9,627	136.95	1,405.54	1,542.49
43	393	6,202	336	5,866	98.11	856.44	954.55
47	429	4,522	512	4,010	149.50	585.46	734.96
49	159	17,214	1,832	15,382	534.94	2,245.77	2,780.71
58	167	15,429	3,635	11,794	1,061.42	1,721.92	2,783.34
59	576	31,609	5,000	26,609	1,460.00	3,884.91	5,344.91
84	861	34,476	11,466	23,010	3,348.07	3,359.46	6,707.53
<b>TOTAL</b>	<b>3,351</b>	<b>152,182</b>	<b>30,835</b>	<b>121,347</b>	<b>9,003.81</b>	<b>17,716.65</b>	<b>26,720.46</b>

El sitio de disposición final de los residuos debe contar con ciertas características específicas, como las que se describen posteriormente. Los tiraderos de los municipios de la región no cuentan con estas características y así están en funcionamiento (**Tabla XLIII**).

El aprovechamiento de los residuos es el conjunto de acciones que recuperan el valor económico de los residuos mediante su reutilización, rediseño, reciclado y recuperación. El área de emergencia es el sitio destinado 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 la 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. 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. La interfase es la barrera

de suelo natural o intercalada con material sintético o natural, necesario para evitar el paso de lixiviado. El manual de operación es el documento que describe las diferentes actividades involucradas en la operación del sitio de disposición final. El monitoreo ambiental consiste en 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 geométricamente en un plano. El Tratamiento es el procedimiento físico, químico, biológico o térmico, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad. El sitio controlado es aquel 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 la Norma.

TABLA XLIII. Características específicas presentes en los sitios de disposición final de los residuos en cada uno de los municipios.

MUNICIPIO	CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CHAPULHUACÁN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓
JACALA	✓	X	X	✓	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	✓
LA MISIÓN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓
NICOLÁS FLORES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓
PACULA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓
PISAFLORES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓
TASQUILLO	✓	X	X	✓	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	✓
TECOZAUTLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓
ZIMAPÁN	✓	X	X	✓	✓	✓	X	X	X	✓	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.

La NOM-083-SEMARNAT-2003 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 XLIV**). Según estos criterios los sitios de disposición final con lo que se cuentan en la región son del tipo D ya que reciben diariamente menos de 10 toneladas de residuos.

TABLA XLIV. Tipos de sitios de disposición final de residuos sólidos

TIPO	CANTIDAD RECIBIDA (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 para garantizar la protección del ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales, la minimización de los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos, en la **Tabla XLV** se observan los estudios y análisis son los que se debe de cumplir para el sitio.

TABLA XLV. Estudios con los que debe cumplir el sitio de disposición final de residuos sólidos.

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	

Para los sitios de disposición final de los municipios de la zona de estudio no se realiza ningún tipo de estudio previo a la designación del sitio, lo que nos dice que la ubicación del sitio es incorrecta y por ello la protección al ambiente es nula en estos sitios, lo que llevara a problemas posteriores.

#### 7.4 CALIDAD DE RIQUEZA BIOLÓGICA

Se determinaron indicadores de magnitud, realizando el cálculo mediante el conocimiento del número de especies de flora, fauna y hongos reportados para la región, el número de especies de las reportadas que se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2001, y la extensión territorial del área de estudio.

De la recopilación bibliográfica realizada se tienen reportadas 1,274 especies para la región, siendo 870 especies de flora, 390 especies de fauna y 14 especies de hongos. De las 1,274 especies reportadas 56 se encuentran en alguna categoría de la NOM, la extensión territorial de la zona es de 3,296 kilómetros cuadrados.

##### INDICADOR DE RIQUEZA BIOLÓGICA (IRB)

Indicador basado en la relación entre el total de especies reportadas y la extensión territorial de la zona de estudio, dando como resultado una cantidad que permite comparar la presencia de especies por kilómetro cuadrado de la extensión territorial.

$$1,274 \text{ especies} / 3,296 \text{ km}^2 = 0.387$$

El resultado nos indica el número de especies que encontramos por kilómetro cuadrado, siendo un número bajo, pero bueno para la calidad de la biodiversidad ya que entre mayor sea el número resultante mayor será el impacto directo de la contaminación de aire, agua y suelo sobre la especies. Esta es una estimación ya que tenemos el problema que no todas las especies están descritas debido a la falta de estudios en el área, que se tomaron en cuenta solo especies silvestres dejando fuera a las domésticas y que la extensión territorial es muy grande. También es importante saber que depende del grupo que se este hablando ya que su distribución es diferente, de la misma manera que varían sus funciones. En una segunda etapa se realizará el cálculo por municipio para poder comparar entre los municipios que conforman el área de estudio.

##### INDICADOR DE RIQUEZA BIOLÓGICA PROTEGIDA (IRBP)

Es un indicador determinado por la relación entre el número de especies que se encuentran dentro de una de las cuatro categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y el total de especies reportadas para la región, el número obtenido de resultado indica la presencia de especies dentro de la NOM por kilómetro cuadrado del área de estudio.

$$56 \text{ especies} / 3,296 \text{ km}^2 = 0.017$$

Este indicador al proporcionar la cantidad de especies que están en la NOM que se encuentran por kilómetro cuadrado de la región, da una perspectiva del cuidado que se debe tener en la zona de estudio al conocer que se tiene especies que son de interés, así se regularan las actividades antropogénicas realizadas, y las actividades de conservación necesarias para la región que ayuden a mantener la diversidad biológica.

#### RELACIÓN ENTRE ESPECIES PROTEGIDAS Y NO PROTEGIDAS

Indicador obtenido por la relación entre el total de especies reportadas y el número de especies que se encuentran en la NOM, resultando un número que indica la proporción que le corresponde a las especies con alguna categoría de la NOM del total de especies reportadas.

$$56 \text{ especies protegidas} / 1,274 \text{ especies reportadas} = 0.044$$

Se presenta la proporción de especies con alguna categoría de riesgo de la NOM del total que se tienen reportadas para la región, sabiendo que no existe una gran cantidad de especies protegidas, ya que solo es el 4.4% del total de las reportadas.

# **RECOMENDACIONES**

## **8 RECOMENDACIONES**

### **RECOMENDACIONES PARA AIRE**

Para el medio aire los automotores son los principales causantes de las emisiones contaminantes y en menor proporción el sector industrial por lo que se recomienda lo siguiente:

- Que los automotores tengan su verificación vehicular actualizada.
- Dar a conocer a la población la importancia de tener el aire libre de contaminantes
- Promover el uso mínimo de automóviles particulares y más uso de transporte público
- No quemar basura.
- Que los molinos de mármol presentes en la región cuenten con un filtro que evite que todo vaya al aire.

### **RECOMENDACIONES PARA AGUA**

Para el agua las fuentes de mayor interés son las domésticas ya que en todos los casos el drenaje es conectado a un cuerpo de agua, las recomendaciones son:

- Que el servicio de drenaje abarque a más localidades del municipio y no se concentre sólo en la cabecera municipal.
- Mejorar las tuberías para brindar mejor servicio.
- Que el lugar de desemboque del drenaje no sea un cuerpo de agua directamente ni un lugar que posteriormente llevara a un cuerpo de agua los efluentes.
- Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, para reutilizarlas.

### **RECOMENDACIONES PARA SUELO**

Para el medio suelo la principal problemática es la disposición final de los residuos sólidos generados, se recomienda:

- Hacer conciencia en la población para que haga un buen manejo de sus residuos, y desde sus hogares realicen la separación de la basura.
- Que el servicio de recolección sea más eficiente y que el personal este preparado para manejar los residuos adecuadamente.
- El servicio de recolección debe incrementarse a las localidades lejanas.
- Que el relleno sanitario funcione correctamente teniendo un encargado capacitado y conocedor del tema.

# ***CONCLUSIONES***

## 9 CONCLUSIONES

Se realizó el inventario de las distintas fuentes emisoras de contaminación, conociendo su ubicación y la cantidad (ton/año) de emisiones contaminantes, en aire, agua y suelo. Resultando un total de 105 fuentes de las cuales 90 son del sector 11 Producción agropecuaria, 3 del sector 31 Producción de alimentos subsector 3111a Mataderos y 12 del sector 36 Industria de minerales no metálicos. El municipio con mayor número de fuentes es Zimapán con 20 fuentes.

Se elaboró una base de datos de las distintas fuentes emisoras de contaminantes, el tipo de contaminante emitido y la cantidad que emiten a los medios agua, aire y suelo

El presente trabajo es una aportación importante al conocimiento de la zona de estudio ya que representa el primer registro sobre emisiones contaminantes. Las limitantes a enfrentar fueron la poca accesibilidad a los sitios y a la información de las industrias, así como las características de un estudio de esta naturaleza.

Crear bases de datos para conocer el estado ambiental real, necesitamos información confiable y reciente, en este trabajo se generan bases de datos por medio de una técnica reconocida por el sector salud y así contribuir a la realidad ambiental de la zona. Siendo este es el aporte del conocimiento del trabajo.

Para el aire se realizaron los cálculos de las emisiones de las fuentes móviles que son los automotores registrados para cada municipio dividiéndolos en los que usan gasolina y diesel y las fuentes fijas que son el sector industrial. Sumadas ambas fuentes dieron el total de 22,586.71 ton/año de los cuales 22,559.16 son para las fuentes móviles y 27.55 para las fuentes fijas.

Los cálculos para el agua se basaron en las emisiones de los efluentes domésticos y el sector industrial dando como resultado la emisión de 179,683.22 ton/año para la región, el sector industrial fue el de mayor cantidad de emisiones con un total de 168,958.60 ton/año mientras que los efluentes domésticos fueron 10,724.62 ton/año.

Para evaluar el suelo se tomó en cuenta la generación de residuos sólidos por persona tanto en poblaciones urbanas como rurales, y lo referente al sector industrial obteniendo 26,767.44 ton/año, los efluentes domésticos son los de mayor cantidad con 26,720.46 ton/año y lo referente al sector industrial fue 46.98 ton/año.

Para la región de la Sierra Gorda en aire, agua y suelo se identificó un total de 229,037.37 ton/año de emisiones contaminantes, de los cuales 179,683.22 ton/año los presenta el agua siendo este medio el más contaminado representando el 78.45% del total de emisiones para la región, seguido del suelo con 26,767.44 ton/año, que es el 11.69% de las emisiones totales de la región y al final el aire con 22,586.71 ton/año siendo el restante 9.86% de emisiones contaminantes registradas en la región.

En cuanto a los parámetros el más representativo para el agua son los SS con un total de 147,874.10 ton/año de emisiones, en el suelo son los RSU con 26,720.46 ton/año y para el aire es el parámetro CO con 11,311.42 ton/año.

Para evaluar la calidad del aire la legislación ambiental mexicana ofrece normas que ayudan a la evaluación, aunque las normas están en unidades de ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) contrastante con los resultados que obtenemos de la técnica que maneja unidades de (ton/año), por ello se optó por la comparación de los datos que obtuvimos por ERFCa con los resultados de otros municipios donde se ha aplicado la técnica. Y se realizó un cálculo para saber la cantidad con la que se contamina por kilómetro cuadrado y por habitante. Resultando que la calidad del aire es admisible. Como no se pudo determinar la calidad del aire, en un próximo estudio se realizarán monitoreos para poder determinarla y tener un estudio más completo.

La calidad del agua se realizó mediante las normas oficiales mexicanas, realizando la conversión necesaria para manejar las mismas unidades, se utilizó la escala de admisibilidad de la norma y se construyó la escala de gravedad para conocer el estado del ambiente. Se compararon los datos obtenidos de la técnica con lo establecido en las normas y con la escala de gravedad construida, dando como resultado que la calidad del agua es no admisible. En la calidad del agua no se tomaron en cuenta las emisiones del sector 11 por lo que en un próximo trabajo se le pondrá mayor interés y se verificarán las descargas de sus desechos. El servicio de drenaje no es brindado para toda la población debido a que los municipios son muy grandes y su población está muy dispersa.

La evaluación de la calidad del suelo se determinó con el análisis de los sitios de disposición final de los residuos sólidos, encontrando que estos sitios no cumplen con las características requeridas de un sitio de disposición final. Por lo tanto, la calidad del suelo es no admisible. En la calidad del suelo es más importante lo doméstico entonces se tiene que poner atención en este punto para una mejora.

Se realizó una recopilación bibliográfica, reportándose 1,274 especies descritas de las cuales 56 se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001. Se determinó un indicador cuantitativo de la distribución de las especies reportadas por kilómetro cuadrado de la zona, otro indicador de las especies reportadas que se encuentran en la NOM por kilómetro cuadrado y un indicador de la relación entre las especies de la NOM y las especies total reportadas. Las cifras de las especies reportadas no son cifras definitivas, debido a que difieren de lo que se encuentra en la región debido a la falta de más estudios, y de otros que actualicen la información existente. Además que solo se tomaron en cuenta especies silvestres y no las especies domésticas.

En el presente trabajo se comprobó la eficacia de la técnica empleada ya que se obtuvieron los resultados de una manera rápida y sin costos elevados, los cuales ayudarán al conocimiento de la

situación ambiental de la región, y se podrá tomar buenas decisiones para el manejo de la situación ambiental al tener identificados los principales problemas y las fuentes generadoras.

Este trabajo servirá como referencia para posteriores estudios de este tipo que complementen y actualicen el presente trabajo para mantener un conocimiento de la situación del ambiente de la región, aumentando el número de referencias sobre el tema, complementando estudios sobre riqueza biológica, para con esto tomar mejores decisiones acerca del manejo de los recursos. Los problemas detectados proporcionan una base de datos que ayudará a resolver dichos problemas y a una mejor toma de decisiones.

## 10 REFERENCIAS

- Álvarez-Zúñiga, E. (2008) El género *Quercus* en el Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo y morfología foliar de *Quercus laeta* Liebm. Tesis de Licenciatura. Área Académica de Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, México, 93 pp.
- Arriaga L., Espinoza J.M., Aguilar C., Martínez E., Gómez L. y Loa E. (coords). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México..
- Arriaga-Cabrera L., Aguilar-Sierra V., Alcocer-Durand J., Jiménez-Rosenberg R., Muñoz-López E., y Vázquez-Domínguez E. (coords.). (1998). *Regiones hidrológicas prioritarias*. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Arteaga Castillo B., Vega Monter E., Silva Escamilla M. E. y Camargo Arteaga S. (2000). *Hidalgo, joya cultural de México*. México, Segunda edición. Ángeles editores, México, D.F. 271 pp.
- 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*. Cont. Amb. 19(4), 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*. Cont. Amb. 20(1), 13-22.
- CANACINTRA (2005). *Directorio de empresas afiliadas*. Cámara Nacional de Industria de la Transformación. Hidalgo, Delegación Pachuca. 30 pp.
- Ceballos G. y Eccardi F. (2003). *Animales de México en peligro de extinción*. Talleres de Offset Reboasán. México, D.F. 203 pp.
- COEDE (2000) Base de datos de angiospermas y gimnospermas, briofitas, pteridofitas, fungí, mamíferos, insectos, peces, crustáceos
- COPARMEX (2005). *Directorio de empresas afiliadas*. Confederación Patronal de la República Mexicana. Pachuca, Hidalgo. 25 pp.

- Cousillas M. J. (1994). *El régimen de evaluación del impacto ambiental en el Uruguay*. Revista de política y derecho ambientales en América Latina y el Caribe. 1(3), 229-242.
- CONANP (2007). *Estudio previo justificativo para la modificación del decreto por el que se pretende re categorizar el Parque Nacional Los Mármoles como área de protección de flora y fauna*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 90 pp.
- Delgado L. y Márquez J. (2006). *Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros scarabaeoidea (insecta) del estado de Hidalgo, México*. Acta Zoológica Mexicana. 22(2). 57-108.
- Español-Echániz I. (1995). *Impacto ambiental*. E.T.S. Madrid, España. 195 pp.
- Gálvez-Aguilar V. M. (2008). Estudio florístico de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Área Académica de Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, México, 63 pp.
- Hernández-Muñoz A., Hernández-Lehmann P y Gordillo-Martínez A. J. (2006). *Manual para la evaluación de impactos ambientales*. Inncive. Madrid, España, 770 pp.
- Ibañez-Bernal S. (1993). Los mosquitos del estado de Hidalgo, México, (Diptera: Culicidae) En: *Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México*. (M.A. Villavicencio-Nieto, Y. Marmolejo-Santillán y B.E. Pérez-Escandón, Eds). UAEH, México, pp 233-337.
- INEGI (1992). Síntesis geográfica del Estado de Hidalgo. Síntesis. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México, D.F. 134 pp.
- INEGI (2005). Principales datos por localidad, II conteo de población y vivienda. Censo. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México. D.F. pp
- Jiménez-Cisneros B. E., (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. Limusa. México. 925 pp.
- Lamothe-Argumedo R., García-Prieto L., Osorio-Sarabia D. y Pérez-Ponce de León G. (1996). *Catálogo de la Colección Nacional de Helmitos*. UNAM. México, D.F. 211 pp.
- Marín-Rojo, L. A. (2009). Estudio florístico de la barranca de los Mármoles, Zimapán, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Área Académica de Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, 43 pp.
- Martínez-Morales M.A., Ortiz-Pulido R., de la Barreda, B., Zuria I.L., Bravo-Cadena J. y Valencia Herverth J. (2007). Hidalgo En: *Avifaunas Estatales de México*. (R. Ortiz Pulido, A.

Navarro Singüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas Soto, y T.A. Peterson Eds.). CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. pp. 49-95.

- Meyrán G J. (1993) La familia Crasulaceae en el estado de Hidalgo. En: *Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México*. (M.A. Villavicencio-Nieto, Y. Marmolejo-Santillán y B.E. Pérez-Escandón, Eds). UAEH, México, pp 11-36.
- Miller-Tyler G. (1994). *Ecología y Medio Ambiente*. Iberoamericana. México D.F. 784 pp.
- Moreno-Tovar, R. (1998). *Caracterización mineralógica y química de desechos mineros (Jales), aplicada a la recuperación de valores económicos en Zimapán y Pachuca, Estado de Hidalgo*. Maestro en Ciencias en la especialidad de geología. Instituto Politécnico Nacional (IPN). México, D.F. 89 pp.
- Pavón N. P. y Meza-Sánchez M. (2009). *Cambio climático en el estado de Hidalgo: clasificación y tendencias climáticas*. UAEH. Hidalgo, México. 168 pp.
- Prieto-García F., Callejas-Hernández J., Román-Gutiérrez A. D., Prieto-Méndez J., Gordillo-Martínez A. J. y Méndez Marzo M. A. (2007). Acumulación de arsénico en el cultivo de habas (*Vicia faba*). *Agronomía Costarricense*. 31(2), pp.
- Reyes Cruz V. E., Urbano Reyes G., Veloz Rodríguez M. A. y González Martínez I. (2008) Caracterización electroquímica de suelos contaminados por residuos mineros del distrito minero de Zimapán, Hidalgo. *Boletín de mineralogía* 18, pp.
- Ramírez-Cruz S. (2008). La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Área Académica de Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo. 65 pp.
- Rivera-Macías V.H., (2007). Evaluación del impacto ambiental ocasionado por la actividad humana en el Parque Nacional Los Mármoles. Tesis de Maestría. Área Académica de Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto Hidalgo, México, 145 pp.
- Rzedowski J. (2005). *Vegetación de México*. CONABIO. México, D. F. 504 pp.
- SAGARPA (2008). Inventario ganadero por municipio del año 2008. Secretaría de Ganadería y Recursos Pesqueros. Inventario. Pachuca, Hidalgo. 12 pp.
- Scheinvar L. (1993). Datos preliminares sobre la flora cactológica del estado de Hidalgo En: *Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México*. (M.A. Villavicencio-Nieto, Y. Marmolejo-Santillán y B.E. Pérez-Escandón, Eds). UAEH, México, pp 37-110.

- SEMARNAT (2001) Norma Oficial Mexicana 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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo de 2002.
- SEMARNAT (2004). 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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 20 de octubre.
- SEMARNAT (1999). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 06 de agosto.
- SEMARNAT (1997). 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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 06 de enero.
- SEMARNAT (2007). Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 13 de septiembre de 2007.
- SEMARNAT (2008). Compendio de estadísticas ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Formato CD.
- SEMARNAT (2007). ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Libro. México, 192 pp.
- SEMARNAT. (2001). Bases de política para la prevención de la contaminación del suelo y su remediación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, 64pp.
- Soria-Barreto M., Alcántara Soria Lilián y Soto Galera E. (1996). Ictiofauna del estado de Hidalgo. Zoología informa. 33, 55-78 pp.
- Strobbe A. M. (1973). *Orígenes y control de la contaminación ambiental*. Continental. México, D.F. 483 pp.

- Terrón-Sierra R. A. (1993). Nuevos registros de coleópteros Cerambycidae del estado de Hidalgo, México (Insecta: Coleoptera) En: *Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México*. (M.A. Villavicencio-Nieto, Y. Marmolejo-Santillán y B.E. Pérez-Escandón, Eds). UAEH, México, pp 213-232.
- Turk A., Turk J y Wittes J. (2004). *Ecología, Contaminación, Medio Ambiente*. McGraw-Hill Interamericana. México, D.F. 227 pp.
- Villavicencio Nieto M. A. y Pérez Escandón B. E. (1995). *Plantas útiles del Estado de Hidalgo I*. UAEH. Pachuca de Soto, Hidalgo, México. 120 pp.
- Villavicencio Nieto M. A., Pérez-Escandón B. E. y Ramírez Aguirre A. (2002). *Plantas útiles del Estado de Hidalgo II*. UAEH. Pachuca de Soto, Hidalgo, México. 247 pp.
- Villavicencio Nieto M. A. y Pérez Escandón B. E. (2006). *Plantas útiles del Estado de Hidalgo III*. UAEH. Pachuca de Soto, Hidalgo, México. 237 pp.
- Villavicencio Nieto M. A., Pérez-Escandón B. E. y Ramírez Aguirre A. (1998). *Lista florística del Estado de Hidalgo, Recopilación bibliográfica*. UAEH. Pachuca de Soto, Hidalgo, México. 247 pp.
- Weitzenfeld H. (1988). *Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo)*. Traducción de WHO Offset Publication No. 62/1982. ECO-SEDUE, Metepec, 220 pp.

# ***ANEXOS***

## ANEXO 1

### LISTA DE INDUSTRIAS IMPORTANTES CON CODIGOS DE CLASIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA	3211 g Acrílico
1110a Corral de engorde para reses	3211 h Poliester
1110b Corral de engorde para cerdos	
1110c Corral de engorde para pollos	MANUFACTURA DE CUERO
1110d Corral de engorde para corderos	3231a Tenerías de cuero (a base de sales de cromo)
1110e Corral de engorde para pavos	3231b Tenerías de cuero (con agentes vegetales)
1110f Corral de engorde para patos	3231e Terminados de cuero solamente
1110g Granjas lecheras	MANUFACTURA DE MADERA Y PRODUCTOS DE MADERA Y CORCHO,EXCEPTO MUEBLES
1110h Granja de gallinas ponedoras	3311a Manufactura de madera terciada
	3311 b Manufactura de tablonces
PRODUCCION DE ALIMENTOS	MANUFACTURA DE PULPA, PAPEL Y CARTON
3111a Mataderos	3411a Pulpa sulfatada (Kraft)
3111b Empacadoras	3411b Pulpa sulfitada
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	
	MANUFACTURA DE PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES
INDUSTRIA DE BEBIDAS	Productos químicos industriales básicos
3131a Destilerías de alcohol	3511 a Acido clorhídrico
3132 Producción de vino	3511 b Acido sulfúrico
3133a Manufactura de malta y licor de malta	3511 e Acido nítrico
3133b Fermentación de cerveza	3511d Acido fosfórico (sin laguna)
3133c Producción total de cerveza	3511e Acido fosfórico (con laguna)
3134 Industrias de refrescos yaguas carbonatadas	3511 f Acido fosfórico (proceso térmico)
	3511g Amoníaco
MANUFACTURA DE TEXTILES	3511h Hidróxido de sodio (cátodo de mercurio o proceso Castner-Kellner)
3211a Lana (incluyendo estregado)	3511i Hidróxido de sodio(celda de diafragma)
3211 b Lana (sin estregar)	3511j Acido fluorhídrico
3211c Algodón	3511k Pigmentos de cromo
3211d Rayón	
3211e Acetato	
3211f Nailon	Productos químicos orgánicos básicos

3511m Proceso continuo no-acuoso	de materias primas tales como carne,
3511n Proceso continuo fase-vapor (uso del agua como diluyente o absorbente)	cuero y cromo)
3511o Sistema de reacción fase líquida	REFINACION DE PETROLEO
3511p Proceso discontinuo (intermitente o semi-continuo)	3530a Refinerías de destilación primaria
Fertilizantes	3530b Refinerías de pirólisis a presión baja
3512a Superfosfato normal (20% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3530c Refinerías de pirólisis a presión alta
3512b Superfosfato triple (48% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3530d Refinerías de aceite de lubricación
3512c Fosfato de amonio (20% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3530e Refinerías petroquímicas
3512d Fosfato di-amonio (20% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3530f Refinerías integrales
Plaguicidas	3530g Re-refinación de aceite lubricante gastado
3512e DDT	MANUFACTURA DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO y CARBON
3512f Herbicidas de hidrocarburos clorados	3540 Manufactura de productos asfálticos
3512g Carbamatos	3540a Pavimentación asfáltica
3512h Paratión	3540b Techado asfáltico
Resinas sintéticas, plásticas y fibras	3540c Filtro para construcción y hormigón
3513a Fibras de rayón	MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE CAUCHO
3513b Elastómeros vulcanizables caucho sintético	3551a Manufactura de llantas y cámaras
3513c Poliolefinas (polietilenos)	3551b Otros productos de caucho
3513d Resinas de poliestireno y copolímeros	INDUSTRIA DE MINERALES NO METALICOS
3513e Resinas vinílicas (PVC)	3610 Manufactura de cerámica, porcelana y loza de barro
3513f Resinas de poliéster y alquídicas	3620 Manufactura de vidrio y productos de vidrio
3513g Resinas fenólicas	3691 Manufactura de productos de arcilla estructural
3513h Resinas acrílicas (polímero a granel)	3692 Manufactura de cemento
3513i Resinas acrílicas (polímero emulsionado)	3697 Manufactura de cal
MANUFACTURA DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS	INDUSTRIA METALICA BASICA
3521 Manufactura de pinturas, barnices y lacas	Industria del hierro y el acero
3522 Manufactura de drogas y medicinas	3710a Horno de coque metalúrgico
3522a Productos biológicos	3710b Horno de chorro
3522b Productos médicos, químicos y botánicos	3710c Horno de acero BOF
3523 Jabones y limpiadores	3710d Horno de acero abierto
3523a Jabón de herbor en caldera	3710e Horno de acero de arco eléctrico
3523b Jabón de ácidos grasos	3710f Fundidoras de acero y hierro gris
3523c Detergentes	Industria básica de metales no ferrosos
3523d Refinación de glicerina	3720a Manufactura de aluminio a partir de bauxita
3523e Detergentes líquidos	
3529 Manufactura de goma animal (a partir	

3720b Fundición primaria de aluminio  
3720c Fundición secundaria de aluminio  
3720d Fundición de cobre a partir de minerales sulfitados  
3720e Refinación electrolítica de cobre  
3720f Fundición secundaria de cobre  
3720g Fundidorasde 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 METALICOS, 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 coque

## ANEXO 2

### LISTA DE ABREVIATURAS

DBO <sub>5</sub>	Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días
DQO	Demanda química de oxígeno
SS	Sólidos suspendidos
PST	Partículas suspendidas totales
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
NO <sub>x</sub>	Oxidos de nitrógeno
HC	Hidrocarburos
CO	Monóxido de carbono
NOM	Norma Oficial Mexicana
SEMARNAT	Secretaría de medio ambiente y recursos naturales

### **ANEXO 3**

#### **FORMATO DE LA ENCUESTA APLICADA AL DEPARTAMENTO DE LIMPIEZA DE CADA MUNICIPIO**

1. ¿Cuántas y cuales son las rutas con las que cuentan?
2. ¿Cuáles son los días y horarios de esas rutas?
3. ¿Cuántos camiones tienen?
4. ¿Con cuántos empleados cuentan?
5. ¿Cuanto se recolecta al día?
6. ¿A qué porcentaje de la población municipal se le brinda el servicio?
7. ¿Cuáles son los motivos por los cuales no se atiende al resto de la población?
8. ¿Dónde se encuentra el basurero municipal?
9. ¿Qué características presenta el basurero municipal?

### **ANEXO 4**

#### **FORMATO DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS ENCARGADOS DEL RASTRO MUNICIPAL**

1. ¿Qué animales matan?
2. ¿Cuántos animales matan al día?
3. ¿Cuál es el peso en promedio de los animales en pie?
4. ¿Qué hacen con la sangre y vísceras?
5. ¿En donde depositan los desechos generados?

### **ANEXO 5**

#### **FORMATO DE ENCUESTAS REALIZADA A LAS FUENTES INDUSTRIALES**

1. ¿La empresa esta en funcionamiento?
2. ¿Cuál es el giro de la empresa?
3. ¿Cuántos empleados tienen?
4. ¿Cuál es su producción?