



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

**ICBI
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
LIC. EN BIOLOGÍA**

**INVENTARIO DE FUENTES
CONTAMINANTES EN LA REGIÓN DEL
VALLE DE TULANCINGO, HIDALGO,
MÉXICO.**

P.D.B. MILDRED ALICIA ORTIZ GUEVARA

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. RENÉ BERNARDO ELÍAS CABRERA CRUZ

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO 2010

**El presente trabajo de investigación generó un congreso Internacional
Cabrera C.R.B.E., Gordillo M. A.J., Ortiz G.M.A. y Otazo S.E.M. (2010).
“Inventario de Contaminación Ambiental en la Región del Valle de Tulancingo,
Hidalgo, México”. Modalidad oral. IX Congreso Internacional y XV Congreso
Nacional de Ciencias Ambientales. Chetumal Quintana Roo.**

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un inventario de fuentes de contaminación ambiental en aire, agua y suelo en la Región del Valle de Tulancingo, Hidalgo, México. La metodología empleada está basada en la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA). Ésta técnica permite realizar estimaciones indirectas de las principales fuentes contaminantes al aire, agua y suelo, de manera rápida y a un bajo costo. Los resultados obtenidos fueron agrupados de acuerdo a las fuentes de contaminación por municipio, por sector y por tipo de contaminante. El total de la contaminación para aire fue de 40,123.23 ton/año, para fuentes móviles con motor a gasolina fue de 35,427.87 ton/año, para diesel fue de 3,870.59 ton/año y para fuentes industriales fue de 824.77 ton/año. Para agua el total de la contaminación fue de 103,629.57 ton/año, y se clasificó de la siguiente manera; para fuentes domésticas un total de 18,012.40 ton/año, para el sector industrial fue de 17,191.88 ton/año y el sector agropecuario (11) con un aporte de 68,425.29 ton/año. Para suelo se obtuvo un total de 61,728.72 ton/año, para fuentes domésticas 59,600.70 ton/año y para fuentes industriales 2,128.02 ton/año. En base a estos resultados se determinó la calidad ambiental a partir de las Normas Oficiales Mexicanas; se utilizó la NOM-041-ECOL-1999 que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible y la NOM-041-ECOL-1999 que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible. Para agua se utilizó la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece el límite máximo permisible de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales y para 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 manejo especial. Estos resultados proporcionaron elementos para la toma de decisiones y para la prevención de la contaminación en la región.

ÍNDICE

1.	Introducción.	12
2.	Antecedentes.	14
2.1.	La problemática ambiental en el mundo.	15
2.2.	Situación ambiental en México.	17
2.2.1.	Contaminación al aire.	17
2.2.2.	Contaminación al agua.	19
2.2.3.	Contaminación al suelo.	21
2.3.	Situación en Hidalgo.	22
3.	Objetivos.	27
3.1.	General.	27
3.2.	Particular.	27
4.	Justificación.	28
5.	Metodología.	30
5.1.	Definición del área de estudio.	31
5.2.	Ubicación geográfica.	31
5.2.1.	Localización del área de estudio.	32
5.3.	Recolección de datos.	35
5.4.	Cálculos.	36
5.5.	Valoración de la calidad ambiental.	40
	Resultados inventario ambiental.	42
6.	Medio físico inerte.	43
6.1.	Geología.	43
6.1.2.	Fisiografía.	45
6.1.3.	Características hidrológicas regiones, cuencas y subcuencas.	47
6.1.3.1	Cuerpos de agua.	49
6.1.4.	Climas.	50
6.2	Medio físico biótico.	52
6.2.1	Tipos de ecosistemas.	53
6.2.2.	Zonas ecológicas.	53
6.2.3.	Tipos de vegetación.	55
6.2.4.	Ecorregiones.	57
6.2.5.	Áreas naturales protegidas.	59
6.2.6.	Regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad.	61
6.2.7.	Regiones hidrológicas prioritarias.	63
6.2.8.	Áreas de importancia para la conservación de las aves.	65
6.2.9.	Riqueza de flora y fauna.	66
6.3.	Medio socioeconómico.	74
6.3.1	Población.	75
6.3.2.	Uso de suelo.	75
6.3.3.	Uso potencial de la tierra.	76

6.3.4.	Agricultura y vegetación.	78
6.3.5.	Servicios.	81
6.3.6.	Vías de comunicación.	81
6.3.6.1	Carreteras.	81
6.3.6.2	Ferrocarriles.	83
6.3.7.	Telecomunicaciones.	83
6.3.8.	Fuentes fijas industriales presentes en la zona de estudio.	84
6.4.	Contaminación al aire.	86
6.4.1.	Emisiones al aire provenientes de fuentes de combustión móviles.	87
6.4.2.	Contaminación al aire por fuentes industriales.	92
6.4.3.	Contaminación total al aire.	95
6.4.4.	Recomendaciones para aire.	98
6.5.	Contaminación industrial al agua.	100
6.5.1.	Efluentes provenientes de fuentes domésticas.	105
6.5.2.	Contaminación total al agua.	107
6.5.3.	Recomendaciones para agua.	109
6.6.	Contaminación al suelo.	111
6.6.1.	Residuos sólidos urbanos.	113
6.6.2.	Contaminación total al suelo.	115
6.6.3.	Recomendaciones para suelo.	116
6.7.	Determinación de la calidad ambiental.	117
6.7.1.	Determinación de la calidad del aire.	118
6.7.2.	Determinación de la calidad del agua.	120
6.7.3.	Determinación de la calidad del suelo.	127
6.7.4.	Calidad de la riqueza biológica	129
6.7.5.	Indicador de riqueza biológica protegida	129
6.7.6.	Relación entre especies protegidas y no protegidas	130
7.	Conclusiones	132
8.	Referencias.	136
9.	Anexo I.	144
9.1.	Anexo II Abreviaturas.	146
9.2	Anexo III Formato de encuestas.	146

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Clave de los municipios que integran la zona de estudio.	32
II.	Características geográficas de los municipios que integran la Región del Valle de Tulancingo.	34
III.	Colindancias de los municipios que integran la zona de estudio.	34
IV.	Divisiones de la Actividad Manufacturera.	35
V.	Forma esquemática de presentar los resultados globales del inventario de emisores y emisiones.	38
VI.	Clasificación de fuentes de contaminación atmosférica.	38
VII.	Tipo de trabajo para el cálculo de cargas de desechos sólidos industriales.	39
VIII.	Geología presente en la zona de estudio.	44
IX.	Provincias fisiográficas presentes en la zona de estudio.	46
X.	Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas presentes en la zona de estudio.	48
XI.	Cuerpos y corrientes de agua presentes en la zona de estudio.	49
XII.	Climas presentes en la zona de estudio.	51
XIII.	Áreas naturales protegidas de competencia municipal en la zona de estudio.	59
XIV.	Clasificación de flora reportada en la zona de estudio.	67
XV.	Clasificación de hongos reportada en la zona de estudio.	69
XVI.	Clasificación de reptiles reportada en la zona de estudio.	70
XVII.	Clasificación de anfibios reportada en la zona de estudio.	71
XVIII.	Clasificación de aves reportada en la zona de estudio.	71
XIX.	Clasificación de artrópodos reportada en la zona de estudio.	72
XX.	Clasificación de mamíferos reportada en la zona de estudio.	73
XXI.	Flora y fauna presente en la zona de estudio.	73
XXII.	Población por municipio.	75
XXIII.	Uso potencial de la tierra en la zona de estudio.	77
XXIV.	Agricultura presente en la zona de estudio.	78
XXV.	Actividad presente en la zona de estudio.	79
XXVI.	Actividad pecuaria presente en la zona de estudio.	80
XXVII.	Viviendas que cuentan con el servicio de energía, agua y drenaje.	81
XXVIII.	Industrias clasificadas a partir de la técnica ERFCA en la zona de estudio.	84
XXIX.	Contaminación atmosférica proveniente de fuentes de combustión móviles a gasolina por municipio y por tipo de parámetro.	88
XXX.	Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor a diesel por municipio y por tipo de parámetro.	89
XXXI.	Emisiones contaminantes por fuentes fijas industriales por tipo de parámetro en la zona de estudio.	92

XXXII.	Emisiones contaminantes al aire por fuentes fijas industriales por sectores en la zona de estudio.	93
XXXIII.	Total de contaminación emitida al aire por municipio y por tipo de parámetro en la Región del Valle de Tulancingo.	96
XXXIV.	Contaminación total a la atmósfera por fuentes fijas y móviles en la zona de estudio.	97
XXXV.	Emisiones contaminantes por efluentes industriales por municipio y tipo de parámetro en la región del Valle de Tulancingo.	100
XXXVI.	Emisiones contaminantes por fuentes fijas industriales por sector manufacturero para cada municipio.	103
XXXVII.	Emisiones contaminantes al agua por fuentes domésticas por municipio y por tipo de parámetro.	105
XXXVIII.	Contaminación total por efluentes domésticos e industriales por municipio y por parámetro de contaminación en la zona de estudio.	107
XXXIX.	Contaminación total al agua por efluentes domésticos, industriales y sector agropecuario por municipio en la zona de estudio.	108
XL.	Contaminación emitida al suelo por municipio y sector en la región del Valle de Tulancingo.	111
XLI.	Contaminación por efluentes industriales por municipio y composición del desecho.	112
XLII.	Generación de residuos sólidos municipales de acuerdo al coeficiente de generación (kg/hab/día).	114
XLIII.	Total de la contaminación al suelo por fuentes domésticas e industriales.	115
XLIV.	Emisiones contaminantes por habitante y superficie cuadrada en los municipios que integran la zona de estudio.	119
XLV.	Comparación de emisiones contaminantes al aire de la zona de estudio, con municipios del estado de Hidalgo.	119
XLVI.	Escala de referencia para determinar la calidad ambiental en la región del Valle de Tulancingo.	120
XLVII.	Contaminación por efluentes doméstica e industrial.	122
XLVI.	Escala de referencia para determinar la calidad ambiental en la región del Valle de Tulancingo.	120
XLVII.	Contaminación por efluentes doméstica e industrial.	122
XLVIII.	Características específicas que deben cumplir los sitios de disposición final.	127
XLIX.	Indicadores bióticos para la zona de estudio.	129
L.	Indicadores de especies reportadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 para la zona de estudio.	130

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Localización del área de estudio en la república mexicana.	31
2.	Municipios que integran la zona de estudio.	33
3.	Geología de la zona de estudio.	43
4.	Provincias del estado.	45
5.	Subprovincia del Eje Neovolcánico	46
6.	Regiones hidrológicas en el estado y zona de estudio.	47
7.	Corrientes de agua presentes en el estado de Hidalgo.	50
8.	Distribución climática del estado y zona de estudio.	50
9.	Tipos de vegetación presentes en la zona de estudio.	56
10.	Ecorregiones del estado de Hidalgo.	58
11.	Áreas naturales protegidas de competencia municipal en la zona de estudio.	60
12.	Área natural protegida municipal “El Campanario”.	61
13.	Área natural protegida municipal “Mixquiapan”.	61
14.	Regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México.	63
15.	Regiones hidrológicas prioritarias para la conservación en la república mexicana.	64
16.	Áreas de importancia para la Conservación de las Aves.	65
17.	Algunas especies de flora enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.	69
18.	Algunas especies de hongos enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2001.	70
19.	Algunas especies de aves enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2001.	71
20.	Uso potencial agrícola presente en la zona de estudio.	77
21.	Actividad presente en la zona de estudio.	79
22.	Actividad pecuaria presente en la zona de estudio	80
23.	Carreteras y ciudades importantes del estado de Hidalgo.	82
24.	Carretera federal número 130 que llega a Tulancingo.	82
25.	Estación terrena más importante del país.	83
26.	Total de fuentes analizadas en la zona de estudio.	85
27.	Emisiones contaminantes de automóviles con motor a gasolina, por municipio en la Región del Valle de Tulancingo (ton/año).	88
28.	Porcentaje de emisiones contaminantes al aire con motor a gasolina por municipio en la zona de estudio.	88
29.	Emisiones contaminantes por tipo de parámetro en la Región del Valle de Tulancingo (ton/año).	89
30.	Porcentaje de emisiones contaminantes a gasolina por tipo de parámetro.	89
31.	Emisiones contaminantes con motor a diesel por municipio en la Región del Valle de Tulancingo (ton/año).	90
32.	Porcentaje de emisiones contaminantes al aire, por fuentes móviles con motor a diesel en la zona de estudio.	90
33.	Contaminación emitida al aire con motor a diesel por tipo de parámetro en la zona de estudio (ton/año).	90
34.	Porcentaje de emisiones contaminantes al aire con motor a diesel por tipo de parámetro en la zona de estudio.	90

35.	Contaminación a gasolina y diesel en la zona de estudio.	91
36.	Porcentaje de emisiones contaminantes de fuentes móviles con motor a gasolina y diesel.	91
37.	Contaminación al aire por fuentes móviles.	91
38.	Contaminación emitida al aire por fuentes fijas industriales en la zona de estudio (ton/año).	92
39.	Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por fuentes fijas industriales en la zona de estudio.	92
40.	Emisiones contaminantes al aire por tipo de parámetro en la zona de estudio (ton/año).	93
41.	Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por tipo de parámetro.	93
42.	Emisiones contaminantes al aire por ladrilleras en el municipio de Cuautepec.	94
43.	Contaminación por fuentes fijas industriales en la Región del Valle de Tulancingo por sector manufacturero (ton/año).	94
44.	Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por sector manufacturero.	94
45.	Total de la contaminación emitida al aire por fuentes móviles y fijas (industriales) a la región del Valle de Tulancingo en ton/año.	96
46.	Porcentaje total de la contaminación emitida al aire a la región del Valle de Tulancingo.	96
47.	Incendio en el municipio de Tulancingo.	96
48.	Total de la contaminación emitida al aire en la zona de estudio por tipo de parámetro en ton/año.	97
49.	Porcentaje total de la contaminación emitida al aire a la región del Valle de Tulancingo por tipo de parámetro.	97
50.	Emisiones contaminantes por efluentes industriales por municipio en la zona de estudio (ton/año).	101
51.	Emisiones contaminantes por efluentes industriales por municipio en la zona de estudio (ton/año).	101
52.	Emisiones contaminantes provenientes de efluentes industriales, por tipo de parámetro en la zona de estudio.	102
53.	Porcentaje de emisiones contaminantes por tipo de contaminante.	102
54.	Contaminación por desechos agropecuarios en Tulancingo de Bravo.	102
55.	Espuma formada por contaminantes en Santiago Tulantepec.	102
56.	Contaminación por lactosuero en Tulancingo de Bravo.	103
57.	Contaminación proveniente de efluentes industriales por sector industrial en la zona de estudio.	104
58.	Porcentaje de contaminantes al agua por fuentes fijas industriales por sector manufacturero en la zona de estudio.	104
59.	Río contaminado por llantas y basura en Cuautepec de Hinojosa.	104

60.	Río contaminado por residuos domésticos e industriales en Cuauhtepc de Hinojosa.	104
61.	Contaminantes provenientes de efluentes domésticos por municipio en la zona de estudio.	106
62.	Porcentaje de emisiones contaminantes al agua provenientes de efluentes domésticos en la zona de estudio.	106
63.	Emisiones contaminantes provenientes de efluentes domésticos por tipo de parámetro en la zona de estudio.	106
64.	Porcentaje de contaminación al agua por tipo de contaminante.	106
65.	Total de la contaminación emitida al agua por fuentes industriales y domésticas en la zona de estudio.	107
66.	Porcentaje total de la contaminación emitida al agua por fuentes industriales y domésticas.	107
67.	Drenaje vertido directamente a la corriente de agua en el municipio de Cuauhtepc.	108
68.	Agua contaminada por residuos de textiles en el municipio de Santiago Tulantepec.	108
69.	Desechos producidos por fábricas textiles.	111
70.	Contaminación emitida al suelo por fuentes industriales en la región del Valle de Tulancingo.	112
71.	Porcentaje de emisiones al suelo por fuentes industriales por municipio en la región del Valle de Tulancingo.	112
72.	Porcentaje de desecho.	113
73.	Contaminación emitida al suelo por fuentes urbanas en la región del Valle de Tulancingo.	114
74.	Porcentaje de emisiones al suelo por fuentes urbanas por municipio en la región del Valle de Tulancingo.	114
75.	Basurero municipal a cielo abierto en Tulancingo de Bravo.	115
76.	Basurero municipal a cielo abierto en Acatlán.	115
77.	Evaluación de la calidad ambiental para DBO en los municipios que integran la zona de estudio.	123
78.	Evaluación de la calidad ambiental para DQO en los municipios que integran la zona de estudio.	124
79.	Evaluación de la calidad ambiental para SS en los municipios que integran la zona de estudio.	124
80.	Evaluación de la calidad ambiental para aceites en los municipios que integran la zona de estudio.	125
81.	Evaluación de la calidad ambiental para nitrógeno en los municipios que integran la zona de estudio.	126
82.	Evaluación de la calidad ambiental para fósforo en los municipios que integran la zona de estudio.	126



INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se realizó un inventario de contaminación ambiental emitida a la región del Valle de Tulancingo, localizando las fuentes importantes industriales que generan algún tipo de contaminante en la región. La zona de estudio se ubica en la parte sureste del estado de Hidalgo, limita al norte y al este con la región de Tenango de Doria, al oeste con la Comarca Minera, al sureste con el estado de Puebla y al sur con la región de los Llanos de Apan.

En la parte de antecedentes se aborda el tema de la problemática ambiental que enfrenta el mundo en la actualidad, donde diversos medios se ven afectados, tales como el aire, agua, suelo, la flora, la fauna y todos los ecosistemas, tanto terrestres como marinos, ocasionando la modificación acelerada de su hábitat, el agotamiento de los recursos naturales y la extinción de miles de especies.

En el siguiente apartado se describe la metodología (ERFCA) empleada en el presente trabajo, dicha técnica permite realizar la evaluación de la zona de estudio de manera rápida y a un costo relativamente bajo. En la parte de resultados del inventario ambiental se analiza la zona de estudio, la ubicación geográfica y sus coordenadas; además de las características geológicas, fisiográficas, climatológicas, orográficas, hidrológicas, entre otras. En la parte del inventario biótico se describe la vegetación y ecosistemas presentes en la zona de estudio además se da un panorama general de la riqueza biótica.

En la parte de resultados al aire, agua y suelo se muestran las estimaciones indirectas de aportes contaminantes para cada medio, por tipo de parámetro y por sector. Se dan además algunas recomendaciones para la mitigación de la contaminación en la zona de estudio.

En la parte de la valoración de la calidad ambiental se obtuvieron los resultados para cada medio aire, agua y suelo de la zona de estudio. La calidad se determinó en base a la Normas Oficiales Mexicanas; para aire se utilizó la NOM-041-ECOL-1999 que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible y la NOM-041-ECOL-1999 que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que

usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible. Para agua se utilizó la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece el límite máximo permisible de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales y para 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 manejo especial.



ANTECEDENTES

2. ANTECEDENTES

2.1 LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN EL MUNDO

Actualmente, las alteraciones provocadas por las personas comprenden casi todos los aspectos del mundo natural: el aire, agua, suelo, la flora, la fauna y todos los ecosistemas, tanto terrestres como marinos, ocasionando la modificación acelerada de su hábitat, el agotamiento de los recursos naturales y la extinción de miles de especies. Esto se debe principalmente a cuatro tendencias globales; expansión demográfica, degradación de los suelos, cambios atmosféricos mundiales, y la pérdida de biodiversidad (Nebel y Wright, 1999).

En América Latina y el Caribe la degradación ambiental se ha incrementado en las tres últimas décadas. Las principales presiones sobre el medio ambiente y los recursos naturales son el crecimiento de la población, la desigualdad creciente de los ingresos, la planificación limitada, en especial en zonas urbanas y la alta dependencia de la explotación de recursos naturales de muchas economías. Se han degradado más de 300 millones de hectáreas de tierras y casi 30% de los arrecifes en el Caribe están considerados en peligro (PNUMA, 2002).

En América del Norte se consumen más energía y recursos per cápita que en cualquier otra región. Esto ocasiona graves problemas al medio ambiente y a la salud humana. Si bien las emisiones de muchos contaminantes del aire se redujeron apreciablemente en los últimos 20 años, la región es el mayor contribuyente per cápita de gases de efecto invernadero, principalmente por el alto consumo de energía. Sigue existiendo preocupación por los efectos de la exposición a los plaguicidas, los contaminantes orgánicos y otros compuestos tóxicos. Los cambios en los ecosistemas debidos a la introducción de especies foráneas están amenazando la diversidad biológica. Muchos recursos costeros y marinos están casi agotados o gravemente amenazados (PNUMA, 1999).

En Asia y el Pacífico la sobrepoblación, la pobreza y la falta de aplicación de las medidas normativas han complicado los problemas ambientales en muchas partes de la región. Los recursos biológicos han sido importantes para la subsistencia durante mucho tiempo, han sido explotados comercialmente en forma creciente. La descarga de aguas de alcantarillado y otros desechos han contaminado gravemente al agua dulce. La sedimentación de ríos y embalses,

causada en gran medida por la deforestación a gran escala, ha dado como resultado pérdidas económicas. La urbanización, la industrialización y el turismo, sumados al aumento demográfico en las costas, han ocasionado la degradación de muchas zonas costeras. Más del 60% de los manglares de Asia han sido convertidos a la acuicultura. La contaminación atmosférica en algunas ciudades tiene uno de los niveles más altos del mundo. (PNUMA, 2002).

En Europa occidental el transporte por carretera constituye la principal fuente de contaminación del aire de las zonas urbanas, y en general el nivel de las emisiones es elevado. Más de la mitad de las grandes ciudades de Europa explotan en demasía sus recursos de aguas subterráneas, y se han presentado informes respecto de muchos países en relación con un nivel importante de contaminación de las aguas subterráneas mediante nitratos, plaguicidas, metales pesados e hidrocarburos. Las zonas marinas y costeras también son susceptibles al daño ocasionado por múltiples fuentes (PNUMA, 1999).

En África el estrés hídrico o escasez del agua y degradación de las tierras es uno de los principales problemas ambientales en la región. Los costos en aumento de los tratamientos para el agua, los alimentos importados, la atención médica y las medidas de conservación de los suelos no sólo están ampliando la vulnerabilidad humana y la inseguridad en materia de salud, sino que también están absorbiendo los recursos económicos de los países africanos. La expansión de la agricultura hacia zonas marginales y la destrucción de hábitat naturales como bosques y humedales ha sido una gran fuerza impulsora de la degradación de las tierras. La pérdida de recursos biológicos se traduce en la pérdida del potencial económico y de opciones para desarrollar el comercio en el futuro. Estos cambios negativos, sin embargo, han sido atemperados por el récord impresionante de África relativo a la conservación de la vida silvestre, donde se destacan una red bien establecida de zonas protegidas (Gómez y Dirzo, 1995).

En la actualidad, el mundo se encuentra gravemente amenazado por el calentamiento global, el deterioro de la capa de ozono, la erosión, la acumulación de desperdicios tóxicos, la contaminación, etc. Sin embargo, existe un problema ambiental que, a largo plazo, sobrepasa en importancia a todos los demás; la pérdida de la diversidad biológica de nuestro planeta, esa riqueza de especies, ecosistemas y procesos ecológicos (Gómez y Dirzo, 1995). Por lo que, es necesario encontrar la manera de hacer frente a las causas fundamentales

de los problemas ambientales y tomar las medidas normativas que permitan reducir las amenazas que acosan al medio ambiente.

2.2 SITUACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO

La industrialización ha tenido efectos negativos al provocar la degradación ambiental, principalmente por la generación de contaminantes. El rápido crecimiento poblacional y los patrones de consumo son factores que han propiciado la sobreexplotación de los recursos naturales y la degradación ambiental. (SEMARNAT, 2005).

En México, el primer instrumento jurídico que reguló las actividades del ser humano con el fin de evitar, prevenir y controlar la contaminación ambiental, fue la promulgación de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en 1971 y en 1982 se publicó otra ley que incorporó términos de Impacto Ambiental y de manifestación, la cual abrogó la ley anterior, quedando la Ley Federal de Protección al Ambiente. Pero fue hasta 1988 cuando la evaluación del impacto ambiental se fortaleció con la expedición de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (SEMARNAT, 2007).

2.2.1 CONTAMINACIÓN AL AIRE

En el curso del siglo pasado por primera vez la sociedad se percató que la atmósfera constituye un recurso natural compartido y susceptible de degradación como consecuencia de procesos que tienen lugar a nivel local y que pueden adquirir una connotación global, al provocar fenómenos como el cambio climático mundial y el deterioro de la capa de ozono, de implicaciones graves para la humanidad. La liberación creciente de contaminantes al ambiente por fuentes antropogénicas, como las industrias y el transporte, se ha sumado a fenómenos naturales como la erosión, los incendios forestales o las erupciones volcánicas, que también contribuyen a la emisión de los contaminantes atmosféricos (GEO, 2004)

La contaminación atmosférica tiene efectos tanto a nivel local como regional y global. México enfrenta problemas de calidad del aire en sus principales zonas metropolitanas, destacando el Valle de México. La calidad del aire es una preocupación permanente, ya que los signos más notorios de la disminución en su calidad, como la menor visibilidad y el incremento en las molestias y enfermedades asociadas a la contaminación. También se encuentran los efectos

a nivel regional, como la afectación de los bosques y ecosistemas acuáticos debido a las lluvias ácidas (como ocurrió en el norte de Europa y está sucediendo actualmente en China) o, incluso, a nivel mundial, como el cambio climático y la reducción del espesor de la capa de ozono estratosférico, cuyos efectos más evidentes se manifiestan en Antártica y otras regiones del planeta (PNUMA, 2006).

En México los antecedentes de los inventarios de emisiones se remontan al año de 1988, cuando se implementó el Sistema Nacional del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas, así como el estudio encaminado a cuantificar las emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México, patrocinado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón. A partir de esa fecha se han ampliado los datos sobre emisiones de tal forma que, actualmente, se tiene información relacionada con las emisiones de fuentes fijas para las principales zonas urbanas del país y algunos corredores industriales (GEO, 2004).

Actualmente se cuenta con registros de contaminantes atmosféricos en 52 zonas metropolitanas y poblaciones. En todas ellas los contaminantes se miden aplicando procedimientos estandarizados a nivel internacional. La red más completa y antigua se localiza en la zona metropolitana del Valle de México, que hoy en día tiene 36 estaciones de monitoreo automático y 13 estaciones de monitoreo manuales (SEMARNAT, 2005).

Como respuesta al problema de la contaminación del aire, el gobierno federal, en coordinación con autoridades estatales y municipales y con la participación del sector académico, ha establecido programas para mejorar la calidad del aire: Proaires. Estos programas representan uno de los principales instrumentos desarrollados para revertir las tendencias de deterioro. Además, incorporan una visión de mediano y largo plazo y proponen acciones concretas para la reducción y control de las emisiones. Dicho programa se ha implementado en zonas metropolitanas que por sus características, como número de habitantes, actividades industriales, parque vehicular, condiciones climáticas y geográficas, entre otras presentan los mayores problemas de contaminación atmosférica (SEMARNAT, 2005).

De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio presentada en 2004, la actividad humana está ejerciendo presión sobre las funciones naturales de la Tierra, que ya no puede garantizarse la capacidad de los

ecosistemas para sustentar las necesidades de las nuevas generaciones. (SEMARNAT, 2005).

2.2.2 CONTAMINACIÓN AL AGUA

Para México la disponibilidad del agua es muy diferente, ya que, depende de la variación temporal y el porcentaje de contaminación que presenta (Jiménez 2001).

Las características físicas del territorio nacional producen condiciones hidrológicas muy particulares; su tamaño relativamente grande (casi dos millones de kilómetros cuadrados), la influencia que tienen los 11 208 km de costa tanto en el Pacífico como en el Atlántico, su ubicación geográfica, en particular en relación con los grandes cinturones de vientos y la trayectoria de los huracanes, su complicada topografía, en gran parte resultado de la actividad tectónica ocurrida durante el cenozoico y su relieve sumamente accidentado con grandes variaciones altitudinales, ocasionan intensos contrastes en la disponibilidad del agua en el país. Más de la mitad del territorio está ocupado por zonas áridas y semiáridas, donde las lluvias son escasas, aunque también existen amplias zonas húmedas y subhúmedas en el sureste (SEMARNAT, 2005).

La distribución del agua se concentra principalmente en el sur del país en las cuencas de los ríos Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Pánuco y Balsas; mientras que en el Norte y altiplano central se registra casi el 20% del escurrimiento medio anual y es allí donde se encuentran las dos terceras partes de la población, la mayor parte de la industria y las zonas agrícolas (Jiménez 2001).

El país se ha dividido en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas debido a que las cuencas son las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, esto con el fin de organizar la administración y preservación de las aguas nacionales. Las Regiones Hidrológico-Administrativas están formadas por agrupaciones de cuencas, respetando los límites municipales para facilitar la integración de la información socioeconómica (CONAGUA, 2009).

Una de las problemáticas que enfrenta el país es la sobreexplotación de los acuíferos. En 1975 existían 32 acuíferos sobreexplotados, cifra que se elevó a 36 en 1981, 80 en 1985 y 104 en 2004, lo que representa ya 16% del total de

acuíferos registrados en el país. Los acuíferos sobreexplotados se concentran en Baja California, Noroeste, Cuencas Centrales del Norte, Río Bravo y Lerma-Santiago-Pacífico. Además 16 acuíferos tienen problemas de intrusión salina, 12 de ellos están sobreexplotados (GEO, 2004).

El uso racional del agua subterránea es indispensable, ya que cada vez un número mayor de regiones dependerá de sus reservas almacenadas en el subsuelo con la principal y quizá única fuente de líquido. En la actualidad el 70% del agua que se suministra a las ciudades proviene de acuíferos y con ésta se abastece a alrededor de 75 millones de personas (SEMARNAT, 2005).

Se calcula que en 2004 se extrajeron 75 km³ de agua de los ríos, lagos y acuíferos del país para los principales usos consuntivos, lo que representa 16% del agua disponible (SEMARNAT, 2005).

La contaminación que presenta el agua es muy variada, desechos urbanos e industriales, los drenados de la agricultura y de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas, los efluentes de plantas depuradoras, los subproductos de los procesos de depuración, la ruptura de drenajes, entre otros; y por lo tanto, se clasifica de acuerdo a su naturaleza en químicos, biológicos y físicos (Jiménez, 2001).

El uso consuntivo predominante en México es el agropecuario, ya que en la actualidad 76% del agua extraída se utiliza para el riego de 6.3 millones de hectáreas y para los usos pecuario, acuacultura y otros, representando sólo el 6.5%, le sigue el uso para abastecimiento público con 14% y el industrial con 10%. Las hidroeléctricas emplean para su funcionamiento un volumen promedio de 133 km³ de agua para generar 28 435 GWh de electricidad (14% del total del país), pero no la consumen (CONAGUA, 2009).

La calidad de agua se ve afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y la cantidad misma en ríos y lagos. (PNUMA, 2006).

2.2.3 CONTAMINACIÓN AL SUELO

Desde el siglo XVIII, pero más intensamente en los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas. En la actualidad los sistemas de cultivo y ganaderos ocupan alrededor de una cuarta parte de la superficie terrestre, transformación que ha sido impulsada en gran parte para resolver el enorme aumento de la demanda de alimentos, agua, fibras y combustibles. La pérdida de superficies boscosas es uno de los factores más importantes en el cambio climático global, toda vez que alteran ciclos biogeoquímicos como el del agua y el carbono (SEMARNAT, 2005).

El cambio del uso del suelo suele considerarse como un problema local, sin embargo, su magnitud y ocurrencia a lo largo y ancho del mundo lo han convertido en un problema global (PNUMA, 2006).

Los suelos afectados por algún tipo de degradación en el país representan el 45% de la superficie (es decir, cerca de 88 millones de hectáreas). De esta superficie, 5% presenta un nivel de deterioro severo (irrecuperables a menos que se realicen proyectos de restauración) o extremo (cuya recuperación es materialmente imposible). El restante 95% de la superficie presenta niveles de degradación considerados ligeros o moderados (SNIARN, 2006).

Entre las principales causas de la degradación de los suelos están la agricultura y la ganadería, principalmente por el cambio de uso del suelo que se destina a estas actividades (cada una es responsable del 17.5% de la superficie degradada). La deforestación es la tercera causa (7.4%), le sigue la urbanización (1.5%). La sobreexplotación de la vegetación para consumo y las actividades industriales influyen en poco menos del 2% de la superficie nacional (SNIARN, 2006).

Por otra parte, la problemática de los residuos sólidos urbanos ha sido ampliamente diagnosticada a nivel mundial y diversos organismos internacionales, gubernamentales, técnicos, académicos y ciudadanos, han formulado técnicas para contrarrestar los impactos que, sobre el ambiente y la salud están produciendo. El reciclaje es una de las técnicas que más se han adecuado en los países en desarrollo principalmente para México, donde numerosas personas de distintos niveles de ingresos, comienzan a participar creativamente en la reutilización y reciclamiento de los residuos sólidos urbanos. (Aguilar, 1999).

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son sólo una parte de los residuos generados, por su importancia consumen alrededor de la tercera parte de los recursos invertidos por el sector público para abatir y controlar la contaminación (SEMARNAT, 2005).

Los residuos sólidos pueden tener varios efectos ambientales negativos. Cuando son vertidos en cuerpos de agua superficiales alteran la estructura física del hábitat e impactan negativamente la calidad del agua; el agua subterránea de los acuíferos puede contaminarse por la infiltración de los lixiviados derivados de los residuos que contienen materiales tóxicos depositados sobre ellos (Aguilar, 1999)

En México, poco más de la mitad de los residuos son de naturaleza orgánica, correspondiendo el 49% restante a residuos inorgánicos como el papel y cartón 15%, vidrio 6%, plástico 6%, textil 2%, metal 3% y otros tipos de basura 17%. (Aguilar, 1999).

Ante esta problemática es necesario proponer lineamientos que contribuyan a la creación de un programa de reciclamiento comunitario a nivel nacional; que en el marco jurídico mexicano tienda a resolver los problemas derivados de la proliferación de los desperdicios; propiciando, a la vez, la generación de empresas sociales productivas que sean económicamente viables, ecológicamente adecuadas y que tiendan hacia la sustentabilidad (Aguilar, 1999).

2.3 SITUACIÓN EN HIDALGO

Por su ubicación geográfica, Hidalgo posee una gran variedad de recursos naturales sobre una superficie que abarca a penas el 1% del territorio nacional con sus 20,905.12 km², divididos en tres zonas climáticas delimitadas por la presencia de la Sierra Madre Oriental, quien lo protege de los vientos húmedos del Golfo de México (INEGI, 1992).

Zona de climas cálidos y semicálidos de la Huasteca Hidalguense.

Zona de climas templados de la Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico.

Zona de climas secos y semisecos de la Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico.

Esta diferencia climática va ligada a la existencia de trece variedades de suelo en el territorio de la entidad. Sin embargo, solo el 11% de su superficie dispone de suelos de primera y otro 75% de suelos de calidad intermedia, el resto de suelos no son aptos para la agricultura producto de su topografía y de las condiciones orográficas; incidiendo directamente en la calidad y productividad de los suelos, la escasez de agua y la falta de infraestructura para irrigar las tierras destinadas a la agricultura (INEGI, 2005b).

Lo anterior permite la identificación de nueve regiones naturales que agrupan municipios con características similares. De esta manera, en la porción noroeste del estado se ha identificado íntegramente a la región de la Huasteca; en la parte correspondiente a la Sierra Madre Oriental se agrupan municipios en cinco diferentes regiones: sierra Alta, Sierra Baja, Sierra Gorda, Sierra Tepehua y Valle de Tulancingo; en la fracción central y sureste de la entidad se ubican el Valle del Mezquital Norte y Sur, y en la zona sur se sitúa la región del Altiplano (INEGI, 2004). Debido a lo anterior es importante estudiar las diferentes regiones presentes en el estado, ya que cada una cuenta con diferentes problemáticas.

La problemática del agua es compleja y tiene dos factores cruciales como son su disponibilidad y la calidad derivada del aprovechamiento. Dentro de los factores que aumentan la presión sobre el recurso están el crecimiento de la población humana, el desarrollo industrial y el avance de la producción agrícola con sistemas de riego por gravedad. La demanda del agua ha crecido en más de 600% en los últimos 100 años, lo anterior ha generado problemas de contaminación y deterioro en su calidad, y que se asocia sin un tratamiento adecuado a severas afectaciones a la salud humana y daños a los ecosistemas acuáticos (COEDE, 2003a).

En relación a las cuencas, se reconocen en el estado 16 zonas geohidrológicas con 22 acuíferos, cuya superficie es de 6400 km², que representa el 24% de la superficie estatal. Se estima la extracción de 656.4 millones de m³ anuales, a través de 1,550 aprovechamientos subterráneos. Al respecto, el balance geohidrológico indica una sobreexplotación por encima del volumen anual de recarga (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2005).

Es importante mencionar que los acuíferos Huichapan-Tecozautla, Valle de Tulancingo, Cuautitlán-Pachuca, están sobreexplotados, es decir, que la extracción es superior a la recarga al menos en un 10% (CONAGUA, 2009).

Estadísticas del Agua en México, para el 2002, la cuenca del Río Moctezuma incluye a la Presa Endhó y el Río de las Avenidas (Región Valle de México) y al Río Tulancingo (Región Golfo Norte) como cuerpos de agua altamente contaminados (COEDE, 2003a).

De acuerdo a la red de monitoreo en Hidalgo, los cauces de las corrientes con mayor grado de contaminación son el Emisor Central y el Río Avenidas, ya que transportan y son receptores de la mayor parte de las aguas residuales de origen variado, como las descargas sin tratamiento de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y del sur del Estado (Gobierno del Estado 2005). Le siguen el Río Salado y Río Tula que además de recibir las descargas de la ZMVM, reciben aportes de diferentes municipios del suroeste del estado conduciéndolas hasta las presas Endhó, Javier Rojo Gómez y Vicente Aguirre. Por otra parte, el uso principal que se les da a esta agua es el agrícola, alcanzando a irrigar más de 80 000 hectáreas en lo que corresponde al Valle del Mezquital con cultivos forrajeros principalmente, lo que representa en escala nacional la superficie de riego con aguas negras más grande de México (CONAGUA, 2009).

En la entidad el suelo de uso industrial ocupa el 0.91 % del territorio estatal y se registra un total de 1,750 empresas distribuidas en los 84 municipios. De ellas, 1,411 son generadoras de residuos peligrosos y 497 emiten contaminantes a la atmósfera, con efectos colaterales en la salud pública (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2005).

La población del Estado de Hidalgo, genera aproximadamente 1,850 toneladas por día de residuos sólidos municipales, estimando una producción per cápita de 827 gramos de basura al día. Los residuos sólidos se generan por materia orgánica (52%) e inorgánica (48%); y ésta última se compone de plástico, vidrio, metal, papel, cartón, textiles, principalmente. Su aprovechamiento es incipiente y se considera que la generación de plásticos es de 160.934 toneladas por día. Los municipios de Pachuca de Soto, Tula de Allende, Huichapan y Tepeji del Río son los únicos que cuentan con relleno sanitario para el confinamiento final de sus residuos generados; sin embargo, su operación incumple con la normatividad aplicable y en el 75% de los municipios de la entidad no existe reglamentación en la materia (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2005).

Por otro lado, la región del Valle de Tulancingo, es el segundo municipio en importancia del estado, presenta graves problemas de contaminación en agua, aire, suelo y pérdida de biodiversidad; lo que refleja la necesidad de realizar estudios que permitan informar el estado actual de dicha región. En el se concentra actividades del sector secundario, destacan la producción de textiles, lácteos, productos alimenticios, tejidos de punto, automotriz, autopartes, metalmecánica, confección de prendas de vestir (Gobierno del Estado, 2005).

Un estudio previo realizado en 14 municipios del estado de Hidalgo, donde se incluye la región del Valle de Tulancingo reporta una base de datos de emisiones contaminantes de naturaleza cualitativa como cuantitativa, este tipo de estudio corrobora la necesidad de realizar análisis a intervalos regulares, ya que las emisiones son cambiantes en espacio y tiempo y son dependientes de una serie de variantes socioeconómicas (Cabrera *et al* 2003).

Para la realización de este tipo de estudios, que permitan evaluar la calidad del aire, agua y suelo, existen diversas técnicas, aunque la mayoría son costosas y requieren de tiempos prolongados para su análisis. La técnica que en este estudio se plantea es la metodología propuesta por Weitzenfeld (1989), que por sus características se puede aplicar a países en desarrollo como México. Es una técnica rápida, la cual, se puede realizar a un costo relativamente bajo y permite dar estimaciones indirectas de las fuentes contaminantes de la zona a estudiar (Cabrera *et al* 2004).

La falta de estudios que diagnostiquen los problemas ambientales y la falta de vigilancia han sido factores cruciales para la constante degradación de los recursos naturales y han provocado una serie de afectaciones tanto a escala mundial como local.

Ante tal problemática es evidente la urgente necesidad de acciones respaldadas en investigaciones científicas serias que eviten la continuación de la contaminación del agua, aire, tierras, flora, fauna, etc. y la consiguiente destrucción de los ecosistemas en el estado y sobre todo en la región del Valle de Tulancingo. Con el fin de revertir dentro de lo posible los daños ya presentes a nivel ecológico es necesario determinar con claridad los problemas de salud en las personas y lograr el aprovechamiento racional de los recursos naturales.



OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

- Realizar un inventario de la contaminación emitida a la región del Valle de Tulancingo a través del cálculo de las emisiones contaminantes de fuentes diversas para evaluar la calidad de la zona de estudio.

3.2. PARTICULAR

- Determinar el número de fuentes generadoras de contaminación a través de la clasificación de los protocolos de la técnica ERFCA para calcular las emisiones
- Calcular la cantidad de residuos emitidos en aire, agua y suelo por medio de la aplicación de indicadores ambientales para conformar un inventario de contaminación ambiental.
- Analizar 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.

4. JUSTIFICACIÓN

En México la legislación para formular programas de inventarios periódicos de contaminantes no se encuentra establecida, por lo que las políticas de planeación ambiental deben tomar en cuenta la información disponible con respecto a las fuentes de contaminación de aire, agua y suelo ya sea cualitativa o cuantitativa.

La ciudad de Tulancingo es segunda en importancia del estado, en el se concentra la actividad comercial y poblacional estatal después de Pachuca de Soto, es considerada una gran zona industrial. Existe una amplia tradición de crianza de ovinos y engorda de bovinos, sustentada en la producción de cebada y maíz temporal. Es la región forestal con mayor superficie de aprovechamiento con el 65 % de la producción maderable en el estado junto con Pachuca. Cuenta además con innumerables atractivos naturales y culturales para crear una ruta de ecoturismo, así como turismo de aventura.

Es importante mencionar que debido a estas características, presenta una problemática ambiental que se ve reflejada en pérdida de hábitat y especies de flora y fauna silvestre, a causa principalmente de la deforestación, el cambio de uso del suelo, a los altos niveles de desertificación, sobreexplotación, entre otros. Por lo que, es de suma importancia realizar estudios que indiquen la situación actual de la región, en base a inventarios de contaminación ambiental que permitan la formulación y valoración de calidad ambiental.



METODOLOGÍA

5. METODOLOGÍA

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

La técnica ERFCA tiene por objeto destacar fuentes importantes (descargas de aguas municipales), de las que se sospecha tienen un impacto significativo en el medio ambiente del área de estudio. Algunas veces, las fuentes principales de contaminación pueden incluir también muchos grupos de fuentes más pequeñas, por ejemplo talleres de piezas metálicas, fábricas de cerámica, fábricas textiles, etc.

Se identificaron las mayores fuentes de desechos y contaminación que tienen impacto significativo en el bienestar de la población y en la calidad de los recursos naturales, mediante la información obtenida puede planearse estudios continuos de control de la contaminación de alta prioridad para lograr un manejo efectivo de la misma, y de este modo, es posible derivar directamente acciones de control ambiental.

Ya que la salud igual que el ambiente han estado siendo afectados por un creciente número y cantidad de contaminantes que se vierten sin control, la mejor manera de planear un programa técnico de control es el conocer antes que nada, las fuentes de contaminación y el volumen de los contaminantes que produce. Frente a lo demorado y costoso que significa estudiar en cada caso el volumen y tipo de contaminantes, la técnica Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA), propone una metodología para realizar una evaluación rápida de las fuentes, aprovechando las experiencias de los países y de la extensa literatura técnica disponible (la técnica ERFCA conjunta toda una serie de métodos particulares para determinados procesos, contaminantes o parámetros de contaminación, en un plano en específico -ya sea suelo, agua o aire-, determinando de todos estos coeficientes para el rápido cálculo de aportes contaminantes). (Weitzenfeld H, 1989) No se sabe de otra técnica similar.

La técnica ERFCA comprende los siguientes pasos:

5.1. 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. Aquí se escogió al municipio como frontera.

FRONTERAS ECONÓMICAS: Zonas industriales; distritos mineros, áreas de desarrollo económico; distritos de recolección de aguas/ alcantarillado/ desechos. (COPARMEX, 1997; CANACINTRA, 1997).

5.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El estado de Hidalgo se encuentra ubicado en la parte central de la República Mexicana y cuenta con 84 municipios que abarcan una superficie de 20 905.12km². Se localiza entre los paralelos 19°35'52'' y 21°25'00'' de latitud norte y entre los meridianos 97°57'27'' y 99°51'51'' de longitud oeste. Limita al norte con los estados de Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz y con el estado de México, al sur con Puebla, Tlaxcala y estado de México, al oeste con el estado de México y Querétaro y al este con Veracruz y Puebla (**Fig. 1**) (INEGI, 1992).



Figura 1. Localización del área de estudio en la república mexicana

5.2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Valle de Tulancingo se ubica en la parte sureste del estado de Hidalgo e inicia donde la sierra termina su conformación (INEGI 1992). Limita al norte y al este con la región de Tenango de Doria, al oeste con la Comarca Minera, al sureste con el estado de Puebla y al sur con la región de los Llanos de Apan, (Fig. 2) (Arteaga *et al* 2000). Se caracteriza por la presencia de algunas formaciones rocosas de origen volcánico, un extenso conjunto de riachuelos y arroyos. Además predomina una gran cantidad de canales de riego, bordos y presas (INEGI, 1992).

La región del Valle de Tulancingo esta conformado por cuatro municipios del estado y son (Tabla I): Acatlán que de acuerdo a la clasificación de INEGI le corresponde la clave 01, Cuauhtepic de Hinojosa con clave 16, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero 56 y Tulancingo de Bravo con clave 77 (INEGI, 2005b).

Tabla I. Clave de los municipios que integran la zona de estudio (INEGI, 2005b)

CLAVE DEL MUNICIPIO	NOMBRE DEL MUNICIPIO
01	ACATLÁN
016	CUAUTEPEC DE HINOJOSA
056	SANTIAGO TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO
077	TULANCINGO DE BRAVO

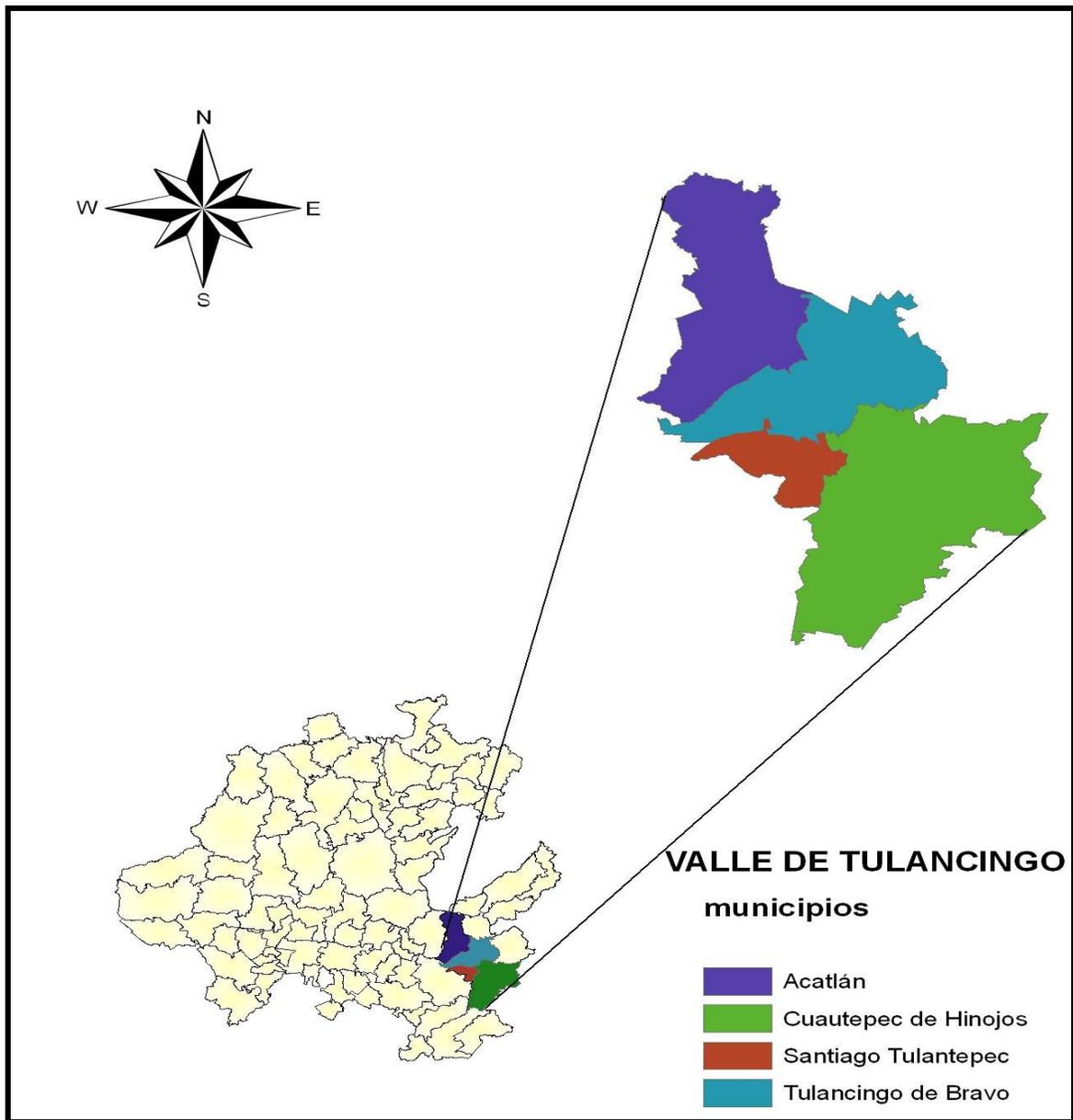


Figura 2. Municipios que integran la zona de estudio (Elaboración propia).

Se pueden observar las coordenadas geográficas de los municipios que integran la zona de estudio (**Tabla II**), además del porcentaje de la superficie territorial que ocupan en el estado y la altitud a la que se encuentran. Se muestra las colindancias al norte, sur, este y oeste de cada municipio (**Tabla III**) (INEGI, 2005b).

Tabla II. Características geográficas de los municipios que integran la Región del Valle Tulancingo (INEGI, 2005b).

MUNICIPIO	CABECERA MUNICIPAL	LATITUD (GRADOS)	NORTE (MINUTOS)	LONGITUD (GRADOS)	OESTE (MINUTOS)	ALTITUD (msnm)	% TERRITORIO ESTATAL
ACATLÁN	ACATLÁN	20	09	98	26	2120	REPRESENTA EL 0.83% DE LA SUPERFICIE DEL ESTADO
CUAUTEPEC DE HINOJOSA	CUAUTEPEC DE HINOJOSA	20	02	98	19	2240	REPRESENTA EL 1.83% DE LA SUPERFICIE DEL ESTADO
SANTIAGO TULANTEPEC DE LIGO GUERRERO	SANTIAGO TULANTEPEC	20	02	98	21	2180	REPRESENTA EL 0.32% DE LA SUPERFICIE DEL ESTADO
TULANCINGO DE BRAVO	TULANCINGO	20	05	98	22	2140	REPRESENTA EL 1.36% DE LA SUPERFICIE DEL ESTADO.

Tabla III. Colindancias de los municipios que integran la zona de estudio (INEGI, 2005b).

MUNICIPIO	COLINDANCIAS
01 ACATLÁN	NORTE: CON EL MUNICIPIO DE HUASCA DE OCAMPO, EL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE Y LOS MUNICIPIOS DE AGUA BLANCA DE ITURBIDE Y METEPEC ESTE: CON LOS MUNICIPIOS DE METEPEC Y TULANCINGO DE BRAVO SUR: CON LOS MUNICIPIOS DE TULANCINGO DE BRAVO Y SINGUILUCAN OESTE: CON LOS MUNICIPIOS DE SINGUILUCAN Y HUASCA DE OCAMPO
16 CUAUTEPEC DE HINOJOSA	NORTE CON LOS MUNICIPIOS DE TULANCINGO DE BRAVO Y ACAXOCHTLÁN ESTE CON EL ESTADO DE PUEBLA SUR CON EL ESTADO DE PUEBLA Y EL MUNICIPIO DE APAN OESTE CON LOS MUNICIPIOS DE TEPEAPULCO, SINGUILUCAN, SANTIAGO TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO Y TULANCINGO DE BRAVO.
56 SANTIAGO TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO	NORTE: CON EL MUNICIPIO DE TULANCINGO DE BRAVO ESTE: CON LOS MUNICIPIOS DE TULANCINGO DE BRAVO Y CUAUTEPEC DE HINOJOSA SUR: CON LOS MUNICIPIOS DE CUAUTEPEC DE HINOJOSA Y SINGUILUCAN OESTE: CON LOS MUNICIPIOS DE SINGUILUCAN Y TULANCINGO DE BRAVO.
77 TULANCINGO DE BRAVO	NORTE: CON LOS MUNICIPIOS DE ACATLÁN, METEPEC Y ACAXOCHTLÁN ESTE ACAXOCHTLÁN Y CUAUTEPEC DE HINOJOSA SUR: CON CUAUTEPEC DE HINOJOSA, SANTIAGO TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO Y SINGUILUCAN OESTE: SINGUILUCAN Y ACATLÁN.

5.3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para un estudio de esta naturaleza, la recopilación de datos es esencial, por lo que se procedió como primer paso, a identificar todas las posibles fuentes de datos. Mucha de esta información, se encuentra en publicaciones del gobierno, anuarios estadísticos y en directorios empresariales, por lo cual se elaboraron listas previas de fuentes de información empezando con dependencias federales, estatales y municipales, posteriormente con organismos privados y por último con fuentes de información general. Además, se recurrieron a encuestas directas en las industrias. Posteriormente se analizó la información y se elaboraron listas de empresas. Estas empresas se clasificaron 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, 1984) (**Tabla IV**).

De manera más específica, en el Anexo I se pueden apreciar los giros industriales considerados. Las que quedaron, son las que la técnica ERFCA considera.

Tabla IV. Divisiones de la Actividad Manufacturera (Weitzenfeld, 1984).

DIVISIÓN No.	TÍTULO DE LA CATEGORÍA.
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.

FUENTE: Indexes to the international standar industrial classification of all economic activities. Statistical papers. - Series M., No. 4, Rev. 2, Add 1. Indexed edition - Statistical Office of the United Nations, New York, Department of economic and social affairs, 1971.

Una vez terminada la clasificación, se procedió a realizar visitas a cada una de las empresas clasificadas de acuerdo al ERFCA, en el municipio dentro del área de estudio, tomando en cuenta para la recolección de la información 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 (INEGI,1995).

Las visitas se realizaron con la finalidad de recolectar información acerca de:
 Si la empresa en cuestión esta actualmente en funcionamiento.
 Giro de la empresa y compararlo con el reportado.
 Producción, en cada caso.

5.4. 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 V**).

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

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 la 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:

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

Tabla V. Forma esquemática de presentar los resultados globales del inventario de emisores y emisiones (Weitzenfeld, 1984).

$i \setminus j$	$j=1$	$j=2$	...	$\sum_{j=1}^m K_{ij}$
$i=1$	K_{11}	K_{12}	K_{1j}	$\sum K_{1j}$
$i=2$	K_{21}	K_{22}	...	$\sum K_{2j}$
$i=3$	K_{31}	...	...	...
...	K_{i1}	...	...	...
n $\sum_{i=1}^n K_{ij}$	$\sum i1$	$\sum i2$	...	$\sum \sum_{ij} K_{ij}$

FUENTE: 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. (Tabla VI).

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 VI. Clasificación de fuentes de contaminación atmosférica (Algunos ejemplos) (Weitzenfeld, 1984).

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

FUENTE: ERFCA.

Una vez considerado la anterior y con los datos de producción de las empresas clasificadas dentro del ERFCA, se procederá a realizar los cálculos que correspondían a cada una de ellas, de acuerdo a su actividad manufacturera mediante el empleo de los cuadernos de trabajo (ver muestra en la **Tabla VII**) 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.

Tabla VII. Tipo de trabajo para el cálculo de cargas de desechos sólidos industriales (Weitzenfeld, 1984).

CÓDIGO	TIPO DE INDUSTRIA Y PROCESO	UNIDAD DE PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN 10 ³ Unidades/año	DESECHO SÓLIDO		NATURALEZA DEL DESECHO
				Kg/unidad	ton/año	
3511c	Ácido fosfórico (proceso húmedo)	ton de P ₂ O ₅		4750*		Yeso cuando es removido de los efluentes.
3511h	Hidróxido de Sodio (método de cátodo de mercurio)	ton de Cl ₂		40*		Gráfita y lodos de purificación (CaCO ₃ ; Mg(OH) ₂ , 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

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

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.

5.5. VALORACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL

Esta fase se analizaron los criterios y lineamientos contenidos en la legislación ambiental mexicana, los cuales fueron contrastados con los datos obtenidos en el inventario ambiental así como los esquemas de manejo de contaminación ambiental en los municipios que conforman la zona de estudio.

Para la determinación de la valoración de la calidad ambiental se tomaron en cuenta dos criterios: magnitud y calidad. Estos criterios permiten realizar comparaciones entre municipios y determinar el grado de contaminación que presentan. Para el caso de aire se determinó por habitante y por km², se realizaron comparaciones con otros municipios del estado antes estudiados con el fin de determinar la calidad. Para agua se utilizaron criterios científicos como los de Hernández-Muñoz que establece la gravedad de la contaminación en base a la degradación que presenta. Se utilizó además criterios sociales como son las Normas Oficiales Mexicanas que establecen la admisibilidad de la contaminación para cada medio, aire, agua y suelo.

Para el caso del aire, se utilizaron las 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 escapes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustibles además de la Norma Oficial Mexicana NOM -045 – ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

La calidad del agua se determinó mediante la elaboración de escalas de gravedad, 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.

En el suelo, la calidad ambiental se determinó a través de la NOM-083 – SEMARNAT-2003, la cual 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.



RESULTADOS INVENTARIO AMBIENTAL

6. MEDIO FÍSICO INERTE

6.1 GEOLOGÍA

El estado de Hidalgo cuenta con un complejo geológico importante, ya que se pueden apreciar características litológicas y estructurales de las diferentes provincias: Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Llanura Costera del Golfo Norte. Aquí es donde se puede apreciar el complejo desarrollo geológico del territorio nacional, ya que en la provincia de la Sierra Madre Oriental afloran las rocas más antiguas de México (Precámbrico) y junto con está una serie completa de unidades estratigráficas (**Fig. 3**), que abarca el Paleozoico Superior (Pérmico), todo el Mesozoico y el Cenozoico (INEGI, 1992).

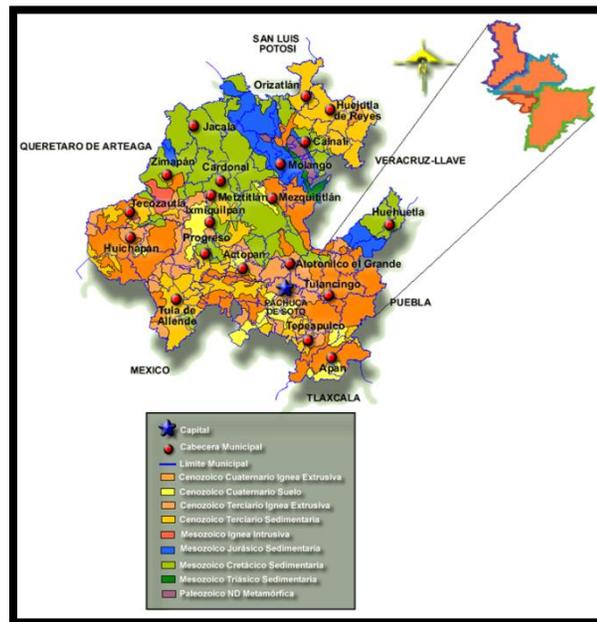


Figura 3. Geología de la zona de estudio (INEGI, 2010).

La región del Valle de Tulancingo se encuentra ubicada en la provincia del Eje Neovolcánico que cubre una gran porción del estado, sobre todo en el sur, y está constituida predominantemente por rocas volcánicas terciarias y cuaternarias brechas, tobas, aluvial y derrames riolíticas, intermedios y basálticos, (**Tabla VIII**) de composición y textura variada. La morfología de esta provincia es muy variada, se presentan diversos tipos de estructuras volcánicas, como son: conos cineríticos, volcanes compuestos, volcanes escudo y

calderas, además de extensos flujos piroclásticos y derrames lávicos basálticos, que tienen forma de mesetas y planicies, sobre las que se han originado algunos lagos, debido al cierre de las cuencas (INEGI, 1992).

Tabla VIII. Geología presente en la zona de estudio (INEGI, 1992).

ERA		PERÍODO		ROCA O SUELO	UNIDAD LITOLÓGICA	
CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE		CLAVE	NOMBRE
C	CENOZOICO	Q CUATERNARIO		ÍGNEA EXTRUSIVA	(bvb)	BRECHA VOLCÁNICA BÁSICA
					(b-bvb)	BASALTO-BRECHA VOLCÁNICA BÁSICA
				SUELO	(al)	ALUVIAL
		T	TERCIARIO	ÍGNEA EXTRUSIVA	(b)	BASALTO
					(ta)	TOBA ÁCIDA

En el Eje Neovolcánico donde se encuentra ubicada la zona de estudio, el relieve estructural original está íntimamente relacionado con una intensa actividad volcánica, iniciada a principios del Terciario y desarrollada durante el Pleistoceno Inferior. El conjunto de estructuras que caracterizan al relieve de esta provincia evolucionaron sobre una paleogeografía constituida por sedimentos mesozoicos plegados, los cuales correspondían a la Sierra Madre Oriental. La evolución de los fenómenos volcánicos propició las condiciones para la formación de cuencas endorreicas (cerradas, con drenaje interno), que posteriormente fueron rellenadas con aportes de materiales volcanoclásticos, los cuales tienen características litológicas de rocas volcánicas depositadas en un medio lacustre y aparecen estratificados (INEGI, 1992).

En la provincia del Eje Neovolcánico destacan por su producción minera el distrito de Pachuca-Real del Monte y el de Mineral del Chico; famosos por su riqueza argentífera, además de que producen oro, plomo, cobre y zinc. En Tulancingo los materiales gravo-arenosos, útiles como agregados del concreto, son extraídos en enormes bancos que quedan dentro del perímetro de la ciudad (INEGI, 1992).

6.1.2 FISIOGRAFÍA

El estado de Hidalgo presenta tres provincias fisiográficas: la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico y la Llanura Costera del Golfo Norte (**Fig. 4**).

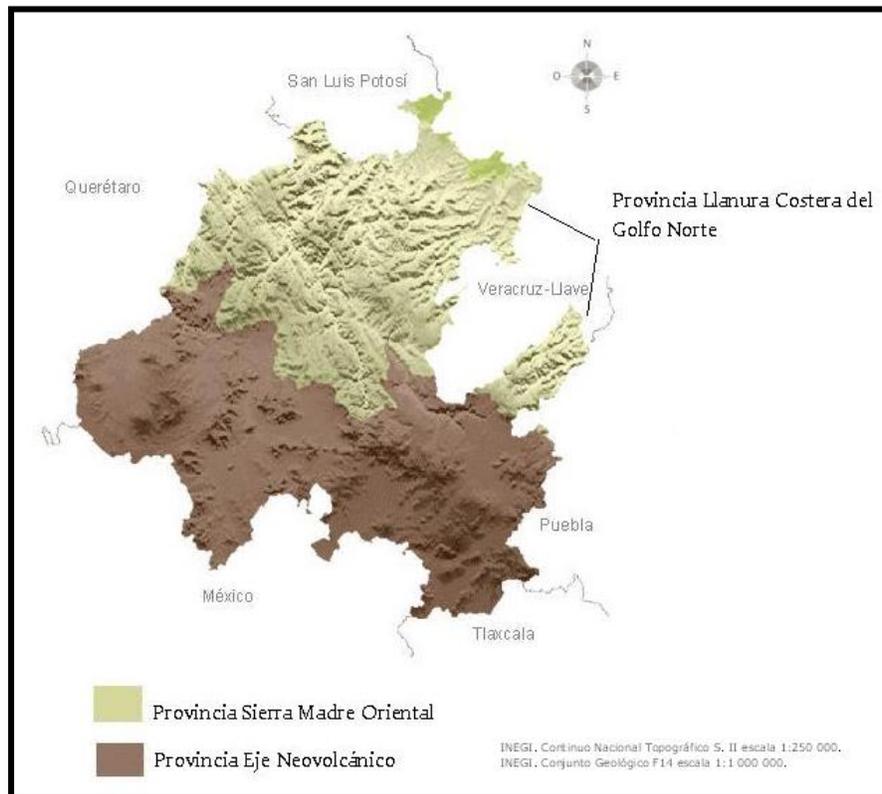


Figura 4. Provincias del estado (INEGI, 2004).

La zona de estudio fisiográficamente se encuentra ubicada en la Provincia del Eje Neovolcánico que colinda al norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa del Centro, la Sierra Madre Oriental, y la Llanura Costera del Golfo Norte; al Sur con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur. Por el oeste llega al océano Pacífico y por el este hasta el Golfo de México. Abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Colima, Puebla, Tlaxcala y Distrito Federal. Se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas, desde mediados del Terciario. Esta región está integrada por grandes sierras volcánicas y coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto y depósitos de arenas y cenizas (INEGI, 1992).

La provincia del Eje Neovolcánico comprende la subprovincia de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo que se extiende desde el oeste de Querétaro hasta Hidalgo, y la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, (Fig. 5). La primer subprovincia ocupa una superficie dentro del estado de 7821.33 km² lo que significa el 37.41% contra el total estatal. Esta subprovincia engloba la totalidad de la Región del Valle de Tulancingo (Tabla IX) y otros municipios. La segunda subprovincia penetra por la parte sur del estado y ocupa el 15.86% con 3314.79 km². Cubre parte de la zona de estudio como Tulancingo, Cuauhtepac y Santiago (INEGI, 1992).

Tabla IX. Provincias fisiográficas presentes en la zona de estudio (INEGI, 1992).

PROVINCIA		SUBPROVINCIA		SISTEMA DE TOPOFORMAS	
CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE
X	EJE NEOVOLCÁNICO	57	LAGOS Y VOLCANES DE ANÁHUAC	205	LOMERÍO CON LLANURAS
				500	LLANURA
		52	LLANURA Y SIERRAS DE QUERÉTARO E HIDALGO	100	SIERRA
				300	MESETA
				502	LLANURA CON LOMERÍOS
				520	LLANURA CON CAÑADAS
		57	LAGOS Y VOLCANES DE ANÁHUAC	700	CAÑÓN
				600	VALLE
				205	LOMERÍO CON LLANURAS

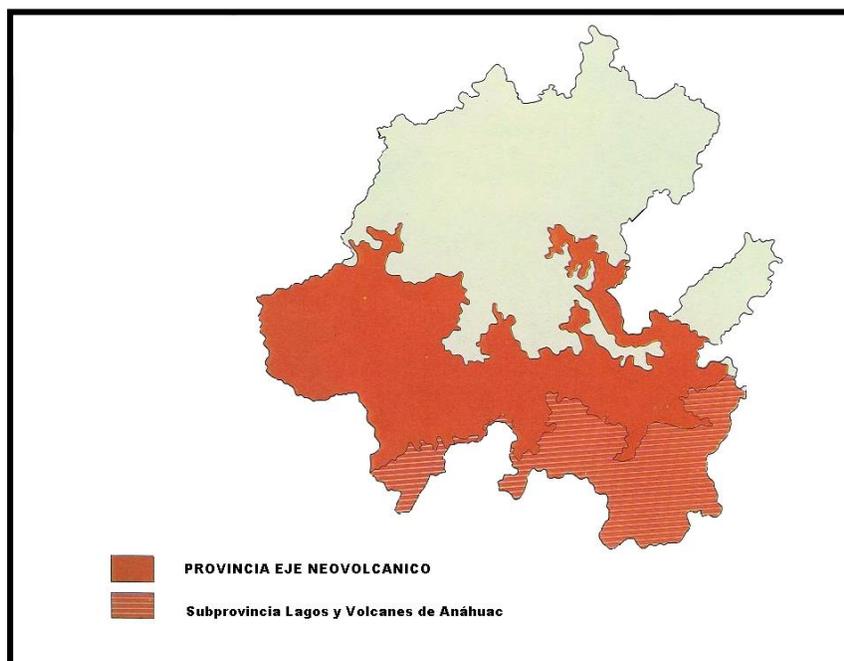


Figura 5. Subprovincia del Eje Neovolcánico (INEGI, 1992).

6.1.3 CARÁCTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS REGIONES, CUENCAS Y SUBCUENCAS

En el estado de Hidalgo las corrientes son escasas. Esto se debe a dos factores primordialmente: el clima y la topografía, sin embargo, el relieve es más suave y permite la utilización de los pocos ríos importantes Tula, Tizahuapán y Tulancingo que corren por ella (INEGI, 1992).

El estado de Hidalgo se encuentra comprendido casi en su totalidad dentro de la región hidrológica “Río Pánuco” (No 26), con una superficie de 19,793.60km² y sólo una pequeña extensión de la porción oriental de la región No 27 “Tuxpan – Nautla”, (Fig. 6), la cual cubre un área de 1,111.52 km² (INEGI, 1992).

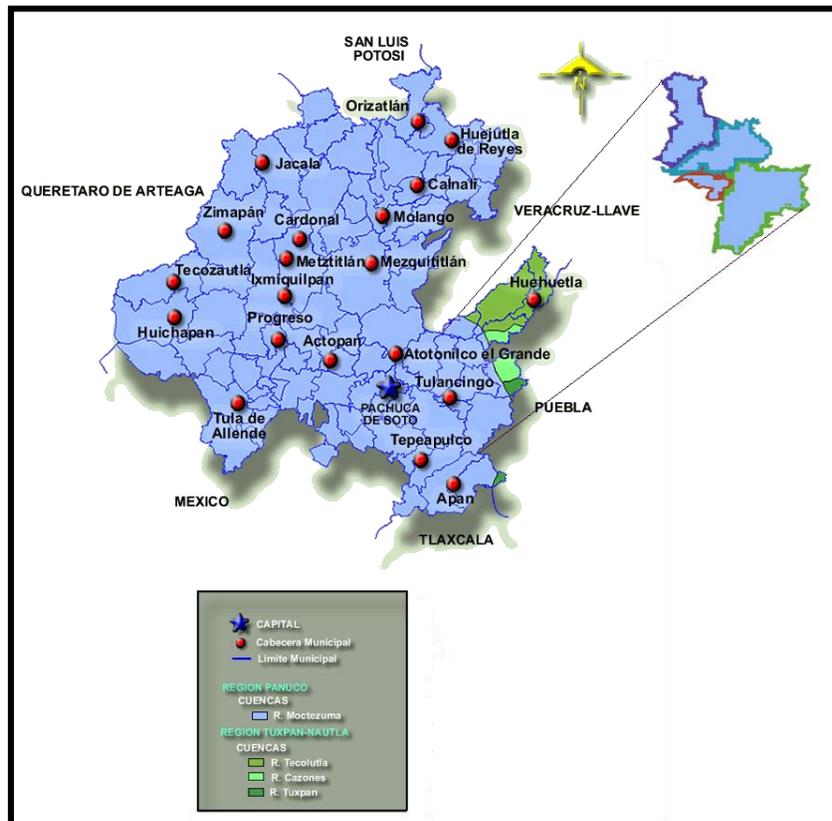


Figura 6. Regiones hidrológicas en el estado y zona de estudio (INEGI, 2010).

La región del Valle de Tulancingo pertenece a la región hidrológica “Río Pánuco” (Tabla X), la cual corresponde a la vertiente del Golfo de México y está

considerada como una de las más importantes del país debido a su superficie, volumen de escurrimiento y debido a su gran superficie, fue dividido en dos: “Alto Pánuco” y “Bajo Pánuco” (INEGI, 1992).

La zona del “Alto Pánuco” comprende las cuencas de los ríos Tula y San Juan del Río, que son afluentes del río Moctezuma; las cuencas Metztlán y Amajac que originan el río Amajac (INEGI, 1992).

La zona del “Bajo Pánuco” comprende las cuencas de los ríos Extóraz, Bajo Amajac, Tempoal, Moctezuma, Tampaón y Pánuco (INEGI, 1992).

El río Moctezuma ocupa una superficie dentro de Hidalgo de 19,793.60 km², y tiene como corriente principal río Moctezuma, que se origina en el cerro la Bufa, Estado de México, a 3 800 m.s.n.m. en su inicio es denominado San Jerónimo. Los afluentes de esta corriente en territorio hidalguense son: río Tizahuapan, que nace en la Sierra de Pachuca. El Metztlán, que se origina en Puebla y deposita sus aguas en la laguna de Metztlán con el nombre de río Tulancingo, para continuar posteriormente su curso hasta el Moctezuma, como río Amajac (INEGI, 1992).

Tabla X. Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas presentes en la zona de estudio (INEGI, 1992)

REGIÓN		CUENCA		SUBCUENCA	
CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE
RH26	PÁNUCO	D	R. MOCTEZUMA	v	R. METZTILÁN
RH27	TÚXPAN-NAUTLA	C	R. CAZONES	b	R. SAN MARCOS

La cuenca del río Moctezuma forma parte de la zona de estudio y reviste gran importancia tanto por su extensa superficie y cantidad de afluentes que alimentan sus corrientes principales, como por los distritos de riego que se ubican en ella, de los cuales destaca el de Tula que, después de los del norte de la República, es uno de los más importantes del país (INEGI, 1992).

El distrito de Tula está ubicado en la porción suroeste del estado y se abastece de los ríos San Luis, Tepeji, El Salto y Tula. Los otros tres distritos de riego ocupan áreas pequeñas: el de Metztlán en la porción central, aprovecha las

aguas de los ríos Tulancingo, Tizahuapán y principalmente las de la laguna de Metztlán; el de Tulancingo que se localiza en la parte oriental y cuenta con dos presas (La Esperanza y el Girón), además de las corrientes de Tizahuapan y Tulancingo; y el de Alfajayucan en la porción occidental, el cual se beneficia con las aguas del río Tula, principalmente, y los de la presa Javier Rojo Gómez (INEGI, 1992).

Por otro lado, debido a que las corrientes permanentes de Hidalgo cruzan pocas poblaciones con gran desarrollo industrial y con índices elevados de contaminación se limita principalmente a tres zonas: Tula siendo el cuerpo receptor Río Tula, Tulancingo con tipo de contaminante industrial textil que desemboca al Río Tulancingo y por último Pachuca con cuerpo receptor Río de las Avenidas (**Fig. 7**) (INEGI, 1992).

6.1.3.1 CUERPOS DE AGUA

Las principales corrientes de aguas presentes en la zona de estudio son (**Tabla XI**): San Lorenzo, Grande Tulancingo, los Cangrejos, canal río Nuevo, Tulancingo – Cocula, Metepec, entre otros. Los cuerpos de agua mas representativos son: la presa los Alamos, la Laguna de Supitlán, presa el Sabino y presa los Troncos, (INEGI, 1992).

Tabla XI. Cuerpos y corrientes de agua presentes en la zona de estudio (INEGI, 2005b).

CUERPOS DE AGUA		CORRIENTES DE AGUA	
NOMBRE	UBICACIÓN	NOMBRE	
		GRANDE TULANCINGO	CANAL RÍO NUEVO (COLORADO)
P. LOS ALAMOS	RH – 26 Dv	LOS ENLAMADEROS	TULANCINGO – COCULA
B. OTONTEPEC	RH – 26 Dv	LAS VEGAS	METEPEC
B. SAN ALEJO	RH – 26 Dv	EL MECO	SANTA MARÍA
B. LA CIENEGA	RH – 26 Dv	SALTO DE ALCHOLOYA	LA CARMONA
L. SUPITLÁN	RH – 26 Dv		SECA
P. EL SABINO	RH – 26 Dv	SAN LORENZO	SAN JOSÉ
P. LOS TRONCOS	RH – 26 Dv	LOS CANGREJOS	
B. JAGÜEYCILLOS	RH – 26 Dv	LA ZORRILLA	
		SECA	
		CANAL	

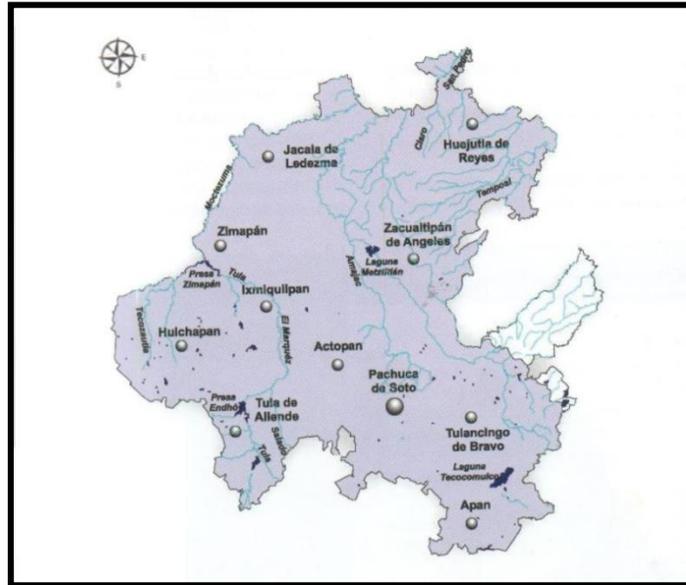


Figura 7. Corrientes de agua presentes en el estado de Hidalgo (INEGI, 2004).

6.1.4 CLIMAS

Geográficamente se distinguen tres zonas climáticas bien definidas en el estado de Hidalgo: Zona de climas cálidos y semicálidos de la Huasteca Hidalguense, zona de climas templados de la Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico y zona de climas secos y semisecos de la Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico (Fig. 8) (INEGI, 1992).

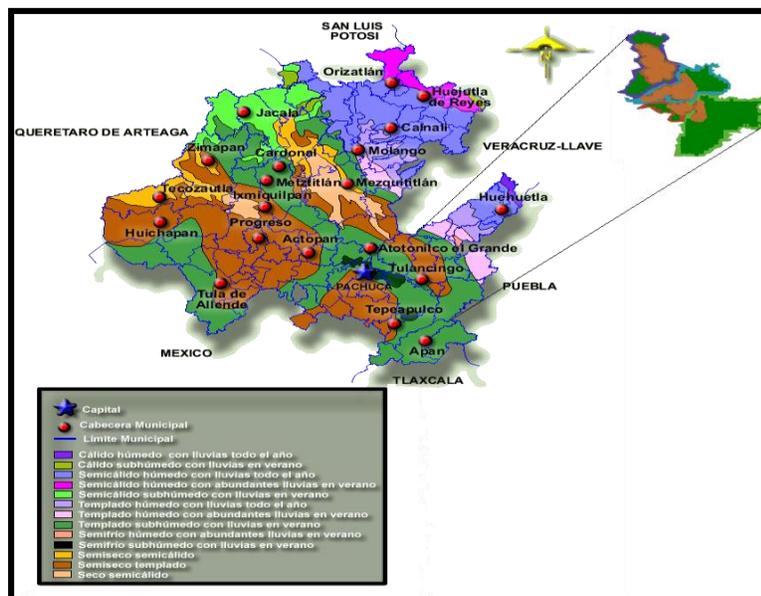


Figura 8. Distribución climática del estado y zona de estudio (INEGI, 2010).

La región del Valle de Tulancingo se encuentra ubicada en el Eje Neovolcánico, donde el clima dominante es el templado subhúmedo, pero en el poniente impera el semicálido y en el norte el semiseco. En las altas cumbres se presentan climas semifríos subhúmedos y en los picos más elevados climas muy fríos. En el área de estudio predomina el clima templado subhúmedo con lluvias en verano, el templado húmedo con lluvias en verano y semiseco templado (**Tabla XII**); la temperatura media anual es de 14 y 15° C. La precipitación promedio anual esta dentro del rango de 500 a 600 mm (INEGI, 2005b).

Tabla XII. Climas presentes en la zona de estudio (INEGI, 2005b).

MUNICIPIO	TIPO O SUBTIPO	SÍMBOLO	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	TEMPERATURA A MEDIA ANUAL (°)
01 ACATLÁN	TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE MAYOR HUMEDAD	C(w2)	2.87		
	-TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE HUMEDAD MEDIA	C(w1)	18.09	600	14
	-SEMISECO TEMPLADO	BS1k	79.04		
16 CUAUTEPEC DE HINOJOSA	TEMPLADO HÚMEDO CON ABUNDANTES LLUVIAS EN VERANO	C (m)	0.99		
	-TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE MAYOR HÚMEDAD	C(w2)	13.26		
	-TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO DE HÚMEDAD MEDIA	C(w1)	78.26	550	15
	-SEMIFRÍO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO DE MAYOR HÚMEDAD	C(E) (w2)	22.51		
	-SEMISECO TEMPLADO	BS1k	4.98		
56 SANTIAGO TULANTEPEC	TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE MAYOR HÚMEDAD	C (w2)	4.23		
	-TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE HÚMEDAD MEDIA	C(w1)	25.38	567	15
	-SEMISECO TEMPLADO	BS1k	70.39		
77 TULANCINGO DE BRAVO	TEMPLADO HÚMEDO CON LLUVIAS ABUNDANTES EN VERANO	C (m)			
	-TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO	C(Wo)		553	15
	-SEMISECO TEMPLADO	BS1k			



MEDIO FÍSICO BIÓTICO

6.2 MEDIO FÍSICO BIÓTICO

6.2.1. TIPOS DE ECOSISTEMAS

Un ecosistemas es un grupo de ecorregiones que tienen ecosistemas con dinámicas comparables, responden a las perturbaciones de manera similar, muestran grados de diversidad beta similares y requieren de métodos de conservación específicos para el nivel de ecosistema (CONABIO, 2008)

Los ecosistemas presentes en la zona de estudio son Bosques de coníferas, bosques templados, pastizales y matorral. Los ecosistemas de bosques templados, son comunidades donde predominan las coníferas y se caracterizan por la presencia de pinos y encinos, presenta una elevada diversidad florística con comunidades de dosel cerrado y frecuentemente muy densos, la estructura de los bosques varía según las condiciones ambientales de cada lugar. En cuanto a la riqueza faunística es muy diversa y presenta grandes endemismos. Los ecosistemas de pastizales y matorrales se caracterizan por la baja cobertura florística, presentan una alta diversidad de insectos aunque esto depende de las condiciones geográficas y fisiográficas del lugar. Son ecosistemas generalmente pobres en diversidad de vertebrados (CONABIO, 2008).

6.2.2. ZONAS ECOLÓGICAS

La clasificación de zonas ecológicas fue propuesta por Toledo y Ordóñez (1993), quienes definen de manera muy amplia distintos tipos de hábitats terrestres. Caracterizan así una regionalización ecológica del país cuyos objetivos son simplificar la heterogeneidad ecológica y facilitar el reconocimiento de grandes discontinuidades en el paisaje a escala nacional. Esta zonificación ecológica se basa en criterios que incluyen el tipo de vegetación, el clima y aspectos biogeográficos, por lo que cada zona ecológica es la unidad de la superficie terrestre donde se encuentran conjuntos de vegetación con afinidades climáticas e historias o linajes biogeográficos comunes (CONABIO, 1998).

Se definieron seis tipos de hábitats terrestres continentales o zonas ecológicas: Zona tropical húmeda, tropical subhúmeda, Templada húmeda, Templada

subhúmeda, Zona árida y semiárida y Zona inundable o de transición mar-tierra (Challenger, 1998).

La zona árida-semiárida cubre cerca de 50% de la superficie del país; le siguen en orden de importancia la zona templada subhúmeda con 19.7%, la zona tropical cálido-subhúmeda que ocupa 17.5% y la zona cálido húmeda que se distribuye en 11% del país. Las zonas de menor cobertura son la templada húmeda con 1.1% y la zona de transición mar-tierra que ocupa 0.9% (CONABIO, 1998).

La zona de estudio pertenece a la zona templada subhúmeda, presenta un clima templado y húmedo. Está cubierta por bosques de pino (*Pinus*), de encino (*Quercus*) y de bosques mixtos. Presenta una diversidad de especies y endemismos tanto de plantas vasculares y vertebrados. Este tipo de zona se distribuye a lo largo de las grandes cadenas montañosas del país, ocupando el 14 % del territorio mexicano, presenta una precipitación promedio anual entre 600 y 1200mm, la época de lluvia dura entre 6 a 7 meses y la época seca de 5 a 6 meses (Challenger, 1998).

También se encuentra dentro de la zona árida y semiárida del país; siendo esta zona la de mayor extensión en la República Mexicana, ya que abarca el 50% del territorio. Es una zona de baja productividad biológica y se caracteriza por tener una precipitación anual de menos 400 mm, y una época de secas de 8 a 12 meses, y la semiárida por tener una precipitación anual entre 400 a 700 mm con 6 a 8 meses secos. Los principales tipos de vegetación que caracterizan a este tipo de hábitat son el matorral xerófilo, el pastizal y la vegetación halófila. El principal impacto en este tipo de hábitat es a causa de la ganadería y la agricultura, así como por la extracción de numerosas plantas del desierto (Challenger, 1998).

6.2.3 TIPOS DE VEGETACIÓN

El término tipo de vegetación se ha utilizado para designar la composición de especies de la cubierta vegetal de una región, área o lugar. La cubierta vegetal se refiere al conjunto de especies que tienen determinadas formas de vida o también a la agrupación de especies que por sus requerimientos y tolerancias ambientales tienen características comunes su fisonomía, estructura, factores climatológicos, geológicos y edafológicos (CONABIO, 2000).

La clasificación de la vegetación de México propuesta por Rzedowski (1978) es una de las más utilizadas por los científicos en el país. Rzedowski agrupó los principales tipos de vegetación de nuestro país de acuerdo con sus características fisiográficas, climáticas, edafológicas y fisonómicas y observó, que la mayor parte del territorio nacional (38%) se encuentra cubierto por matorral xerófilo, seguido por bosques de coníferas y encinos (19%) y el bosque tropical caducifolio (14%) (Rzedowski, 2006).

Los principales tipos de vegetación son; bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, pastizal, matorral xerófilo, bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña y vegetación acuática y subacuática (Rzedowski, 2006).

La región del Valle de Tulancingo presenta tres tipos de vegetación según la clasificación de Rzedowski (2006), bosque de coníferas, pastizal y matorral (**Fig.**). La vegetación nativa de esta región ha sido transformada en algún tipo de cobertura antrópica, principalmente a algún tipo de agricultura, pastizales cultivados o inducidos, o bien, asentamientos humanos.

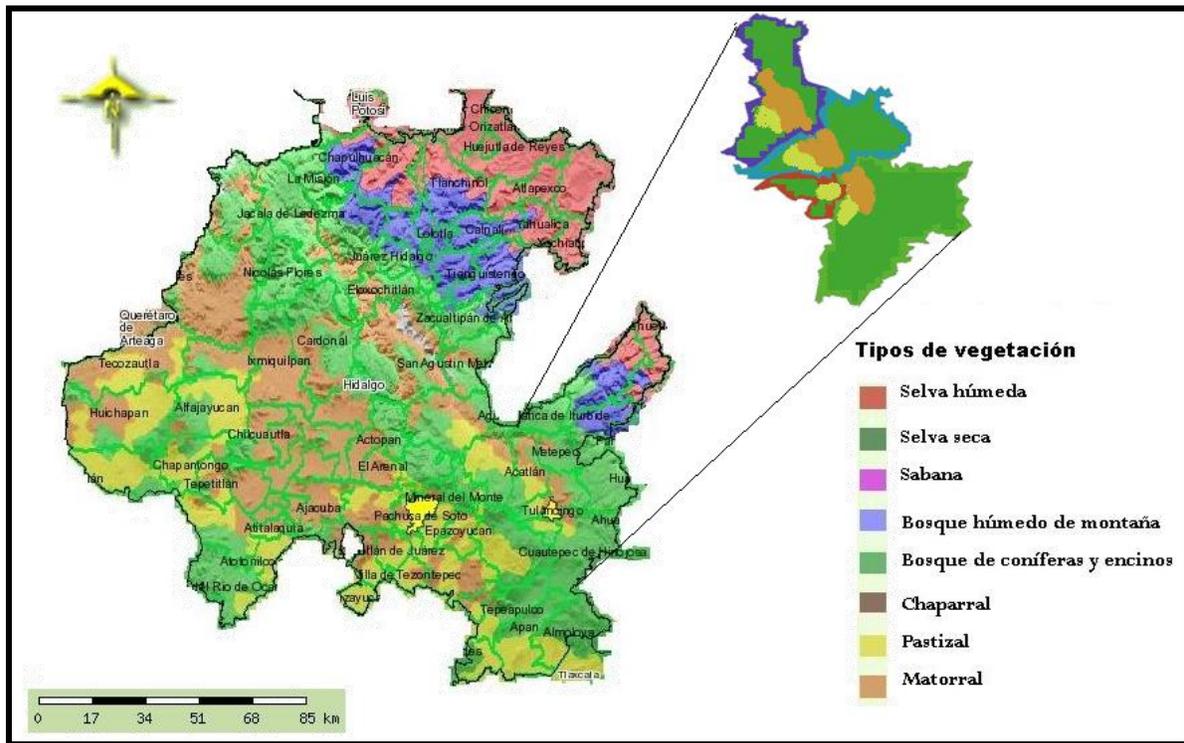


Figura 9. Tipos de vegetación presentes en la zona de estudio. (CONABIO)

El bosque de coníferas se encuentran en su mayoría, en las zonas montañosas a lo largo de la Sierra Madre Occidental, las sierras madre Oriental y Eje Neovolcánico. Se subdividen en los de clima templado subhúmedo, y los de clima templado húmedo. Los primeros se dividen en bosques de coníferas (de pino, abeto u oyamel, ayarín, cedro y táscate) y los segundos en bosques de latifoliadas (en los cuales los encinos son dominantes). Los bosques de coníferas son comunidades de vegetación siempre verde. Entre sus distintos tipos, los bosques de oyamel, con comunidades vegetales densas y altas (hasta de 30 m), se distribuyen en las zonas de mayor humedad y frío, entre los 2 000 y 3 400 m de altitud. En los bosques de cedros el género *Juniperus* forma parte de este tipo de vegetación, forma bosques de corta estatura y se observan arboles de otros géneros, *Pinus* y *Quercus* este tipo de bosque se desarrolla en zonas de menor humedad, dentro de las regiones de clima templado subhúmedo, por lo general en zonas de transición con vegetación de zonas áridas y tropicales subhúmedas. Los bosques de pinos se encuentran en todas las serranías del país, formando bosques de altura y densidad muy variables, presentan escasa diversidad ya que muchos de estos bosques son monoespecíficos o bien están dominados por un reducido número de especies. El bosque de encino predomina en sitios de clima templado subhúmedo, predominan especies de *Quercus* desde encinares caducifolios y de corta

estatura hasta encinares en zonas muy húmedas, densos, altos y perennifolios (Challenger y Soberón, 2008)

Los pastizales son comunidades vegetales en las que dominan las gramíneas e incluye a los zacatonales, los páramos de altura y las sabanas. Tienen una alta proporción de elementos endémicos, a pesar de su fisonomía y estructura sencilla (Challenger, A., y J. Soberón 2008). Constituyen el medio natural mas propicio para el aprovechamiento pecuario y se desarrollan a altitudes de 1 100 y 2 500 msnm (Rzedowski, 2006).

Los matorrales xerófilos abarcan diversas comunidades vegetales de porte arbustivo dominantes en los climas áridos y semiáridos. Comprende una gran diversidad de endemismos y flora fanerogámica, presenta una alta diversidad β , con elevada tasa de recambio de especies entre sitios y regiones. Presentan una fisonomía en la que predominan los arbustos de baja estatura, con baja densidad, debido a que las condiciones de aridez limitan la producción de biomasa. Los componentes vegetales dominantes son leñosos, suculentos y herbáceos (Challenger y Soberón, 2008).

6.2.4 ECORREGIONES

Las ecorregiones son unidades que se subdividen utilizando criterios ambientales, dados por tipos de vegetación con estructura y composición de especies de flora y fauna similares, por rasgos fisiográficos como sierras, mesetas, planicies y cuencas, así como por elementos del clima como humedad y temperatura. En estas unidades se establecen comunidades bióticas ubicadas con rasgos topográficos comunes, bajo la influencia de un determinado clima. Estas clasificaciones pretenden dar un enfoque ecológico común a escala regional (Challenger y Soberón, 2008).

En el estado de Hidalgo confluyen cinco ecorregiones, la más extensa es la región Matorrales Xerófilos del Sur de la Meseta Central, la segunda en extensión es la región Bosques de Coníferas y Encinos de la Sierra Madre Oriental, seguida por la región Bosques Mesófilos de Montaña de Veracruz (CONABIO, 1999). La región Selvas Secas de la Planicie Costera de Tamaulipas, está representada por una muy pequeña superficie al noroeste del estado, en el municipio de Pacula. En la zona de estudio se puede encontrar Bosque de Coníferas, Bosque de encino y Matorral Xerófilo. (**Fig. 10**) (Martínez *et al* 2007).

La región del Valle de Tulancingo pertenece a las ecorregiones de matorrales Xerófilos del Sur de la Meseta Central y Bosques de coníferas y encinos de la Sierra Madre Oriental. La ecorregión de matorrales presenta una estructura muy simple y poca diversidad de especies, abundan las plantas leñosas y especies suculentas perennes de las familias Cactaceae, Crassulaceae o Agavaceae. Los bosques de coníferas y encinos presentan troncos cortos a menudo gruesos con amplias copas, los árboles están separados por anchos espacios cubiertos por herbáceas y arbustos. Las plantas que predominan en el sotobosque son los pastos.

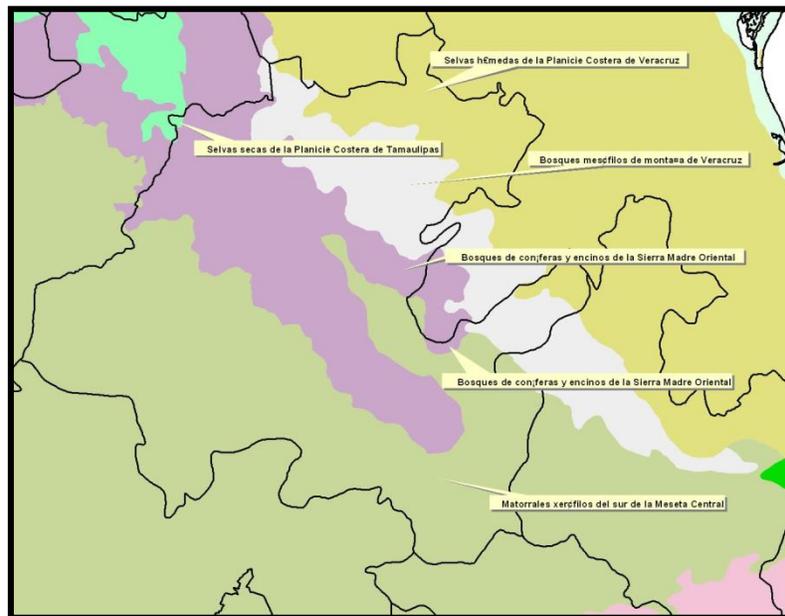


Figura 10. Ecorregiones del estado de Hidalgo (Martínez *et al*, 2007).

6.2.5 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son la principal respuesta a nivel mundial ante la destrucción acelerada de los ecosistemas naturales. Son áreas terrestres o acuáticas (marinas o continentales) que tienen como función central la protección de la flora y la fauna, de los recursos naturales de importancia especial y de los ecosistemas representativos. Las áreas contenidas dentro de las ANP generan diversos servicios ambientales como son la protección de cuencas, la captación de agua, la protección contra la erosión y el mantenimiento de la biodiversidad, entre otros. (SEMARNAT, 2008).

El estado de Hidalgo ocupa en el ámbito nacional el 14° lugar en diversidad de especies de vertebrados mesoamericanos y el 26° lugar en cuanto a endémicos estatales (Flores y Gerez, 1994). Cuenta con 36 áreas naturales protegidas de competencia Federal, Estatal y/o Municipal; las cuales cubren sólo 139,357.56 hectáreas, es decir el 22.69% de la superficie prioritaria para la conservación y el 6.67% de la extensión territorial del Estado (CONABIO, 2006).

La región del Valle de Tulancingo presenta dos áreas naturales protegidas de competencia municipal (**Fig. 11**), una de ellas se localiza en el municipio de Acatlán llamada “Mixquiapan” y la otra en Cuautepec de Hinojosa, denominada “El Campanario” (**Tabla XIII**).

Tabla XIII. Áreas naturales protegidas de competencia municipal en la zona de estudio (COEDE, 2009).

Categoría/Nombre	Fecha de Decreto	Superficie (ha)	Coordenadas Geográficas		Municipio	Ecosistema
			X	Y		
Z.P.E.C.P. Mixquiapan	DM 31/10/2003	80.98	20° 09' 98° 28'	Acatlán	Bq	
Z.P.E.C.P. El Campanario	POE 26/04/2004	41.5000	19° 57' 98° 16'	Cuautepec de Hinojosa	Bq y Bp	

ZPECP: Zona de Preservación Ecológica de los Centros de Población; POE: Periódico Oficial del Estado; DM: Decreto Municipal; Bq: Bosque de encino; Bp: Bosque de pino.

La Zona de Preservación Ecológica de los Centros de Población “Mixquiapan” (**Fig. 12**) decretada el 31 de octubre del 2003, con una superficie de 80.98 ha, se ubica en la parte SE del Estado de Hidalgo, en la coordenada 20° 09' 00” norte y 98°27' 00” oeste Esta zona se encuentra en la parte oeste del Municipio de Acatlán y pertenece al Ejido de Mixquiapan (COEDE, 2009).

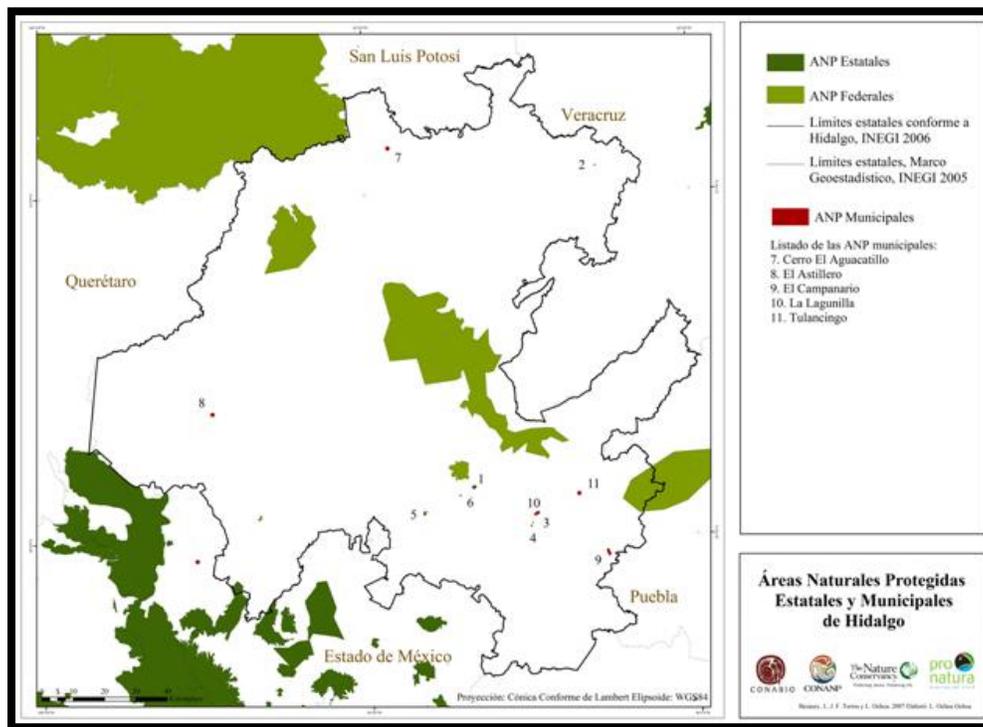


Figura 11. Áreas naturales protegidas de competencia municipal en la zona de estudio (Bezaury *et al* 2007).

Las vías de acceso son la carretera estatal Acatlán-Huasca de Ocampo y varios caminos de terracería. La tenencia de la tierra es ejidal y dentro del área, el uso del suelo es exclusivamente forestal. Por otro lado, en la zona de influencia el uso del suelo es agrícola, pecuario y urbano. Al interior de la Zona de Preservación, no se encuentra ningún centro de población, pero en la zona de influencia se ubica la comunidad de Mixquiapan. La problemática que sufre el área incluye aspectos como tala clandestina, extracción ilícita de tierra de monte, musgo y heno, erosión del suelo, depósitos de residuos sólidos y cacería furtiva (COEDE, 2009).

La Zona de Preservación Ecológica de los Centros de Población “El Campanario” (**Fig. 13**) decretada el 26 de abril de 2004, con una superficie de 41.50 ha, se encuentra en la parte SE del Estado de Hidalgo, al sur del Municipio de Cuautepec de Hinojosa y pertenece al Ejido Tezoncuapla. Se localiza entre las coordenadas extremas 19° 56' 19" y 19° 58' 21" de latitud norte y 98° 13' 54" y 98° 16' 49" de longitud oeste, a 2400 m.s.n.m. La tenencia de la tierra es ejidal y el uso del suelo es forestal. Mientras tanto, en el área de influencia el uso de suelo es forestal, agrícola, pecuario y urbano (COEDE, 2003b).

Las vías de comunicación al área de preservación son la carretera estatal Tulancingo Cuautpec de Hinojosa, la carretera estatal Cuautepéc de Hinojosa-Tezoncualpa y un camino de terracería Tezoncualpa-El Campanario. La vegetación presente en la zona corresponde a Bosque de pino-encino. Dentro de la reserva no se encuentra ningún asentamiento humano y en la zona de influencia está la comunidad de Tezoncualpa. La problemática que afecta los recursos naturales incluye el ocoteo, la tala clandestina, la extracción ilícita de productos no maderables, el riesgo de incendios forestales, la cacería ilegal, la erosión del suelo y el depósito de residuos sólidos (COEDE, 2003b).

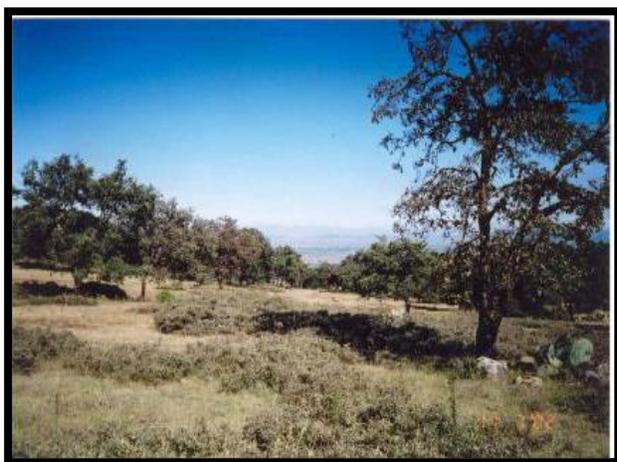


Figura 12. Área natural protegida municipal “Mixquiapan”.



Figura 13. Área natural protegida municipal “El Campanario”.

6.2.6 REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD

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. (Arriaga *et al* 2000).

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) son áreas del territorio continental mexicano cuya riqueza biológica e integridad ecológica las convierten en objetivos prioritarios para la conservación. Su identificación ha sido resultado del Programa de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad emprendido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (SEMARNAT, 2006).

Existen 152 RTP que cubren alrededor de 51 millones 500 mil hectáreas, es decir, más de la cuarta parte del territorio nacional. Predominan en ellas los bosques templados de coníferas y encinos (con cerca de 11.3 millones de hectáreas, es decir, 22% de la superficie de las RTP), los matorrales xerófilos (10.8 millones de hectáreas, 21.1%) y las selvas húmedas (7.5 millones, 14.5%). Alrededor de 11.6 millones de hectáreas de las cubiertas naturales (22.5% de la superficie de las RTP) corresponden a vegetación secundaria, siendo el tipo con mayor proporción la selva húmeda (62.4% de su superficie en las RTP) y el bosque mesófilo de montaña (50.8% de la superficie en RTP). (CONABIO, 2009).

La zona de estudio pertenece a la región terrestre prioritaria BOSQUES MESOFILOS DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL RTP-102 (**Fig. 14**), debido a que integra a los bosques mesófilos representativos de la Sierra Madre Oriental. Las áreas de bosques mesófilos de montaña más integrados se encuentran al norte del área, al sur se encuentran fragmentos de bosque mesófilo de montaña pero con vegetación secundaria y con pastizales inducidos. La parte central de esta RTP presenta mayor fragmentación del bosque mesófilo hacia la zona de Huayacocotla en donde se reporta *Magnolia macrophylla vardealbata* (especie amenazada y de distribución restringida). Esta especie se localiza en las áreas de vegetación de bosque de pino-encino. Presenta además poblaciones grandes de helechos arborescentes, así como algunas turberas asociadas con flora rara. (Arriaga *et al* 2000).

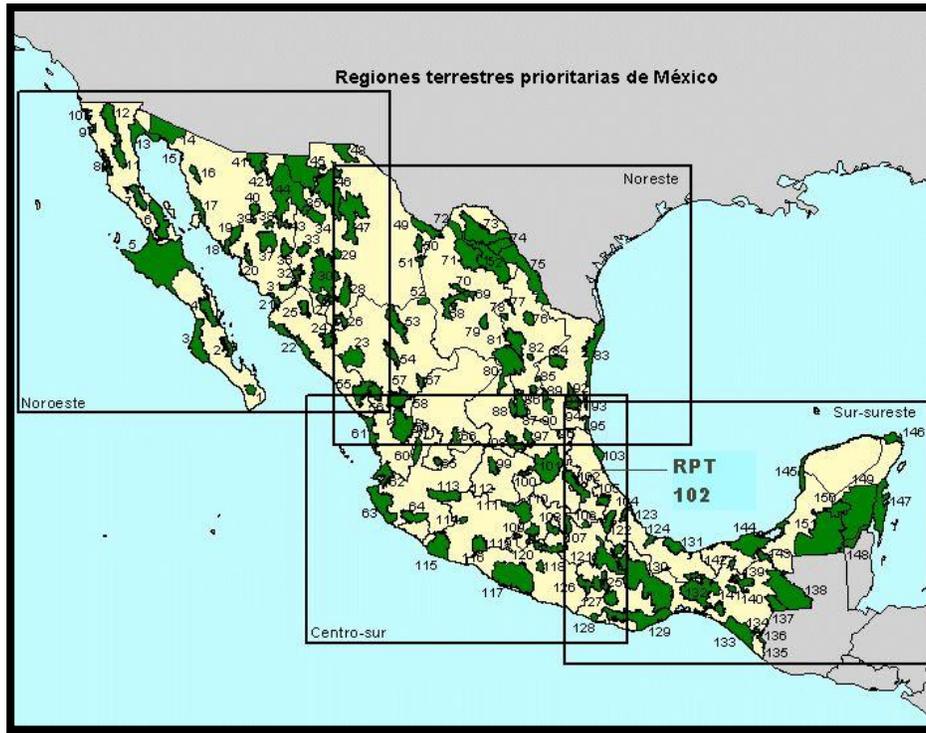


Figura 14. Regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México (Arriaga *et al* 2000).

6.2.7 REGIONES HIDROLOGICAS PRIORITARIAS

Las Regiones Hidrológicas y Marinas Prioritarias (RHP y RPM) son áreas del territorio continental y marino mexicano, respectivamente, cuya riqueza biológica e integridad ecológica las convierten en objetivos prioritarios para la conservación (Arriaga *et al* 2009).

Se han identificado 110 RHP, de las cuales 75 son importantes por su alta riqueza biológica. Cerca del 70% de las RHP existen amenazas a la biodiversidad, siendo sus principales problemáticas la sobreexplotación del agua, la desertificación, el deterioro de los sistemas acuáticos, su contaminación, eutrofización y la introducción de especies exóticas (Arriaga *et al* 2009).

La zona de estudio pertenece a la región hidrológica llamada CONFLUENCIA DE LAS HUATECAS RHP-75 (Fig. 15); que incluye a los estados de Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro, abarcando una extensión de 27 404.85 km². Los recursos hídricos 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. Zona característica por su origen kárstico y su inaccesibilidad; existe una gran variedad de suelos tipo Regosol, Vertisol, Litosol, Rendzina y Cambisol. Presenta 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. Los tipos de vegetación característico de esta zona son: bosques de pino-encino, de pino, de encino, mesófilo de montaña, selva alta y mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, pastizal cultivado, inducido y natural, comunidades algales (litorales epilíticos), vegetación riparia. Alta diversidad de hábitats: lagos, reservorios, ríos, arroyos, cavernas y ríos subterráneos; así como de invertebrados, anfibios, algas y plantas vasculares. (Arriaga *et al* 2000)

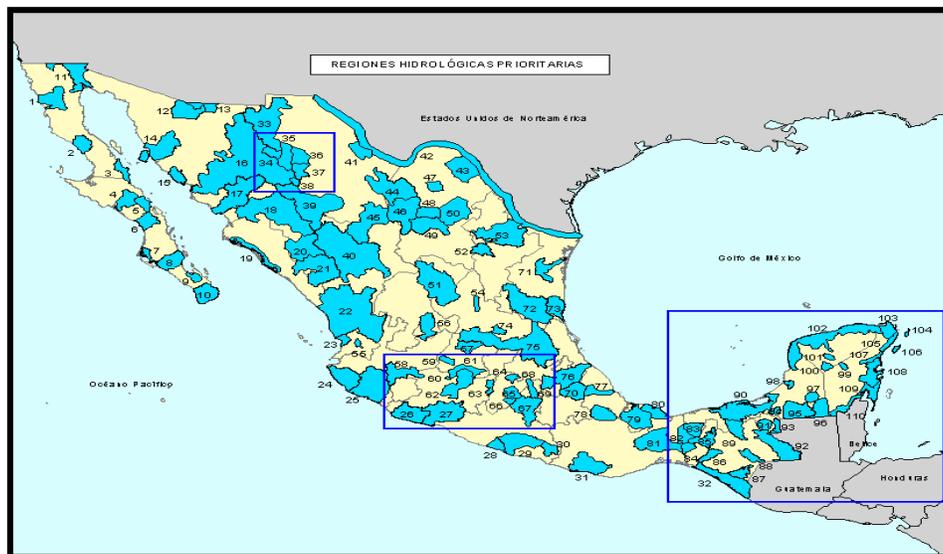


Figura 15. Regiones hidrológicas prioritarias para la conservación en la república mexicana (Arriaga *et al* 1998).

6.2.8 ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES

Las AICAS se eligen procurando que sean lo suficientemente grandes para albergar poblaciones viables de las especies de interés. Existen en el país un total de 225 AICAS, clasificadas dentro de alguna de las 20 categorías definidas con base en la importancia del área. Las 95 especies de aves endémicas del país se encuentran registradas en al menos una de las AICAS (SEMARNAT, 2006).

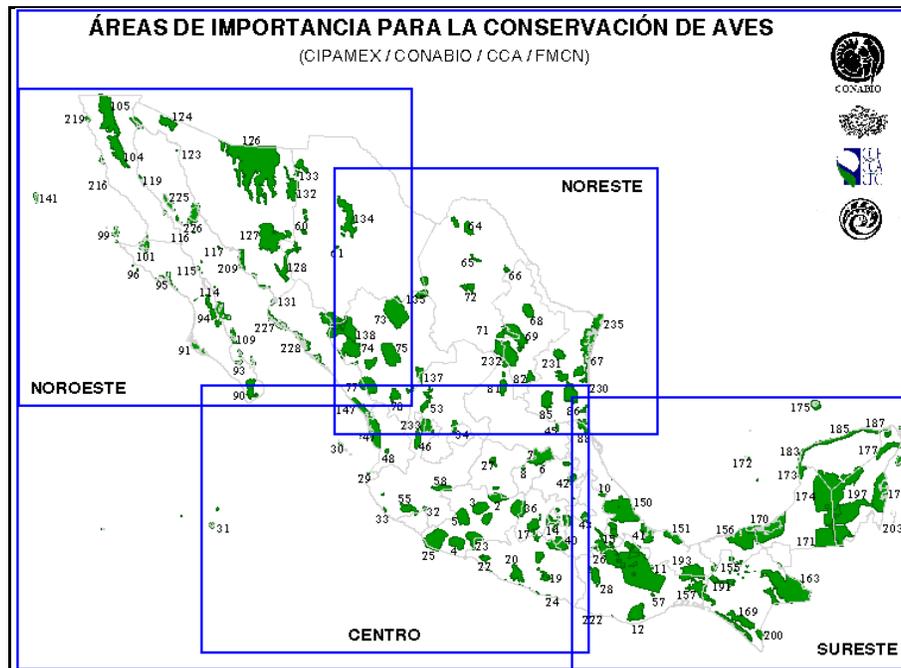


Figura 16. Áreas de importancia para la Conservación de las Aves (Benítez *et al* 1999).

Subcuenca Tecocomulco Clave de la AICA C-71

La zona de estudio, en particular el municipio de Cuautepec de Hinojosa forma parte de la subcuenca Tecocomulco que forma parte de la Cuenca de México y se localiza al noreste de la capital de la República **Fig. 16**). Limitada al norte por la sierra Chichicautla, al este por la de Tepozán, al sur por la de Calpulalpan y al oeste por la de Patlachique. Dentro de la subcuenca existe el lago o laguna de Tecocomulco que es el único relicto de agua dulce natural (24 km) que subsiste en los 9560 Km de la Cuenca de México. Las sierras que rodean la vegetación primaria es de Bosque de Pino-Encino en gran parte talado con vegetación secundaria de Juniperus, magueyes y cactáceas. La laguna tiene 26 especies de fanerógamas acuáticas que sirven de alimento a aves hervívoras, así mismo crecen charales y carpas, alimento de aves

piscívoras y en sus riveras existen playas donde se alimentan aves limícolas. En las sierras sobreviven especies de aves terrestres, y en invierno es un lugar de descanso y de paso de aves acuáticas y terrestres (Benítez *et al* 1999).

La subcuenca y la laguna de Tecocomulco representan el relicto ecológico (deteriorado) de las condiciones de la vida silvestre lacustre prehispánica de la cuenca de México, en donde las aves terrestres y acuáticas encuentran condiciones favorables para su supervivencia y las migratorias para su descanso y reproducción (Benítez *et al* 1999).

6.2.9 RIQUEZA DE FLORA Y FAUNA

El estado de Hidalgo, por su posición geográfica, su topografía compleja y su fisiografía presenta una gran variedad de ambientes, lo que se ve reflejado en su alta riqueza de especies. En el estado existe una diversidad florística y faunística sobresaliente, representada por 3,706 especies de flora y 675 especies de fauna. Todas estas especies están abrigadas en 14 tipos de vegetación localizados en tres regiones ecológicas: región árida, región templada y la región tropical.

La zona de estudio pertenece a la región ecológica templada y en la cual se reporta una riqueza de especies florística y faunística muy diversa (**Tabla XXI**). Para flora se reportan 65 familias 150 Géneros y 201 especies (**Tabla XIV**).

La familia más diversa para flora es Asteraceae con 32 géneros y 37 especies, le sigue la familia Poaceae con 11 géneros y 18 especies; Lamiaceae con 9 géneros y 13 especies; Cyperaceae con 6 géneros y 11 especies; Fabaceae con 7 géneros y 8 especies; Apiaceae con 6 géneros y 6 especies; Cactaceae con 4 géneros y 6 especies; Amaranthaceae con 4 géneros y 4 especies; Agavaceae con 3 géneros y 4 especies; Onagraceae con 3 géneros y 4 especies; Rosaceae con 3 géneros y 3 especies; Rubiaceae con 3 géneros y 3 especies; Lemnaceae con 2 géneros y 4 especies; Ericaceae con 2 géneros y 3 especies; Asclepiadaceae con 2 géneros y 2 especies; Geraniaceae con 2 géneros y 3 especies; Polygonaceae con 2 géneros y 6 especies; Scrophulariaceae con 2 géneros y 2 especies; Juncaceae con 1 género y 6 especies; Pinaceae con 1 género y 4 especies; Fagaceae con 1 género y 4 especies; Para las siguientes familias se reportan un solo género y dos especies, la familia Loganiaceae, Plantaginaceae, Polemoniaceae, Salicaceae, Pontederiaceae y Urticaceae (Pérez *et al* 1998). De acuerdo a la NOM-059-

SEMARNAT-2001 la especie *Furcraea bedinghausii*, *Trifolium wormskioldii* y *Nymphaea mexicana* se encuentran dentro de la categoría de amenazada, *Litsea glaucescens* en peligro de extinción (Fig. 17) (UNIBIO 2010e, Pérez *et al* 2003, COEDE 2003b, Pérez *et al* 1998).

Tabla XIV. Clasificación de flora reportada en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM	MUNICIPIOS			
						1	16	56	77
Coniferopsida	Coniferales	Pinaceae	1	4	-	1	4	-	1
Liliopsida	Arales	Lemnaceae	2	4	-	-	4	-	-
Liliopsida	Asparagales	Ruscaceae	1	1	-	-	-	-	1
Liliopsida	Cyperales	Cyperaceae	6	11	-	-	5	-	6
Liliopsida	Cyperales	Poaceae	11	18	-	4	5	2	7
Liliopsida	Hydrocharitales	Hydrocharitaceae	1	1	-	-	1	-	-
Liliopsida	Juncales	Juncaceae	1	6	-	-	5	-	2
Liliopsida	Liliales	Agavaceae	3	4	1	-	-	-	4
Liliopsida	Asparagales	Agavaceae	1	1	-	-	-	-	1
Liliopsida	Liliales	Pontederiaceae	1	2	-	-	-	-	2
Liliopsida	Typhales	Typhaceae	1	1	-	-	1	-	-
Liliopsida	Najadales	Juncaginaceae	1	1	-	-	1	-	-
Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	6	6	-	-	3	-	3
Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	32	37	-	4	9	3	27
Magnoliopsida	Brassicales	Tropaeolaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Capparales	Resedaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Capparales	Brassicaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Caryophyllales	Amaranthaceae	4	4	-	-	-	-	4
Magnoliopsida	Caryophyllales	Cactaceae	4	6	-	2	-	-	4
Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	1	1	-	-	1	-	-
Magnoliopsida	Caryophyllales	Nyctaginaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Caryophyllales	Portulacaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Caryophyllales	Plumbaginaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Ericales	Ericaceae	2	3	-	-	2	-	1
Magnoliopsida	Euphorbiales	Euphorbiaceae	1	1	-	-	1	-	-
Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	7	8	1	-	4	-	4
Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Fagales	Betulaceae	1	1	-	-	1	-	1
Magnoliopsida	Fagales	Fagaceae	1	4	-	-	4	-	1
Magnoliopsida	Gentianales	Asclepiadaceae	2	2	-	-	1	-	1
Magnoliopsida	Gentianales	Apocynaceae	1	1	-	-	-	1	-

Continuación de la tabla XIV.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM	MUNICIPIOS			
						1	16	56	77
Magnoliopsida	Gentianales	Loganiaceae	1	2	-	-	1	-	1
Magnoliopsida	Geraniales	Geraniaceae	2	3	-	-	1	-	2
Magnoliopsida	Lamiales	acanthaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Lamiales	Boraginaceae	1	1	-	1	-	-	-
Magnoliopsida	Lamiales	Bignoniaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Lamiales	Verbenaceae	1	1	-	-	1	-	-
Magnoliopsida	Laurales	Lauraceae	1	1	1	-	1	-	1
Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	1	1	-	-	1	-	-
Magnoliopsida	Malpighiales	Salicaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Malpighiales	Turneraceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	3	4	-	-	4	-	-
Magnoliopsida	Nymphaeales	Nymphaeaceae	1	1	1	-	1	-	-
Magnoliopsida	Papaverales	Papaveraceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Piperales.	Piperaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Plantaginales	Plantaginaceae	1	2	-	-	2	-	-
Magnoliopsida	Polygonales	Polygonaceae	2	6	-	-	6	-	-
Pinopsida	Pinales	Pinaceae	1	1	-	-	1	-	-
Pinopsida	Pinales	Taxodiaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Ranunculales	Berberidaceae	1	1	-	-	1	-	-
Magnoliopsida	Ranunculales	Ranunculaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	3	3	-	-	-	-	3
Magnoliopsida	Rubiales	Rubiaceae	3	3	-	-	-	-	3
Magnoliopsida	Salicales	Salicaceae	1	2	-	-	2	-	-
Magnoliopsida	Scrophulariales	Scrophulariaceae	2	2	-	-	1	-	1
Magnoliopsida	Solanales	Convolvulaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Solanales	Polemoniaceae	1	2	-	-	-	-	2
Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Urticales	Urticaceae	1	2	-	-	2	-	-
Magnoliopsida	Violales	Cistaceae	1	1	-	-	-	-	1
Magnoliopsida	Violales	Loasaceae	1	1	-	-	-	-	1
Lycopodiopsida	Lycopodiales	Lycopodiaceae	1	1	-	1	-	-	-
Polypodiopsida	Marsileidae	Marsileaceae	1	1	-	-	-	-	1
Polypodiopsida	Salviniidae	Azollaceae	1	1	-	-	1	-	-
TOTAL			150	201	4	13	78	6	116



Nymphaea mexicana



Trifolium wormskioldii



Litsea glaucescens

Figura 17. Algunas especies de flora enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Para hongos se reporta (**Tabla XV**) la familia Tricholomataceae con 2 géneros y 2 especies; Morchellaceae con 1 género y 2 especies; las demás familias presentan un solo género y una sola especie; la familia Agaricaceae, Albatrellaceae, Boletaceae, Clavicipitaceae, Elaphomycetaceae, Hydnangiaceae, Lycoperdaceae, Meripilaceae, Pluteaceae, Podoscyphaceae, Polyporaceae, Russulaceae, Sclerodermataceae, Stereaceae, Strophariaceae y De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 la especie Morchella conica, Morchella angusticeps, se encuentran dentro de la categoría de amenazada, Tricholoma magnivelare en la categoría sujeta a protección especial (**Fig. 18**) (Moreno *et al* 2010).

Tabla XV. Clasificación de hongos reportada en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM-059-SEMARNAT-2001			
					1	16	56	77
Holobasidiomycetes	Agaricales	Agaricaceae	1	1	-	-	-	-
Holobasidiomycetes	Agaricales	Amanitaceae	1	1	-	-	1	-
Holobasidiomycetes	Agaricales	Hydnangiaceae	1	1	-	-	-	-
Holobasidiomycetes	Agaricales	Pluteaceae	1	1	-	-	-	-
Holobasidiomycetes	Agaricales	Russulaceae	1	1	-	-	-	-
Holobasidiomycetes	Agaricales	Strophariaceae	1	1	-	-	-	-
Holobasidiomycetes	Agaricales	Tricholomataceae	2	2	1	1	1	1
Holobasidiomycetes	Boletales	Sclerodermataceae	1	1	-	-	-	-
Holobasidiomycetes	Boletales	Boletaceae	1	1	-	-	1	1
Holobasidiomycetes	Lycoperdales	Lycoperdaceae	1	1	-	-	-	1
Holobasidiomycetes	Polyporales	Albatrellaceae	1	1	-	-	-	1
Holobasidiomycetes	Polyporales	Meripilaceae	1	1	-	-	-	1
Holobasidiomycetes	Polyporales	Podoscyphaceae	1	1	-	-	-	1
Holobasidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	1	1	-	-	-	1
Holobasidiomycetes	Russulales	Stereaceae	1	1	-	-	-	1
Euascomycetes	Pezizales	Morchellaceae	1	2	-	-	-	2



Tricholoma magnivelare



Morchella conica

Figura 18. Algunas especies de hongos enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Para fauna se reporta lo siguiente (**Tabla XVI**); para reptiles se encontraron 5 familias, 9 géneros y 16 especies. La familia mas diversa es Phrynosomatidae con 2 géneros y 7 especies; le sigue Colubridae con 4 géneros y 5 especies; Teiidae con 1 género y 2 especies; Scincidae con 1 género y una especie; Anguidae 1 género y una especie. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 la especie *Sceloporus grammicus*, *Sceloporus megalepidurus* y *Barisia imbricata* se encuentra dentro de la categoría sujeta a protección especial, *Pituophis deppei*, *Thamnophis eques* y *Phrynosoma orbiculare* se encuentran dentro de la categoría de amenazada (Ramirez *et al* 2009, UNIBIO 2010b, Ramírez y Arizmendi 2004a, Ramírez y Arizmendi 2004b).

Tabla XVI. Clasificación de reptiles reportada en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM-059-SEMARNAT-2001	MUNICIPIO			
						1	16	56	77
Reptilia	Squamata	Anguidae	1	1	1	-	-	-	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	4	5	2	1	1	1	5
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	2	7	3	1	2	1	7
Reptilia	Squamata	Scincidae	1	1	-	-	-	-	1
Reptilia	Squamata	Teiidae	1	2	-	-	-	-	2

Para anfibios se tiene (**Tabla XVII**) 3 familias, 3 géneros y 6 especies, conformadas de la siguiente manera; la familia Hylidae con 1 género y 3 especies; Plethodontidae 1 género, 2 especies y Ambystomatidae 1 género, una especie. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 la especie *Ambystoma tigrinum* se encuentra dentro de la categoría sujeta a protección especial (UNIBIO 2010b, Ramírez y Arizmendi 2004a).

Tabla XVII. Clasificación de anfibios reportada en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM-059- SEMARNAT- 2001	MUNICIPIO			
						1	16	56	77
Amphibia	Anura	Hylidae	1	3	-	-	-	-	3
Amphibia	Caudata	Plethodontidae	1	2	-	-	-	-	2
Amphibia	Caudata	Ambystomatidae	1	1	1	-	1	-	-

Para aves se reportan (Tabla XVIII) 5 familias, 16 géneros y 18 especies, distribuidas de la siguiente forma; Emberizidae con 11 géneros y 13 especies, le sigue Fringillidae con 2 géneros y 2 especies; Podicipedidae con 1 género y una especie; Troglodytidae 1 género y una especie y Alaudidae 1 género y una especie. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 se reporta *Melospiza melodía* en peligro de extinción, *Passerculus sandwichensis* como amenazada y *Carpodacus mexicanus* como probablemente extinta en el medio silvestre (Fig. 19) (UNIBIO 2010, UNIBIO 2010a).

Tabla XVIII. Clasificación de aves reportada en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM-059- SEMARNAT- 2001	MUNICIPIO			
						1	16	56	77
Aves	Passeriformes	Alaudidae	1	1	-	-	-	-	1
Aves	Passeriformes	Emberizidae	11	13	2	1	-	-	13
Aves	Passeriformes	Fringillidae	2	2	1	-	-	-	2
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	1	1	-	-	-	-	1
Aves	Podicipediformes	Podicipedidae	1	1	-	-	-	-	1



Carpodacus mexicanus



Melospiza melodia

Figura 19. Algunas especies de aves enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Para artrópodos se registraron (**Tabla XIX**) 15 familias, 25 géneros y 38 especies. La familia más diversa es Andrenidae con 4 géneros y 12 especies, le sigue Apidae con 4 géneros y 7 especies; Halictidae con 3 géneros y 3 especies; Arctiidae con 3 géneros y 3 especies; Pseudothelphusidae con 1 género y 2 especies. Las siguientes familias presentan un solo género y una sola especie. La familia Colletidae, Aeolothripidae, Lycaenidae, Lycidae, Megachilidae, Lycosidae, Cyzicidae, Cambaridae, Streptocephalidae y Zorocratidae. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 no se encuentran especies en alguna categoría (UNIBIO 2010, UNIBIO 2010d, Morrone y Llorente 2006).

Tabla XIX. Clasificación de artrópodos reportada en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM-059- SEMARNAT- 2001	MUNICIPIO			
						1	16	56	77
Arachnida	Araneae	Lycosidae	1	1	-	-	-	-	1
Arachnida	Araneae	Zorocratidae	1	1	-	-	-	-	1
Crustacea	Anostraca	Streptocephalidae	1	1	-	-	-	-	1
Crustacea	Choncostraca	Cyzicidae	1	1	-	-	-	-	1
Crustacea	Decapoda	Cambaridae	1	1	-	-	1	-	1
Crustacea	Decapoda	Pseudothelphusidae	1	2	-	-	-	2	2
Insecta	Coleoptera	Lycidae	1	1	-	-	-	-	1
Insecta	Hymenoptera	Andrenidae	4	13	-	-	-	-	13
Insecta	Hymenoptera	Apidae	4	7	-	-	-	-	7
Insecta	Hymenoptera	Colletidae	1	1	-	-	-	-	1
Insecta	Hymenoptera	Halictidae	3	3	-	-	-	-	3
Insecta	Hymenoptera	Megachilidae	1	1	-	-	-	-	1
Insecta	Lepidoptera	Arctiidae	3	3	-	-	-	-	3
Insecta	Lepidoptera	Lycaenidae	1	1	-	-	-	-	1
Insecta	Thysanoptera	Aeolothripidae	1	1	-	-	-	-	1

En cuanto a mamíferos se refiere (**Tabla XX**) solo se reportaron 7 familias, 9 géneros y 15 especies. La familia mas diversa fue Muridae con 2 géneros y 6 especies, le sigue la familia Leporidae con 1 género y 3 especies; Sciuridae con 2 géneros y 2 especies. Las siguientes familias solo se reportan un género y una sola especie, la familia Geomyidae, Mustelidae, Phyllostomidae y Soricidae. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 se reporta Leptonycteris como amenazada (UNIBIO 2010c, COEDE 2003b).

Tabla XX. Clasificación de mamíferos reportada en la zona de estudio.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIES	NOM-059- SEMARNAT- 2001	MUNICIPIO				
						1	16	56	77	
Mammalia	Carnivora	Mustelidae		1	1	-	-	-	-	1
Mammalia	Chiroptera	Phyllostomidae		1	1	1	-	-	-	1
Mammalia	Insectivora	Soricidae		1	1	-	-	-	-	1
Mammalia	Rodentia	Geomyidae		1	1	-	-	1	-	1
Mammalia	Rodentia	Leporidae		1	3	-	-	-	-	3
Mammalia	Rodentia	Muridae		2	6	-	-	-	-	6
Mammalia	Rodentia	Sciuridae		2	2	-	-	-	-	2

Tabla XXI. Flora y fauna presente en la zona de estudio.

GRUPO	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES	NOM
FLORA	65	150	201	4
HONGOS	16	17	18	3
ARTROPODOS	15	25	38	0
REPTILES	5	9	16	6
ANFIBIOS	3	3	6	1
AVES	5	16	18	3
MAMÍFEROS	7	9	15	1
TOTAL	116	229	312	18



MEDIO SOCIOECONÓMICO

6.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

6.3.1 POBLACIÓN

El área de estudio comprende los municipios de Acatlán, Cuauhtepic de Hinojosa, Santiago Tulantepec y Tulancingo de Bravo, el municipio con mayor población corresponde a Tulancingo con 129,935, le sigue Cuauhtepic de Hinojosa con 45,527 de acuerdo a lo reportado por INEGI (2005) (Tabla XXII). En la zona de estudio la población se encuentra representada por mujeres y en menor proporción por hombres.

Tabla XXII. Población por municipio (INEGI, 2005).

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL	HOMBRES	MUJERES	NÚMERO DE LOCALIDADES
ACATLÁN	17,914	8,591	9,323	52
CUAUHTEPEC DE HINOJOSA	45,527	21,566	23,961	92
SANTIAGO TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO	29,246	13,841	15,405	26
TULANCINGO DE BRAVO	129,935	60,571	69,364	64

6.3.2 USO DE SUELO

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, la cual presenta diferentes tipos de suelos, así como climas, lo cual determina en cierta medida la existencia de las especies vegetativas, sin embargo, la mano del hombre influye de manera tajante en su alteración. Esta subprovincia ha sido desprovista de su vegetación natural casi en un 45 % de su superficie total para dar paso a labores agrícolas (INEGI, 1992).

La subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo donde se encuentra ubicada la región del Valle de Tulancingo esta formada en su mayor parte por sierras y llanuras, sustenta un mosaico edáfico más o menos homogéneo, sobre las sierras dominan los suelos someros y en las llanuras profundos. Suelen ser

negros o pardo oscuros con una capa superficial rica en materia orgánica y nutrientes llamados Feozem háplicos (INEGI, 1992).

En la zona de estudio predominan los Feozem y Vertisoles pélicos; estos suelos son de color negro o gris oscuro, son muy arcillosos, lodosos y adhesivos por presentar arcillas expandibles que en época seca sufren fuerte agrietamiento, son duros y masivos, en época de lluvias se hidratan y expanden. Se encuentran principalmente en llanuras y valles, generalmente dedicados a labores agrícolas por ser suelos muy fértiles (INEGI, 1992).

En la parte norte del gran llano de Tulancingo, los Vertisoles se asocian a Planosol éutrico y a Feozem háplicolimitados por tepetate. Los Luvisoles presentan colores rojos y son muy arcillosos, susceptibles a la erosión, se localizan en la porción sur del gran llano de Tulancingo (INEGI, 1992).

6.3.3 USO POTENCIAL DE LA TIERRA

Las grandes llanuras con que cuenta la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo hacen que la mayor parte de sus terrenos sea apta para la introducción de agricultura mecanizada (**Fig. 20**), sin embargo, el clima y las limitantes físicas y químicas del suelo, hacen que tal uso no sea óptimo en todos los casos.

Para la región del Valle de Tulancingo, donde imperan los climas templados húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, la profundidad del suelo y la poca pendiente hace que el uso de la maquinaria no se dificulte y los rendimientos de los cultivos sean aceptables. Mientras que en sitios donde los suelos someros, profundidad entre 25 y 35 cm, la existencia de ciertos grados de erosión y baja fertilidad, ocasiona que con frecuencia no se den las cosechas y el laboreo sea por tracción animal (**Tabla XXIII**) (INEGI, 1992).

Tabla XXIII. Uso potencial de la tierra en la zona de estudio (INEGI, 2005).

CONCEPTO	CLAVE	CLASE O SUBCLASE DESCRIPCIÓN	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
USO AGRÍCOLA	A1	MECANIZADA CONTINUA	58.86
	A2.2	DE TRACCIÓN ANIMAL CONTINUA	1.15
	A5	MANUAL ESTACIONAL	24.61
	A6	NO APTAS PARA LA AGRICULTURA	15.38
	P1	PARA EL DESARROLLO DE PRADERAS CULTIVADAS	49.63
USO PECUARIO	P3	PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA VEGETACIÓN NATURAL DIFERENTE DEL PASTIZAL	41.14
	P5	NO APTAS PARA USO PECUARIO	9.23

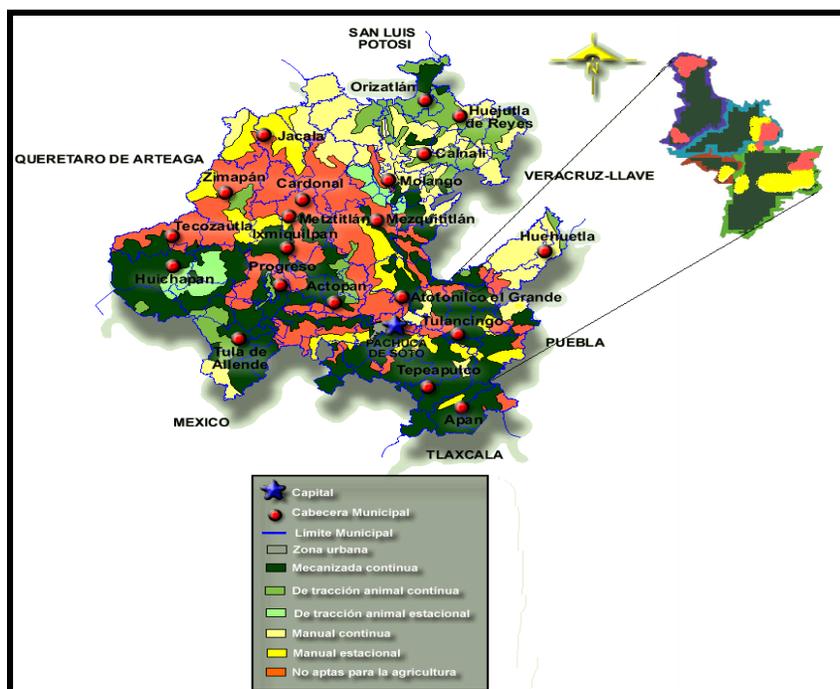


Figura 20. Uso potencial agrícola presente en la zona de estudio (INEGI, 2010).

6.3.4 AGRICULTURA Y VEGETACIÓN

La región del Valle de Tulancingo se encuentra comprendida en la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, en esta subprovincia se encuentra la zona agrícola más importante del estado y se distribuye en dos variantes de temporal y tres de riego. La agricultura temporal se desarrolla en localidades de Tulancingo como Santa Ana, bajo climas templados húmedos y subhúmedos con lluvias en verano. Los cultivos principales que se dan en la zona de estudio son: cebada, maíz, frijol, trigo, zacatón, nopal entre otros (INEGI, 2005b) (Tabla XXIV).

Tabla XXIV. Agricultura presente en la zona de estudio.

<i>NOMBRE CIENTÍFICO</i>	NOMBRE LOCAL	UTILIDAD
<i>Zea mays</i>	Maíz	Comestible
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol	Comestible
<i>Triticum aestivum</i>	Trigo	Comestible
<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada	Comestible
<i>Muhlenbergia sp.</i>	Zacatón	Forraje
<i>Aristida sp.</i>	Zacate tres barbas	Forraje
<i>Pinus teocote</i>	Ocote	Madera
<i>Pinus patula</i>	Ocote colorado	Madera
<i>Quercus rugosa</i>	Encino	Madera
<i>Juniperus flaccida</i>	Sabino	Madera
<i>Agave americana</i>	Maguey pulquero	Comestible
<i>Pinus leiophylla</i>	Ocote chino	Madera
<i>Quercus crassipes</i>	Encino hoja ancha	Madera
<i>Opuntia sp.</i>	Nopal	Recolección de frutos
<i>Yucca sp.</i>	Palma	Fibra
<i>Prosopis sp.</i>	Mezquite	Forraje

En la zona de estudio el tipo de vegetación que predomina es la agricultura (Fig. 21) y el pastizal, mientras que en menor proporción se puede observar bosque y matorral (Tabla XXV).

Tabla XXV. Actividad presente en la zona de estudio.

	Total	Agricultura	Pastizal	Bosque	Matorral xerófilo
1	24,163	14,720	2,526	3,567	130
16	39,213	26,369	2,479	5,851	0
56	6,427	5,261	20	459	0
77	21,716	16,252	1,306	2,196	111

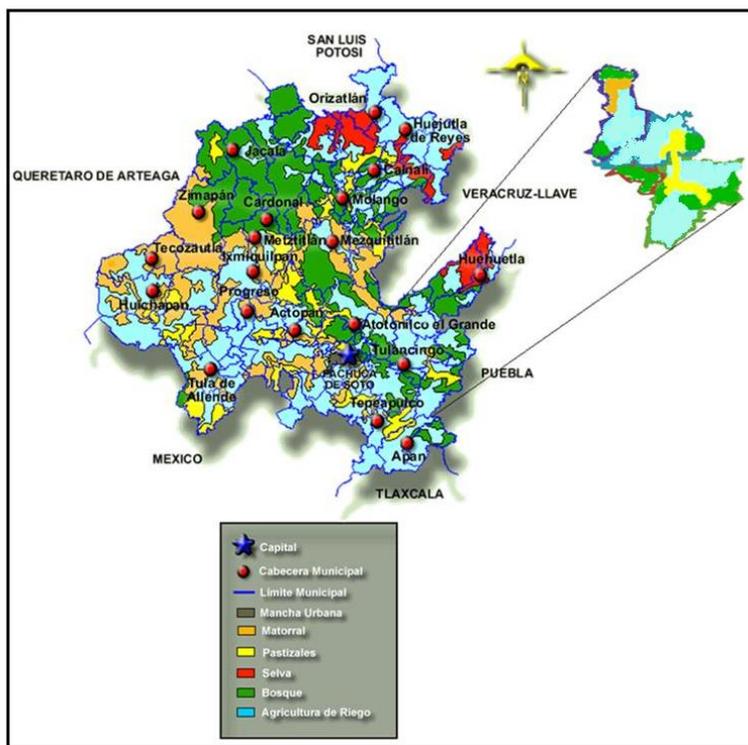


Figura 21. Actividad presente en la zona de estudio (INEGI, 2010).

Debido a las condiciones naturales que presenta la región del Valle de Tulancingo favorecen el desarrollo de la ganadería (Fig. 22); los terrenos que no son utilizados en la agricultura las aprovechan para introducir ganado. El pastoreo extensivo de ganado bovino, ovino y caprino es muy frecuente en la zona de estudio (Tabla XXVI).

Tabla XXVI. Actividad pecuaria presente en la zona de estudio.

DISTRITO MUNICIPIO	BOVINO		PORCINO	OVINO		CAPRINO	GALLINÁCEAS		GUAJOLOTES
	CARNE	LECHE		CARNE	LANA	CARNE	CARNE	HUEVO	
ACATLÁN	5,340	10,600	9,970	7,265	5,085	1,490	31,875	37,200	2,215
CUAUTEPEC DE HINOJOSA	1,764	3,980	10,175	18,683	11,502	985	45,725	48,550	2,290
SANTIAGO TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO	1,610	4,930	7,925	8,320	5,824	860	27,625	36,620	1,610
TULANCINGO DE BRAVO	4,702	9,670	6,065	9,315	6,420	1,117	35,500	155,500	1,870

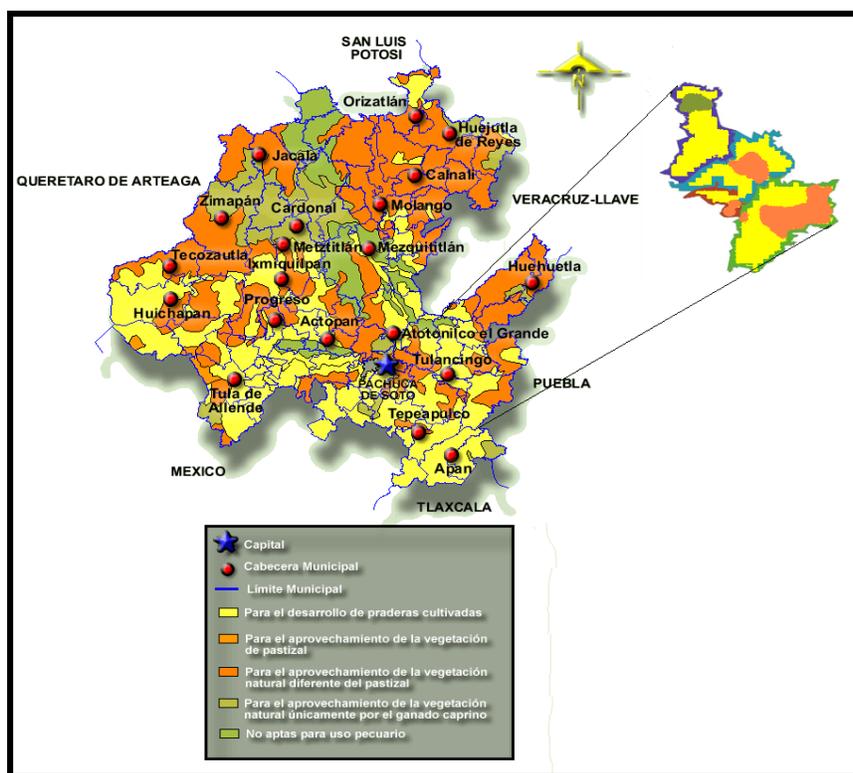


Figura 22. Actividad pecuaria presente en la zona de estudio (INEGI, 2010).

6.3.5 SERVICIOS

Los municipios que integran la zona de estudio cuentan con los servicios básicos de una casa habitación; energía eléctrica, agua y drenaje (**Tabla XXVII**). Se puede observar el total de viviendas que cuentan con los servicios por municipio.

Tabla XXVII. Viviendas que cuentan con el servicio de energía, agua y drenaje (INEGI, 2005a).

MUNICIPIO	VIVIENDAS PARTICULARES	VIVIENDAS PARTICULARES QUE DISPONEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	VIVIENDAS PARTICULARES QUE DISPONEN DE AGUA DE LA RED PÚBLICA EN EL ÁMBITO DE LA VIVIENDA	VIVIENDAS PARTICULARES QUE DISPONEN DE DRENAJE
ACATLÁN	4,266	3,985	3,513	2,362
CUAUTEPEC DE HINOJOSA	10,439	9,954	9,536	8,039
SANTIAGO TULANTEPEC	6,826	6,529	6,178	6,247
TULANCINGO DE BRAVO	30,689	30,177	28,434	29,222

6.3.6 VÍAS DE COMUNICACIÓN

6.3.6.1 Carreteras

En 2007 la entidad contaba con una red de 12,942 kilómetros de carreteras. La principal vía de acceso entre el centro y norte del país es la autopista México-Querétaro, que atraviesa el estado por la porción sureste (INEGI, 2004).

La región del Valle de Tulancingo forma parte de la carretera federal número 130 que inicia en la capital del estado, Pachuca, pasa por Tulancingo, (**Fig. 23 y 24**), continúa hacia Huauchinango (Puebla), hasta llegar a la zona petrolera de la ciudad de Poza Rica (Veracruz). La carretera 130 se bifurca después de pasar por Tulancingo en la estatal No. 51 que comunica a Metepec y Agua Blanca de Iturbe y en la No. 53 que atraviesa por Tenango de Doria y Huehuetla. (Arteaga *et al* 2000).

6.3.6.2 Ferrocarriles

El sistema ferroviario de la entidad estaba compuesto en 2006 por 839.6 kilómetros, que representa el 3.2% de la red nacional. Del total, 595.4 kilómetros correspondían a troncales nacionales que pasan por la entidad y a ramales que nacen de ella (INEGI, 2004).

Las tres vías que entran por la parte oriente del estado comunican con los tres principales centros industriales: Pachuca, Tulancingo y Ciudad Sahagún. La ruta que va de la Ciudad de México a Pachuca de Soto tiene una vía troncal en su trayecto que atraviesa por San Agustín, San Juan Tepa y Tulancingo de Bravo (INEGI, 2004).

El transporte de carga por ferrocarril mueve productos como caolín, arena sílica, gasolina, mineral de manganeso en bruto, azufre, cobre, plata, concentrados de fierro y plomo; partes y maquinarias para el complejo de Ciudad Sahagún y las instalaciones de Petróleos Mexicanos, así como las de la Termoeléctrica situada en Tula de Allende (INEGI, 2004).

6.3.7 TELECOMUNICACIONES

En la zona de estudio se encuentra la estación terrena de seguimiento orbital más importante del país que es utilizada por el Sistema Mexicano de Satélite; se encuentra instalada en la localidad de Paxtepec, a 7 kilómetros de la Ciudad de Tulancingo (INEGI, 2004) (**Fig. 25**).



Figura 25. Estación terrena más importante del país.

6.3.8 FUENTES FIJAS INDUSTRIALES PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO.

La región del Valle de Tulancingo presenta una gran variedad de industrias que dan un importante aporte económico a la región. De esta manera la zona de estudio fue analizada industrialmente para determinar el número de fuentes que contaminan dicha región. Los resultados obtenidos se basan en estimaciones indirectas de contaminantes para cada medio; aire, agua y suelo. Se muestran las industrias presentes y analizadas en la zona de estudio dando un total de 189 industrias (**Fig. 26**) de las cuales 41 pertenecen a Acatlán, 41 a Cuauhtepec de Hinojosa, 25 para Santiago Tulantepec y 82 para Tulancingo de Bravo. Se observa además el número total de fuentes clasificadas de acuerdo a los protocolos de la técnica ERFCA, en base al giro manufacturero, donde el sector 11 (agropecuaria) presenta un total de 104 fuentes, seguido del 31 (producción de alimentos) con 62, el 32 (manufactura de textiles) con 7, el sector 33 (manufactura de productos químicos) con 3 y sector 36 (industria de minerales no metálicos) con 13 fuentes industriales (**Tabla XXVIII**).

Tabla XXVIII. Industrias clasificadas a partir de la técnica ERFCA en la zona de estudio.

MUNICIPIO	11	31	32	33	34	35	36	37	38	39	TOTAL
1	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	41
16	25	1	2	1	0	0	12	0	0	0	41
56	20	0	2	2	0	0	1	0	0	0	25
77	59	20	3	0	0	0	0	0	0	0	82
TOTAL	104	62	7	3	0	0	13	0	0	0	189

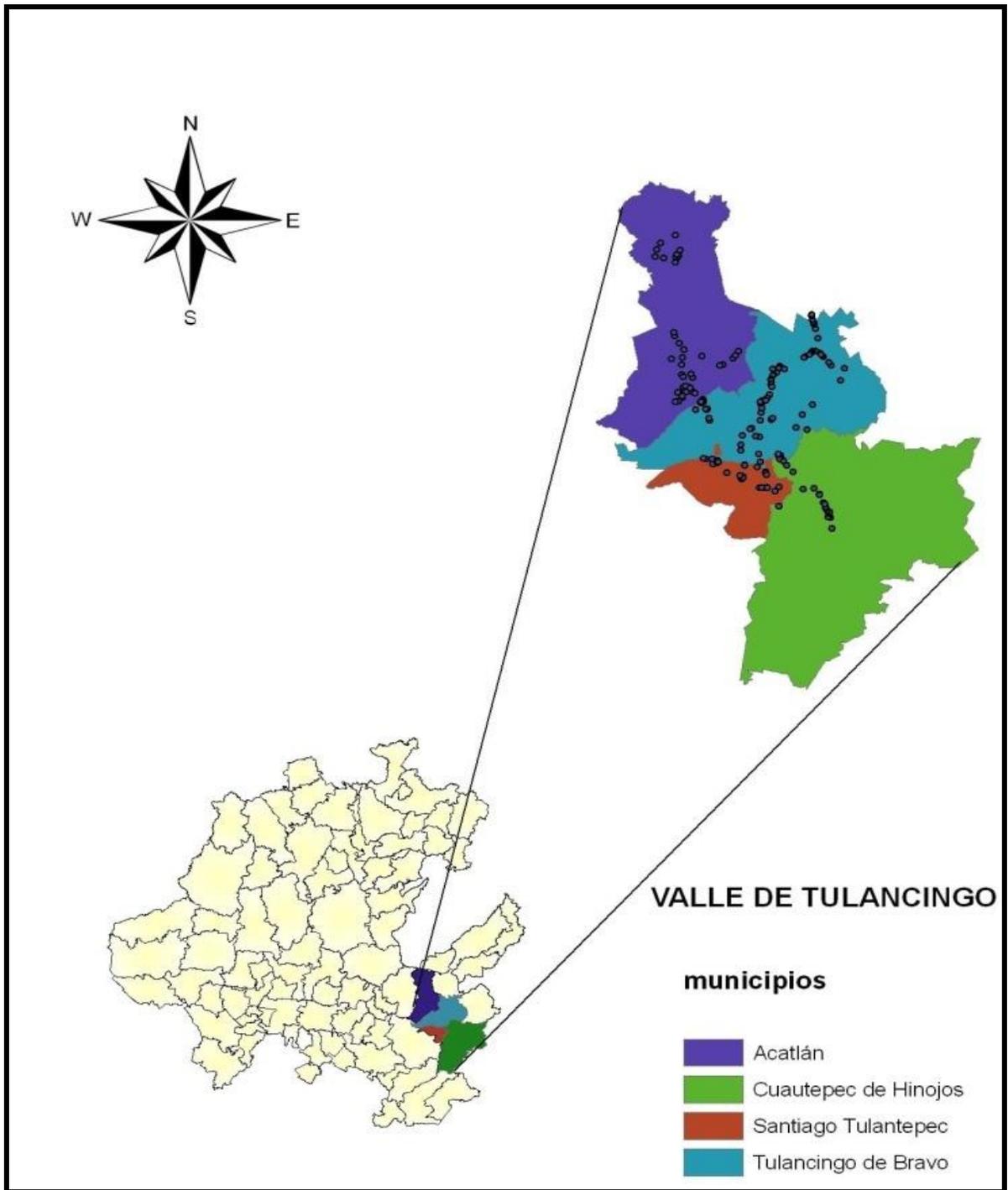


Figura 26. Total de fuentes analizadas en la zona de estudio (Elaboración propia).



CONTAMINACIÓN AL AIRE

6.4 CONTAMINACIÓN AL AIRE

Los resultados presentados se basan en estimaciones indirectas obtenidos a través de los protocolos de la técnica ERFCA y fueron clasificados en tres tipos para el medio aire: generación de energía eléctrica, Industrial y móvil. Los parámetros que se manejan son partículas suspendidas totales (PST), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO).

En este apartado se mostraran los resultados obtenidos para fuentes móviles, los cuales incluyen automóviles, colectivos, motos y camiones de carga. Las fuentes móviles se clasificaron de acuerdo al tipo de combustible que usan, ya sea gasolina o diesel; ésta información se obtuvo de PEMEX, mediante un formato de encuesta (ver anexo III).

6.4.1 EMISIONES AL AIRE PROVENIENTES DE FUENTES DE COMBUSTIÓN MÓVILES

Los resultados que a continuación se presentan son para fuentes móviles. Los cálculos para el área de estudio, se basan en el consumo total de gasolina al año, (Magna, Premium) y diesel los cuales se muestran de forma separada.

Los resultados obtenidos muestran las emisiones contaminantes al aire por fuentes de combustión móviles con motor a gasolina por municipio y tipo de parámetro (**Tabla XXIX**).

Para la región del Valle de Tulancingo, el municipio que aporta la mayor cantidad de contaminantes a gasolina es Tulancingo de Bravo con un total de 25,071.90 ton/año, lo que equivale al 71% del total de la contaminación, le sigue Cuauhtepac de Hinojosa con 4,344.63 ton/año y representa el 12%, Santiago Tulantepec con 3,332.97 ton/año, el cual constituye el 9% y Acatlán con 2,678.36 ton/año (**Fig. 27**) con un porcentaje del 8%. Los porcentajes antes mencionados se muestran por municipio de acuerdo a la clave definida por INEGI (**Fig. 28**).

Tabla XXIX. Contaminación atmosférica proveniente de fuentes de combustión móviles a gasolina por municipio y por tipo de parámetro.

MUNICIPIO	PST (TON/AÑO)	SO ₂ (TON/AÑO)	NO _x (TON/AÑO)	HC (TON/AÑO)	CO (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
1	13.25	3.58	68.23	96.05	2,497.25	2,678.36
16	21.49	5.80	110.67	155.80	4,050.87	4,344.63
56	16.49	4.45	84.90	119.52	3,107.61	3,332.97
77	124.01	33.48	638.67	899.10	23,376.64	25,071.90
TOTAL	175.24	47.31	902.47	1,270.47	33,032.37	35,427.86

Así mismo, se obtuvieron resultados de los parámetros que emiten mayor contaminación al aire con motor a gasolina (**Fig. 29**), siendo el Monóxido de Carbono (CO), con un aporte total de 33,032.37 ton/año, el cual representa el 93%, le sigue Hidrocarburos (HC) con 1,270.47 ton/año, que equivale al 4% y por último Óxidos de Nitrógeno (NO_x) con 902.47 ton/año, representando el 3%. Los porcentajes se muestran por cada indicador (**Fig. 30**).

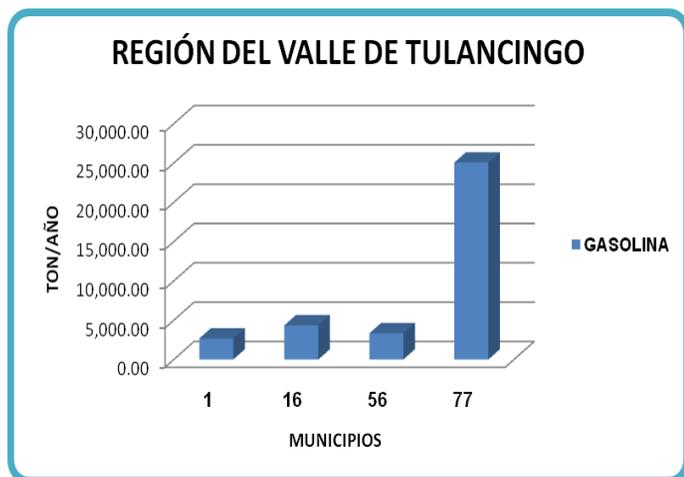


Figura 27. Emisiones contaminantes de automóviles con motor a gasolina, por municipio en la Región del Valle de Tulancingo (ton/año).

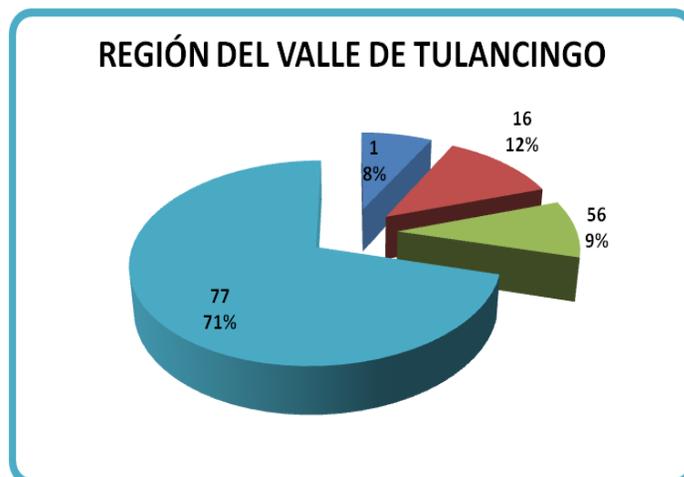


Figura 28. Porcentaje de emisiones contaminantes al aire con motor a gasolina por municipio en la zona de estudio.

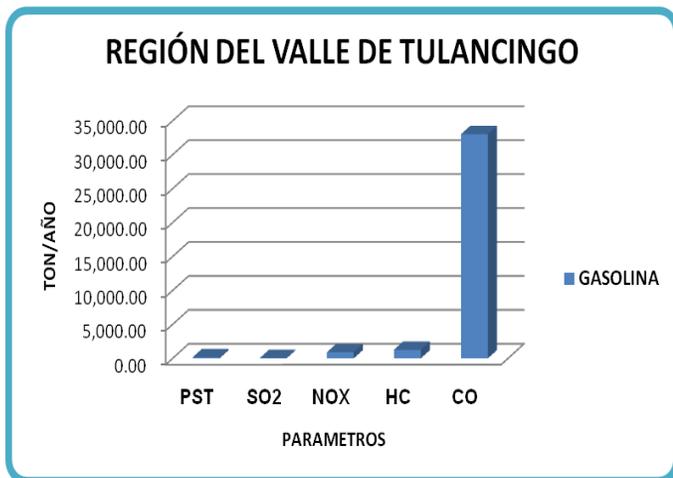


Figura 29. Emisiones contaminantes por tipo de parámetro en la Región del Valle de Tulancingo (ton/año).

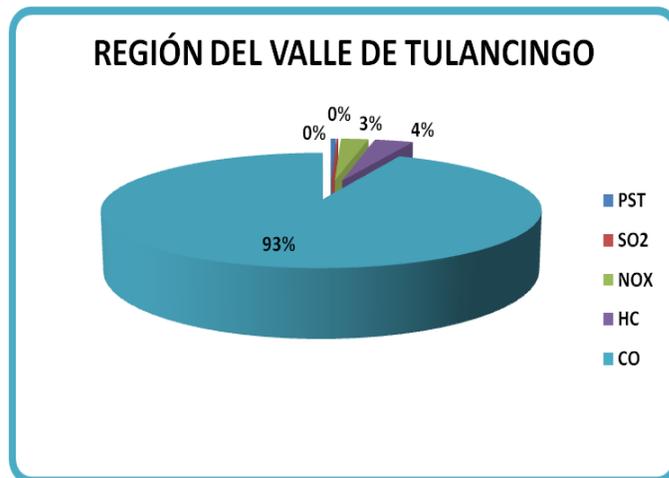


Figura 30. Porcentaje de emisiones contaminantes a gasolina por tipo de parámetro.

Las emisiones de contaminantes con motor a diesel para la Región del Valle de Tulancingo, se muestran en la (Tabla XXX). Se observa que el municipio que aporta la mayor cantidad de contaminación es (Fig. 31), Tulancingo de Bravo con 2,133.24 ton/año, le sigue Santiago Tulantepec con 1,365.30 ton/año, Cuautepec de Hinojosa con 201.51 ton/año y Acatlán con 170.54 ton/año.

Tabla XXX. Contaminación emitida al aire por fuentes de combustión móviles con motor a diesel por municipio y por tipo de parámetro.

MUNICIPIO	PST (TON/AÑO)	SO ₂ (TON/AÑO)	NO _x (TON/AÑO)	HC (TON/AÑO)	CO (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
1	5.21	41.28	23.90	5.65	94.50	170.54
16	6.16	48.77	28.24	6.67	111.66	201.50
56	12.56	99.45	57.57	13.61	1,182.11	1,365.30
77	65.22	516.33	298.93	70.66	1,182.11	2,133.25
TOTAL	89.15	705.83	408.64	96.59	2,570.38	3,870.59

Se muestran los porcentajes de emisiones contaminantes para la región del Valle de Tulancingo (Fig. 32), en el cual Tulancingo de Bravo representa el 55%, Santiago Tulantepec el 35%, Cuautepec de Hinojosa el 5% y Acatlán el 5%.

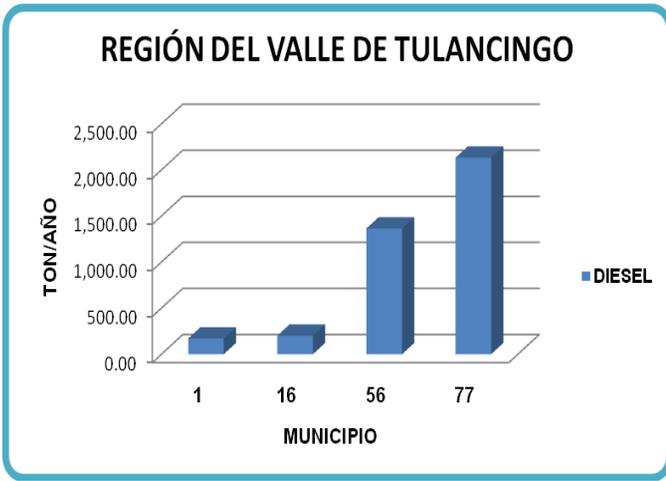


Figura 31. Emisiones contaminantes con motor a diesel por municipio en la Región del Valle de Tulancingo (ton/año).

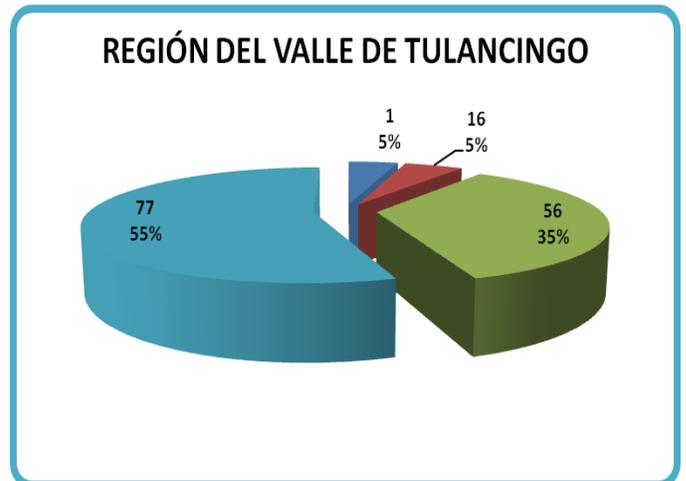


Figura 32. Porcentaje de emisiones contaminantes al aire, por fuentes móviles con motor a diesel en la zona de estudio.

También se obtuvieron las emisiones totales de los contaminantes a diesel por tipo de parámetro o indicador para la Región del Valle de Tulancingo (Fig. 33), mostrando que el parámetro con mayor cantidad de emisiones fue el Monóxido de Carbono (CO) con 2,570.39 ton/año, representando el 66% (Fig. 34), le sigue Óxido de Azufre (SO₂) con 705.82 ton/año, que representa el 18%, Óxidos de Nitrógeno (NOx) con 408.63 ton/año, que equivale al 11%, Hidrocarburos (HC) con 96.59 ton/año, que representa el 3% y por último Partículas Suspendidas Totales (PST) con 89.16 ton/año, que corresponde al 2% de la contaminación total.

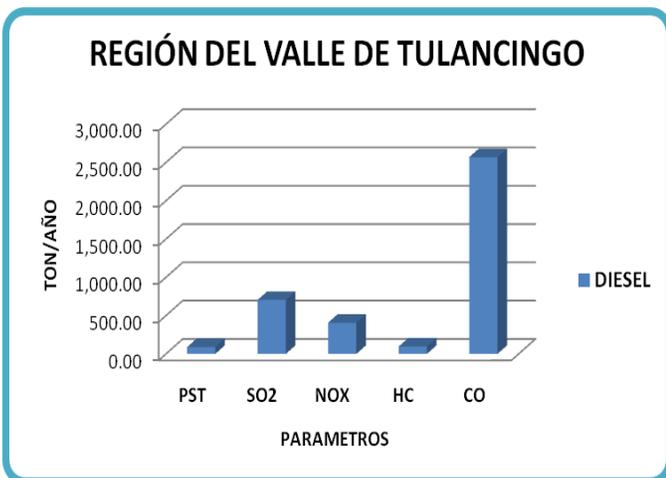


Figura 33. Contaminación emitida al aire con motor a diesel por tipo de parámetro en la zona de estudio (ton/año).

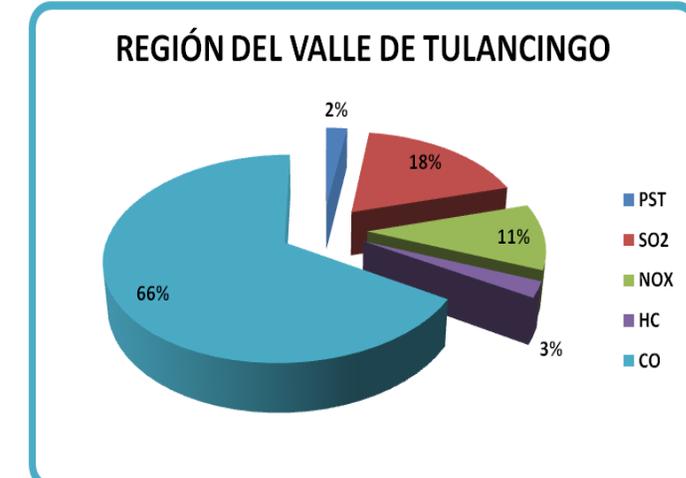


Figura 34. Porcentaje de emisiones contaminantes al aire con motor a diesel por tipo de parámetro en la zona de estudio.

Se muestra el total de emisiones contaminantes para gasolina y diesel (Fig. 35), el mayor contaminante fue gasolina con un total de 35,427.86 ton/año y para diesel se obtuvieron 3,870.59 ton/año. Los porcentajes obtenidos fueron del 90% y 10% respectivamente (Fig. 36). La mayoría de las emisiones contaminantes son por automotores que no cumplen con las normas oficiales mexicanas (Fig. 37).

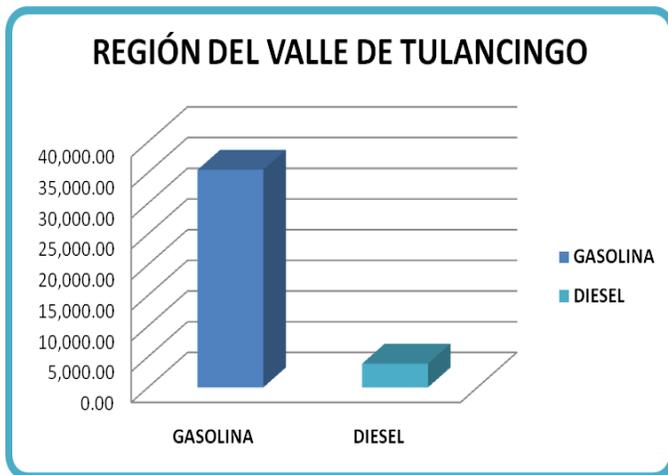


Figura 35. Contaminación a gasolina y diesel en la zona de estudio.

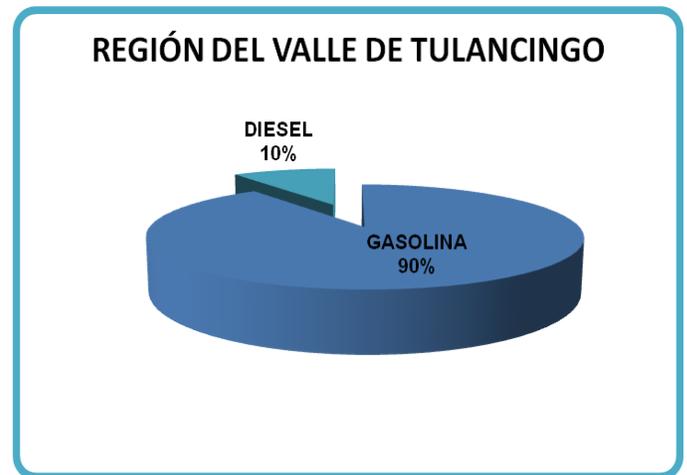


Figura 36. Porcentaje de emisiones contaminantes de fuentes móviles con motor a gasolina y diesel.



Figura 37. Contaminación al aire por fuentes móviles.

6.4.2 CONTAMINACIÓN AL AIRE POR FUENTES INDUSTRIALES

A continuación se muestran los resultados obtenidos para fuentes fijas industriales en la zona de estudio que emiten contaminación al aire (**Tabla XXXI**). Los parámetros analizados fueron partículas suspendidas totales (PST), dióxido de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y otros como el flúor.

Tabla XXXI. Emisiones contaminantes por fuentes fijas industriales por tipo de parámetro en la zona de estudio.

MUNICIPIO	PST (TON/AÑO)	SO ₂ (TON/AÑO)	NO _x (TON/AÑO)	HC (TON/AÑO)	CO (TON/AÑO)	FLÚOR (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
16	809.90	0	0	0	0	0	809.90
56	0.10	0	0	0	0	1.04	1.14
77	13.73	0	0	0	0	0	13.73
TOTAL	823.73	0	0	0	0	1.04	824.77

En la Región del Valle de Tulancingo, el municipio que emite mayor contaminación al aire (**Fig. 38**) es Cuauhtepec de Hinojosa con un total de 809.90 ton/año, le sigue Tulancingo de Bravo con 13.73 ton/año y Santiago Tulantepec con un 1.14 ton/año. A Cuauhtepec de Hinojosa le corresponde el 98% de la contaminación y a Tulancingo el 2% (**Fig. 39**).

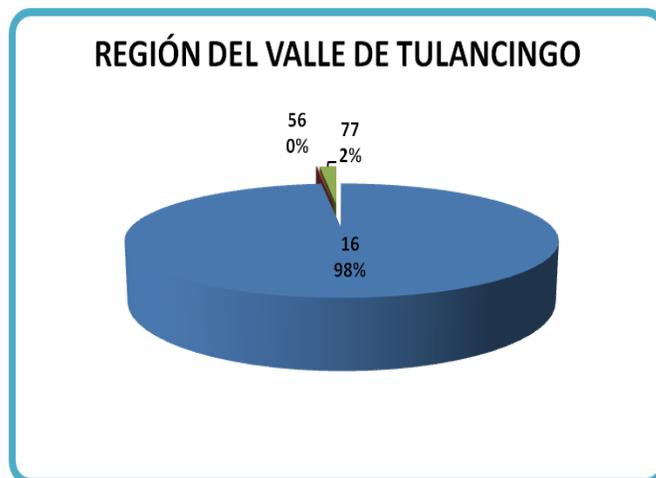
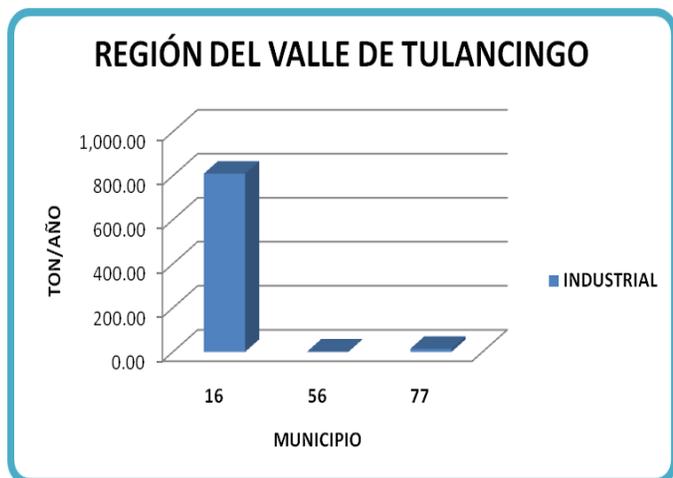


Figura 38. Contaminación emitida al aire por fuentes fijas industriales en la zona de estudio (ton/año).

Figura 39. Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por fuentes fijas industriales en la zona de estudio.

Se obtuvieron además las emisiones contaminantes por tipo de parámetro (Fig. 40) donde las PST emiten un total de 823.73 ton/año y en menor proporción el flúor con 1.04 ton/año. Las partículas suspendidas totales representan el 100% de la contaminación (Fig. 41).

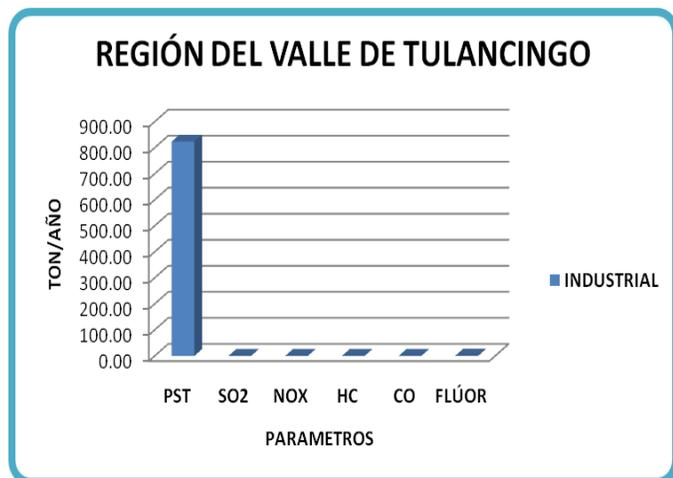


Figura 40. Emisiones contaminantes al aire por tipo de parámetro en la zona de estudio (ton/año).

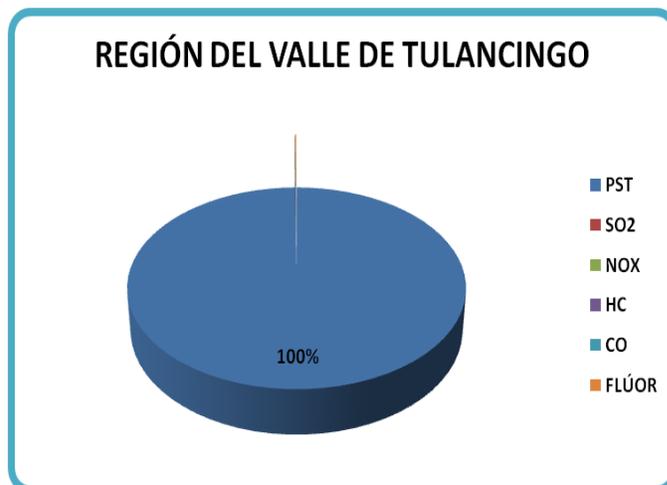


Figura 41. Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por tipo de parámetro.

Los resultados fueron analizados por sectores (Tabla XXXII) y se puede observar que el sector con mayor emisión contaminante fue el 36 que corresponde a industrias de minerales no metálicos (ladrilleras, Fig. 42) y el sector 31 (molinos de granos) (Fig. 43). El porcentaje para el sector 36 es del 98% y 2% (Fig. 44), para el sector 31.

Tabla XXXII. Emisiones contaminantes al aire por fuentes fijas industriales por sectores en la zona de estudio.

MUNICIPIO	31	32	33	34	35	36	37	38	39	TOTAL (ton/año)
16	0	0	0	0	0	809.90	0	0	0	809.90
56	0	0	0	0	0	1.14	0	0	0	1.14
77	13.73	0	0	0	0	0	0	0	0	13.73
TOTAL	13.73	0	0	0	0	811.04	0	0	0	824.77



Figura 42. Emisiones contaminantes al aire por ladrilleras en el municipio de Cuauhtepéc.

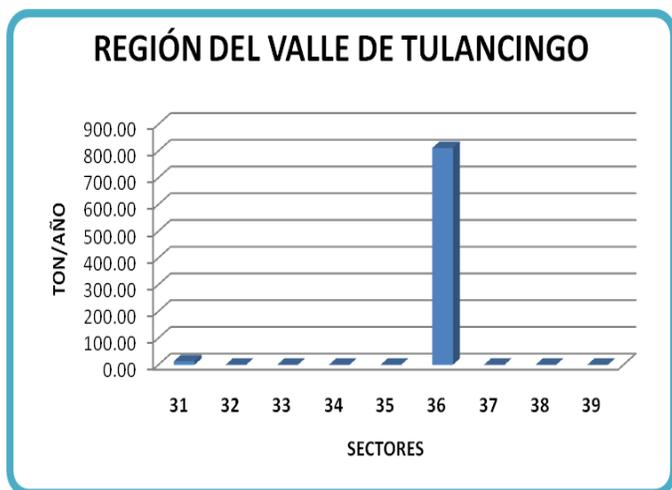


Figura 43. Contaminación por fuentes fijas industriales en la Región del Valle de Tulancingo por sector manufacturero (ton/año).

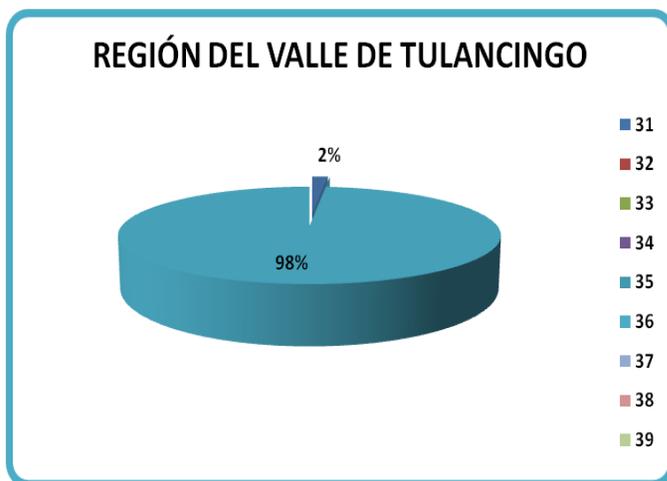


Figura 44. Porcentaje de emisiones contaminantes al aire por sector manufacturero.

6.4.3 CONTAMINACIÓN TOTAL AL AIRE

Por otro lado, los resultados de fuentes fijas (industriales) y móviles (gasolina y diesel) fueron agrupados, quedando el total de la contaminación emitida al aire para la Región del Valle de Tulancingo (**Tabla XXXIII**); se muestra que el municipio que aporta la mayor contaminación es Tulancingo de Bravo con un total de 27,218.88 ton/año, le sigue Cuauhtepc de Hinojosa con 5,356.03 ton/año, Santiago Tulantepec con 4,699.41 ton/año y Acatlán con 2,848.90 ton/año (**Fig. 45**). Se obtuvieron los porcentajes de las emisiones contaminantes por municipio donde el municipio con mayor contaminación le corresponde el 68%, le sigue el 13%, 12% y el 7% respectivamente (**Fig. 46**).

Se muestra además los parámetros que emiten contaminación a la zona de estudio (**Fig. 48**), en el cual el CO aporta la contaminación más alta con un total de 35,602.76 ton/año y representa el 89%, HC con 1,367.06 ton/año, equivale al 3%, NO_x con 1,311.11 ton/año, representa el 3%, PST con 1,088.13 ton/año lo que equivale al 3%, SO₂ con 753.13 ton/año y representa el 2%. El porcentaje se muestra para cada indicador (**Fig. 49**).

Los resultados obtenidos fueron comparados con un estudio previo que se realizó en la misma zona de estudio para el año 2000; se observó que al 2009 hubo un aumento significativo de la contaminación ambiental para fuentes móviles con motor a gasolina. En Tulancingo de Bravo se reportó un total de 15,360.075 ton/año, Cuauhtepc de Hinojosa con 2,160.785 ton/año y para Santiago Tulantepec no hay registro. Lo mismo sucede para diesel donde Tulancingo aportó 1,507.613 ton/año, Cuauhtepc 124.950 ton/año y Santiago no hubo ningún registro. Para fuentes industriales el panorama fue diferente Tulancingo registró un total de 144.189 ton/año, comparado con los resultados obtenidos hubo una disminución de contaminación, como consecuencia de la disminución de industrias; para Santiago se reportó 7.421 ton/año con datos actuales se observó una disminución de contaminación; para Cuauhtepc no se reportaron industrias, pero en este estudio, se pudo observar que la contaminación por industrias al Valle de Tulancingo la emite Cuauhtepc (Cabrera-Cruz et al 2000).

Tabla XXXIII. Total de contaminación emitida al aire por municipio y por tipo de parámetro en la Región del Valle de Tulancingo.

MUNICIPIO	PST (TON/AÑO)	SO ₂ (TON/AÑO)	NO _x (TON/AÑO)	HC (TON/AÑO)	CO (TON/AÑO)	FLÚOR (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
1	18.46	44.86	92.13	101.70	2,591.75	0	2,848.90
16	837.55	54.57	138.91	162.47	4,162.53	0	5,356.03
56	29.15	103.90	142.47	133.13	4,289.72	1.04	4,699.41
77	202.96	549.81	937.60	969.76	24,558.75	0	27,218.88
TOTAL	1,088.12	753.14	1,311.11	1,367.06	35,602.75	1.04	40,123.22

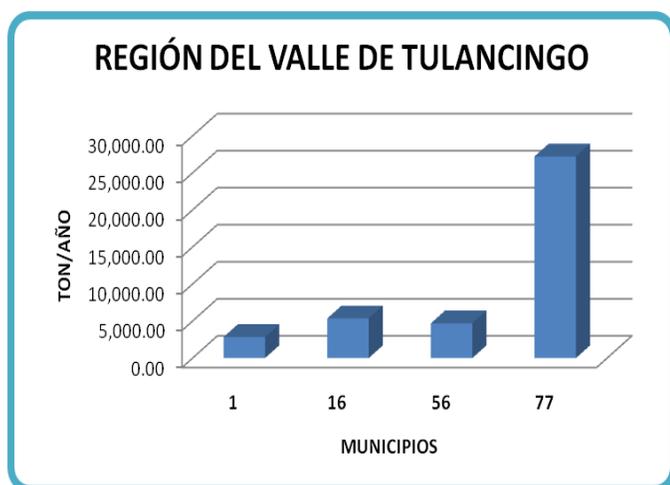


Figura 45. Total de la contaminación emitida al aire por fuentes móviles y fijas (industriales) a la región del Valle de Tulancingo en ton/año.

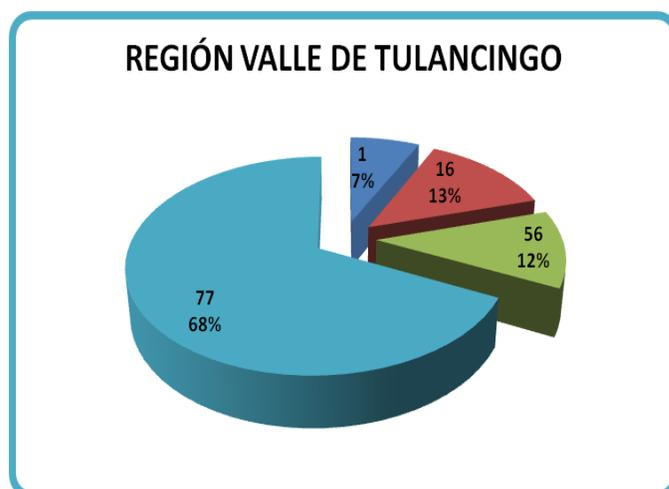


Figura 46. Porcentaje total de la contaminación emitida al aire a la región del Valle de Tulancingo.



Figura 47. Incendio en el municipio de Tulancingo.

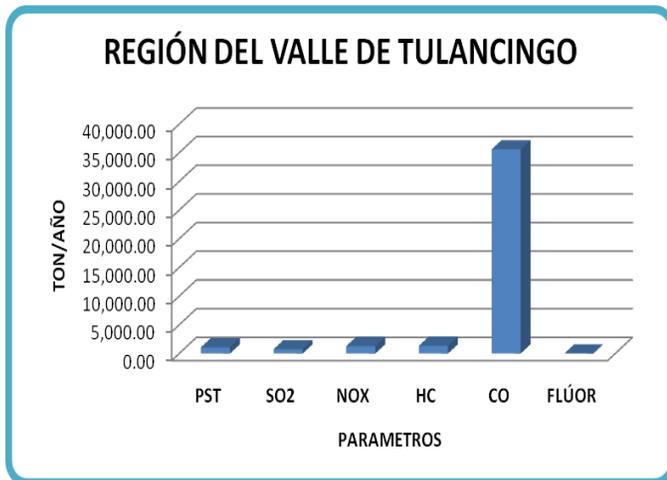


Figura 48. Total de la contaminación emitida al aire en la zona de estudio por tipo de parámetro en ton/año.

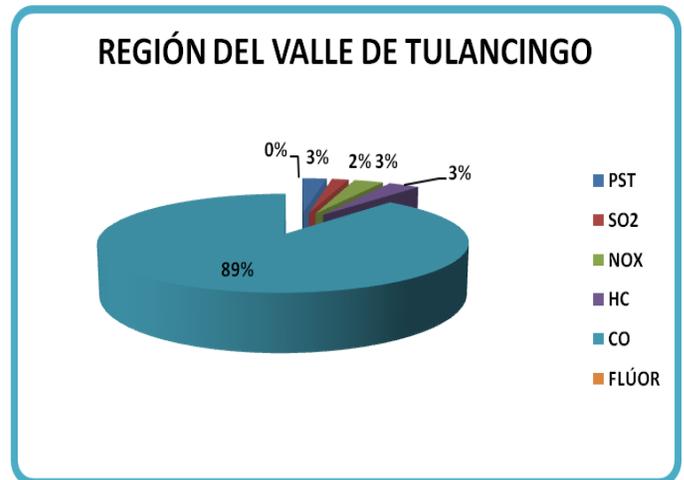


Figura 49. Porcentaje total de la contaminación emitida al aire a la región del Valle de Tulancingo por tipo de parámetro.

Otra forma de analizar los datos es la suma total de la contaminación por fuentes fijas y móviles (**Tabla XXXIV**), se puede observar que la mayor contaminación al aire es por fuentes móviles con motor a gasolina con un total de 35,427.86 ton/año, le sigue fuentes móviles con motor a diesel con 3,870.59 ton/año y fuentes industriales con 824.77 ton/año, dando un total de contaminación al aire de 40,123.22 ton/año.

Tabla XXXIV. Contaminación total a la atmósfera por fuentes fijas y móviles en la zona de estudio.

MUNICIPIO	TOTAL GASOLINA (TON/AÑO)	TOTAL DIESEL (TON/AÑO)	TOTAL INDUSTRIAL (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
1	2,678.36	170.54	0	2,848.90
16	4,344.63	201.50	809.90	5,356.03
56	3,332.97	1,365.30	1.14	4,699.41
77	25,071.90	2,133.25	13.73	27,218.88
TOTAL	35,427.86	3,870.59	824.77	40,123.22

6.4.4 RECOMENDACIONES PARA AIRE

En la zona de estudio el problema al aire se centra en contaminación por fuentes móviles por lo que se propone lo siguiente:

- Realizar monitoreo de los automóviles a través de centros de verificación vehicular.
- Vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental en los centros de verificación vehicular.
- Obligar a los propietarios de los vehículos automotores a dar mantenimiento a sus unidades.
- Evitar en lo posible el uso del automóvil, en su lugar utilizar transporte público o bicicleta.
- Fomentar el uso de combustibles menos contaminantes.
- Informar y orientar a la población sobre la forma de contribuir a la prevención de la contaminación atmosférica.

6.5 CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL AL AGUA

Los resultados obtenidos para agua se dividen en dos sectores: industrial y doméstico; el sector industrial se ha clasificado de acuerdo a los protocolos de la técnica ERFCA y se obtuvo la información mediante encuestas directas a las empresas, (ver anexo III). Dicha información sirvió para estimar las emisiones contaminantes para agua y realizar el inventario correspondiente para la zona de estudio.

Para este estudio se tomaron en cuenta diversos parámetros que considera la técnica ERFCA, como son: Volumen de Desecho (VD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos (SS), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Cromo (Cr) y Fenoles (F).

Se estimaron las emisiones contaminantes para efluentes industriales a la región del Valle de Tulancingo (**Tabla XXXV**). Los resultados incluyen el sector 11 (contaminación agropecuaria). El municipio con mayor aporte de emisiones contaminantes por efluentes industriales es Cuauhtepic de Hinojosa con un total de 26,905.37 ton/año, le sigue Tulancingo de Bravo con 22,786.19 ton/año, Acatlán con 22,396.18 ton/año y Santiago Tulantepec con 13,529.44 ton/año (**Fig. 50**). Se obtuvieron los porcentajes de las emisiones contaminantes por municipio (**Fig. 51**), a Cuauhtepic le corresponde el 31%, Tulancingo 27%, Acatlán el 26% y a Santiago le corresponde el 16%.

Tabla XXXV. Emisiones contaminantes por efluentes industriales por municipio y tipo de parámetro en la región del Valle de Tulancingo.

MUNICIPIO	VOLUMEN DE DESECHO									TOTAL (TON/AÑO)
	103m3/a	DBO (TON/AÑO)	DQO (TON/AÑO)	SS (TON/AÑO)	ACEITES	N (TON/AÑO)	P (TON/AÑO)	Cr (TON/AÑO)	FENOLES (TON/AÑO)	
1	462.38	8,562.18	0	13,243.04	0	590.96	0	0	0	22,396.18
16	11,703.95	12,454.09	273.60	13,669.34	45.84	462.13	0	0.32	0.05	26,905.37
56	563.38	5,734.15	892.88	6,472.81	148.98	279.41	0	1.04	0.17	13,529.44
77	342.52	8,812.64	306.90	13,025.73	53.40	586.73	0.48	0.27	0.04	22,786.19
TOTAL	13,072.23	35,563.06	1,473.38	46,410.92	248.22	1,919.23	0.48	1.63	0.26	85,617.18

En cuanto al volumen de desecho se puede apreciar que el municipio con un mayor aporte es Cuauhtepec de Hinojosa con un total de 11,703.95 10^3m^3 , cabe mencionar que se incluye el sector 11 agropecuario, le sigue Santiago Tulantepec con 563.38 10^3m^3 , Acatlán con 462.38 y Tulancingo de Bravo con 342.52 10^3m^3 .

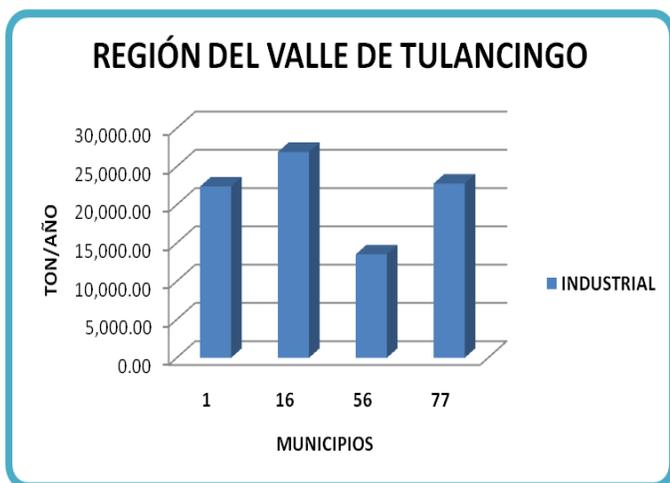


Figura 50. Emisiones contaminantes por efluentes industriales por municipio en la zona de estudio (ton/año).

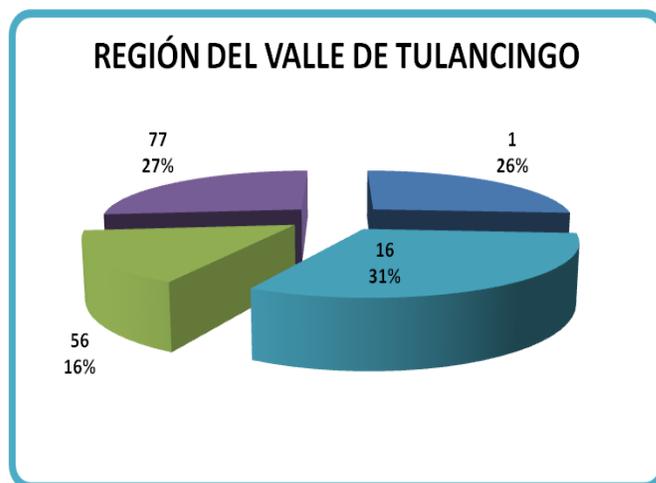


Figura 51. Emisiones contaminantes por efluentes industriales por municipio en la zona de estudio (ton/año).

Se obtuvieron además los totales de emisiones contaminantes al agua por indicador (**Fig. 52**), siendo los SS el mayor contaminante con un total de 46,410.92 ton/año y un porcentaje del 54%, le sigue DBO con 35,563.06 ton/año representando el 42%, N con 1,919.23 ton/año que equivale al 2%, DQO con 1,473.38 ton/año y representa el 2%, Aceites con 248.22 ton/año, Cromo con 1.63, P con 0.48 y en último lugar Fenoles con 0.26 ton/año. Dichos porcentajes se muestran para cada indicador analizado en la zona de estudio (**Fig. 53**). Se observa además la forma en que es contaminada el agua por diversos contaminantes en la zona de estudio (**Fig. 54 y 55**).

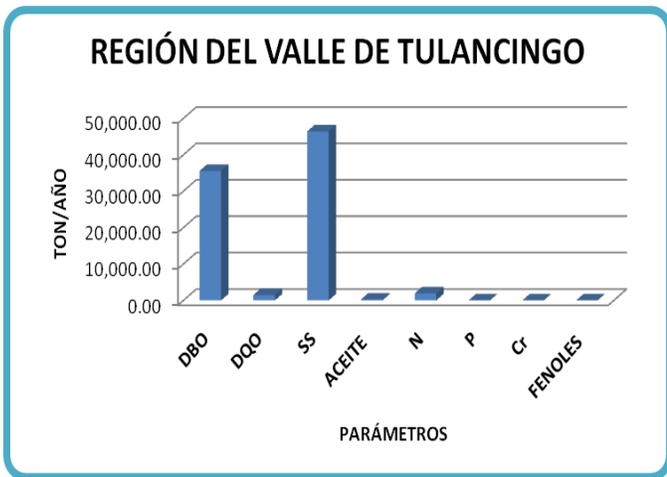


Figura 52. Emisiones contaminantes provenientes de efluentes industriales, por tipo de parámetro en la zona de estudio.

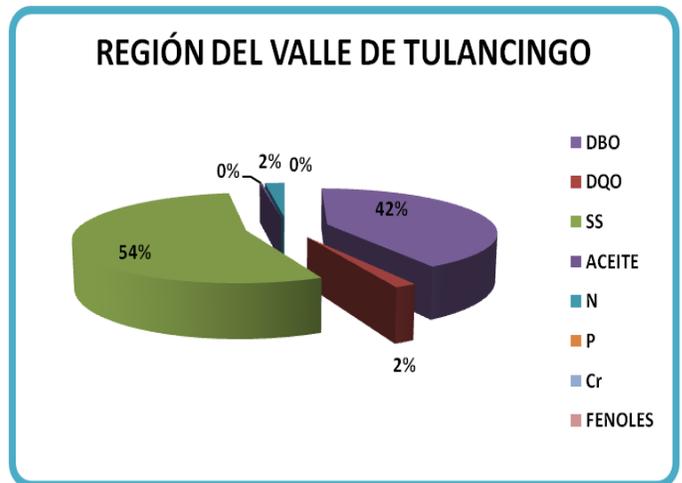


Figura 53. Porcentaje de emisiones contaminantes por tipo de contaminante.



Fig. 54. Contaminación por desechos agropecuarios en Tulancingo de Bravo.



Fig. 55. Espuma formada por contaminantes en Santiago Tulantepec.

Se analizaron además las emisiones contaminantes por sector manufacturero para la región del Valle de Tulancingo (**Tabla XXXVI**), se observa que el sector 11 contamina con un total de 68,425.30 ton/año, le sigue el sector 32 (textil) con un aporte de 10,201.58 ton/año, el sector 33 (madera) con 5,426.84 ton/año y el sector 31 (**Fig. 56**) (lácteos) con un aporte de 1,562.91 ton/año (**Fig. 57**). Se obtuvieron los porcentajes para cada sector (**Fig. 58**), el sector 11 representa el 80% de las emisiones contaminantes al agua, le sigue el 32 con el 12%, sector 33 con el 6% y 31 con el 2%.

De acuerdo con los resultados obtenidos se realizó la comparación con un estudio previo del año 2000, donde se observó un aumento de la contaminación para Tulancingo de Bravo con un total de 17,414.925 ton/año, esto se debe a las industrias representativas de esta zona que incluye el sector 11, 31 y 32. Para Santiago también hubo un incremento de contaminación, de acuerdo al giro que es 11 y 32; para Cuautepec no hubo registro, por lo tanto, no se pudo realizar ninguna comparación (Cabrera-Cruz et al).

Tabla XXXVI. Emisiones contaminantes por fuentes fijas industriales por sector manufacturero para cada municipio.

MUNICIPIO	11	31	32	33	34	35	36	TOTAL
1	21,383.31	1,012.87	0	0	0	0	0	22,396.18
16	15,027.25	0	8,233.96	3,644.16	0	0	0	26,905.37
56	10,303.02	0	1,443.19	1,782.68	0	0	0.55	13,529.44
77	21,711.72	550.04	524.43	0.00	0	0	0	22,786.19
TOTAL	68,425.30	1,562.91	10,201.58	5,426.84	0	0	0.55	85,617.18



Fig. 56. Contaminación por lactoser en Tulancingo de Bravo.

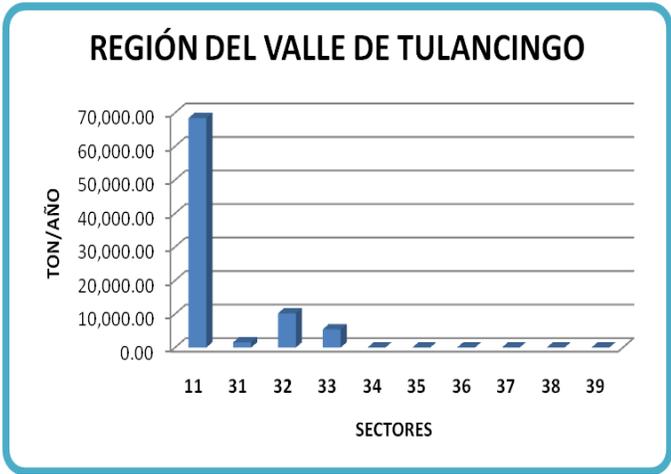


Figura 57. Contaminación proveniente de efluentes industriales por sector industrial en la zona de estudio.

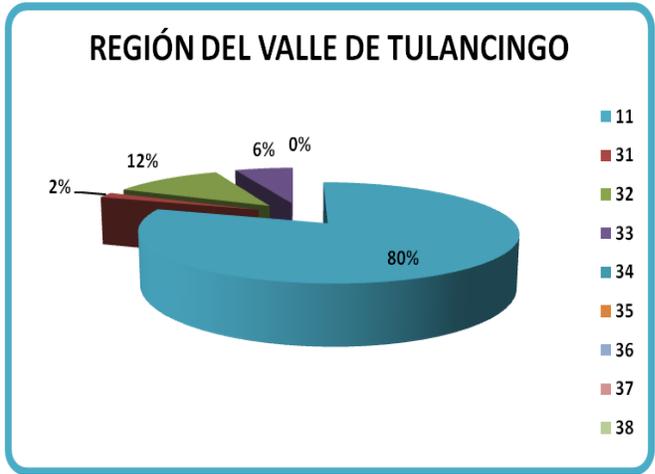


Figura 58. Porcentaje de contaminantes al agua por fuentes fijas industriales por sector manufacturero en la zona de estudio.

El municipio de Cuautepec de Hinojosa emite la mayor contaminación por fuentes industriales a la zona de estudio y se puede observar los diversos desechos que se encuentran en las corrientes de aguas presentes en el municipio (Fig. 59 y 60).



Fig. 59. Río contaminado por llantas y basura en Cuautepec de Hinojosa.



Fig. 60. Río contaminado por residuos domésticos e industriales en Cuautepec de Hinojosa.

6.5.1 EFLUENTES PROVENIENTES DE FUENTES DOMÉSTICAS

Los resultados obtenidos se dividen en dos sectores: industrial y doméstico. Los efluentes domésticos municipales incluyen todos los desechos de una casa habitación descargadas al alcantarillado. Para este estudio se tomaron en cuenta diversos parámetros, considerados mediante la técnica ERFCA, como son: Volumen de Desecho (VD), Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos (SS), Nitrógeno (N) y Fósforo (P).

Se realizaron las estimaciones indirectas para efluentes domésticos por municipio y por tipo de parámetro (**Tabla XXXVII**). Los resultados obtenidos se dividieron en dos fuentes: en la población con servicio y sin servicio de alcantarillado obteniendo así el total de emisiones contaminantes al agua. Se puede apreciar que el municipio que aporta una mayor cantidad de efluentes domésticos en la zona de estudio es, Tulancingo de Bravo con un total de 11,006.98 ton/año, Cuautepec de Hinojosa con 3,447.55 ton/año, Santiago Tulantepec con 2,379.90 ton/año y Acatlán con 1,177.97 ton/año (**Fig. 61**). Se obtuvieron los porcentajes para cada municipio (**Fig. 62**), Tulancingo representa la mayor contaminación con 61%, le sigue Cuautepec con 19%, Santiago con el 13% y Acatlán con el 7%.

Tabla XXXVII. Emisiones contaminantes al agua por fuentes domésticas por municipio y por tipo de parámetro.

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL 10 ³	POBLACIÓN CON SERVICIO	POBLACIÓN SIN SERVICIO	VOLUMEN DE DESECHO 10 ³ m ³ /a	TON/AÑO					TOTAL
					DBO ₅	DQO	SS	N	P	
1	17.914	9.92	7.994	782.52	250.58	564.38	326.30	32.74	3.97	1,177.97
16	45.527	34.57	10.959	2,603.46	756.61	1,696.34	866.70	114.07	13.83	3,447.55
56	29.246	25.61	3.633	1,896.27	529.64	1,185.10	570.39	84.52	10.25	2,379.90
77	129.935	122.73	7.203	9,012.02	2,467.52	5,515.46	2,569.89	405.02	49.09	11,006.98
TOTAL	222.622	192.83	29.789	14,294.27	4,004.35	8,961.28	4,333.28	636.35	77.14	18,012.40

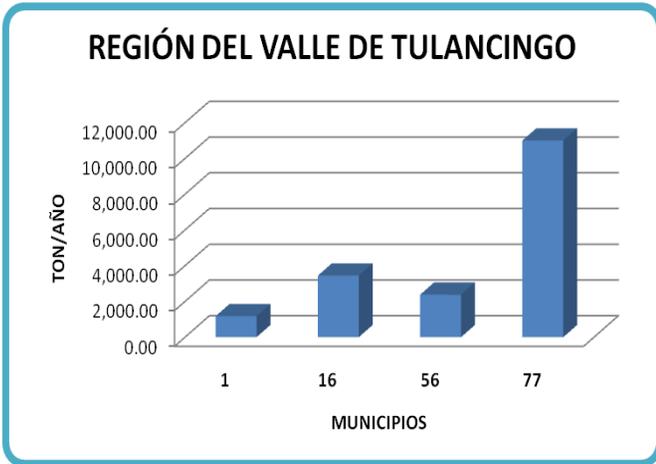


Figura 61. Contaminantes provenientes de efluentes domésticos por municipio en la zona de estudio.

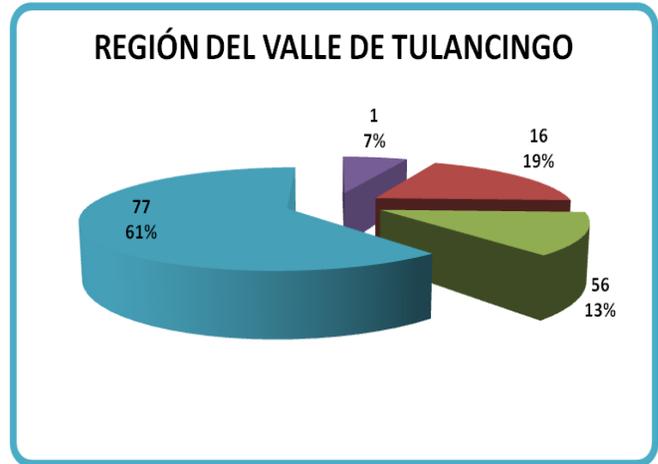


Figura 62. Porcentaje de emisiones contaminantes al agua provenientes de efluentes domésticos en la zona de estudio.

Por otro lado, el parámetro que emite la mayor cantidad de contaminación es DQO (**Fig. 63**) con un total de 8,961.28 ton/año, el cual representa el 50%, le siguen los SS con 4,333.28 ton/año, representando el 23%, DBO5 con 4,004.35 ton/año, que equivale al 23%, N con 636.35 ton/año, representando el 4% y por último el P con un total de 77.13 ton/año, que representa el 0%. Los porcentajes obtenidos se muestran para cada indicador analizado en la zona de estudio (**Fig. 64**).

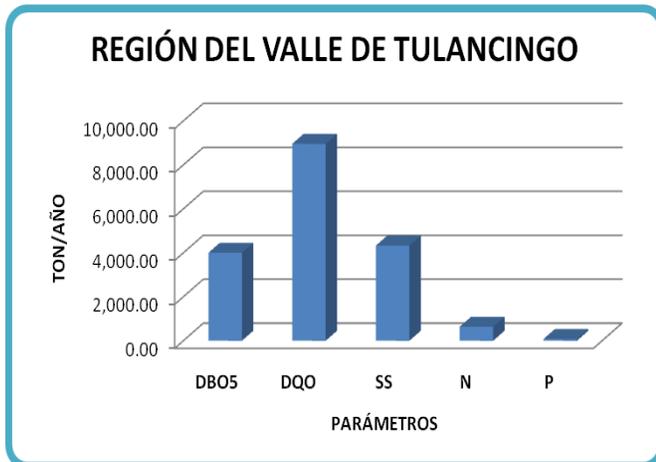


Figura 63. Emisiones contaminantes provenientes de efluentes domésticos por tipo de parámetro en la zona de estudio.

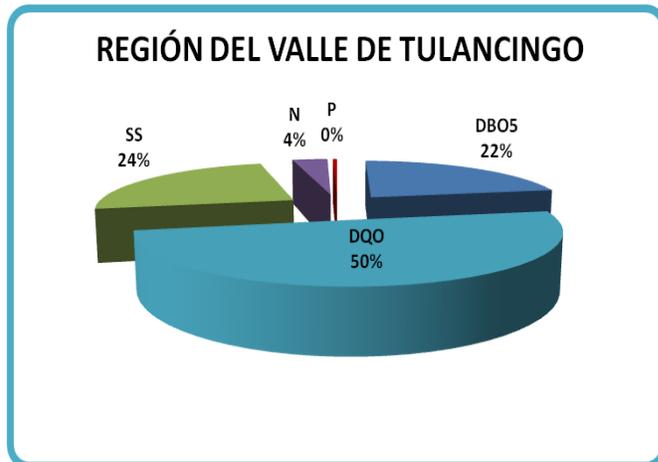


Figura 64. Porcentaje de contaminación al agua por tipo de contaminante.

6.5.2 CONTAMINACIÓN TOTAL AL AGUA

Se obtuvo el total de la contaminación por efluentes domésticos e industriales (Tabla XXXVIII); para el municipio de Tulancingo de Bravo se observa un aporte de 33,793.16 ton/año, le sigue Cuauhtepac de Hinojosa con 30,352.93 ton/año, Acatlán con 23,574.15 ton/año y Santiago Tulantepec con 15,909.34 ton/año (Fig. 65). Se obtuvo además el porcentaje de contaminación por municipio (Fig. 66), Tulancingo representa el 33% de la contaminación, le sigue Cuauhtepac con 29%, Acatlán con el 23% y Santiago con el 15%.

Tabla XXXVIII. Contaminación total por efluentes domésticos e industriales por municipio y por parámetro de contaminación en la zona de estudio.

MUNICIPIO	VOLUMEN DE DESECHO 10 ³ m ³ /a	DBO (TON/AÑO)	DQO (TON/AÑO)	SS (TON/AÑO)	ACEITES	N (TON/AÑO)	P (TON/AÑO)	Cr (TON/AÑO)	FENOLES (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
1	1,244.90	8,812.76	564.38	13,569.34	0	623.70	3.97	0	0	23,574.15
16	14,307.41	13,210.69	1,969.94	14,536.05	45.84	576.21	13.83	0.32	0.05	30,352.93
56	2,459.65	6,263.80	2,077.98	7,043.19	148.98	363.93	10.25	1.04	0.17	15,909.34
77	9,354.54	11,280.16	5,822.36	15,595.61	53.40	991.74	49.58	0.27	0.04	33,793.16
TOTAL	27,366.50	39,567.41	10,434.66	50,744.19	248.22	2,555.58	77.63	1.63	0.26	103,629.58

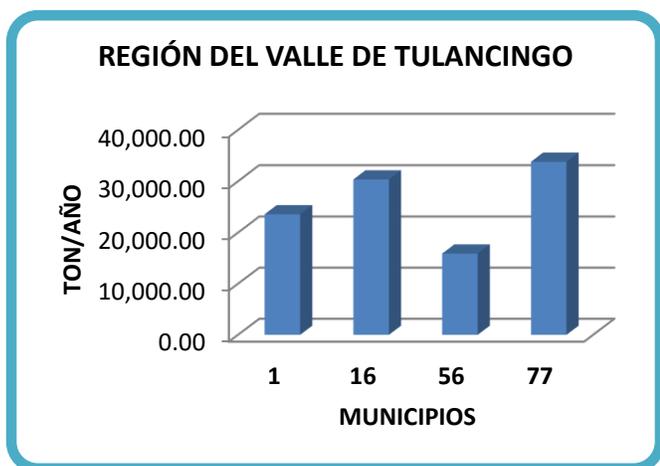


Figura 65. Total de la contaminación emitida al agua por fuentes industriales y domésticas en la zona de estudio.

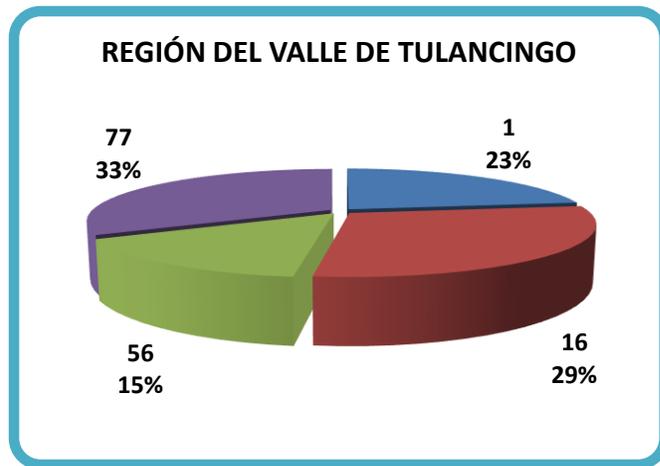


Figura 66. Porcentaje total de la contaminación emitida al agua por fuentes industriales y domésticas.

Se muestra además el total de emisiones contaminantes al agua por efluentes domésticos, industriales y el sector 11 (**Tabla XXXIX**). Los efluentes domésticos aportan 18,012.40 ton/año (**Fig. 67**), el sector 11 que ha sido separado de los efluentes industriales 68,425.29 ton/año y el sector industrial (**Fig. 68**) con 17,191.88 ton/año. Se observa que la mayor contaminación la produce el sector 11.

Tabla XXXIX. Contaminación total al agua por efluentes domésticos, industriales y sector agropecuario por municipio en la zona de estudio.

MUNICIPIO	DOMESTICO (TON/AÑO)	SECTOR 11 (TON/AÑO)	INDUSTRIAL (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
1	1,177.97	21,383.31	1,012.87	23,574.15
16	3,447.55	15,027.25	11,878.13	30,352.93
56	2,379.90	10,303.02	3,226.42	15,909.34
77	11,006.98	21,711.72	1,074.46	33,793.16
TOTAL	18,012.40	68,425.30	17,191.88	103,629.58



Figura 67. Drenaje vertido directamente a la corriente de agua en el municipio de Cuauhtepec.



Figura 68. Agua contaminada por residuos de textiles en el municipio de Santiago Tulantepec.

6.5.3 RECOMENDACIONES PARA AGUA

En base a los resultados obtenidos, la problemática ambiental para el medio agua se centra en fuentes industriales, en particular en el sector 11. Para dicha problemática se recomienda lo siguiente:

- El reúso del agua, es recomendable emplearla en el riego de cultivos, de áreas verdes o parques. Se puede realizar mediante pipas diseñadas para este fin.
- En las industrias, principalmente textileras es recomendable una planta de tratamiento o en su defecto la recirculación del agua mediante un circuito cerrado.
- Para el sector agropecuario es recomendable una planta de tratamiento por medio de métodos biológicos, ya que depuran el agua hasta en un 95% .



CONTAMINACIÓN AL SUELO

6.6 CONTAMINACIÓN AL SUELO

Los residuos sólidos municipales incluyen los provenientes de casa habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios; los residuos sólidos industriales que no se deriven de su proceso y los residuos peligrosos. Para este estudio se consideran 2 tipos de residuos sólidos: Industrial y Urbano.

Para analizar la cantidad de generación de residuos sólidos que contaminan al suelo de tipo industrial (**Fig. 69**), se realizó una encuesta a las diversas empresas de la zona de estudio (ver anexo III) y se calcularon las emisiones contaminantes para suelo. De los resultados obtenidos (**Tabla XL**) se puede observar que el municipio con mayor emisión al suelo es Cuauhtepic de Hinojosa (**Fig. 70**) con un total de 1,782.00 ton/año representado el 84% (**Fig. 71**) por el sector 32, le sigue Tulancingo de Bravo con 222.78 ton/año que equivale al 10% por el sector 31 y 32 y Santiago Tulantepec con 123.24 ton/año con el 6% y pertenece al sector 32; para el municipio de Acatlán no se encontraron industrias que emitieran contaminación al suelo.

Tabla XL. Contaminación emitida al suelo por municipio y sector en la región del Valle de Tulancingo

MUNICIPIO	DESECHO SÓLIDO (TON/AÑO)		
	31	32	
16	0	1,782.00	1,782.00
56	0	123.24	123.24
77	203.68	19.10	222.78
TOTAL	203.68	1,924.34	2,128.02



Figura 69. Desechos producidos por fábricas textileras.

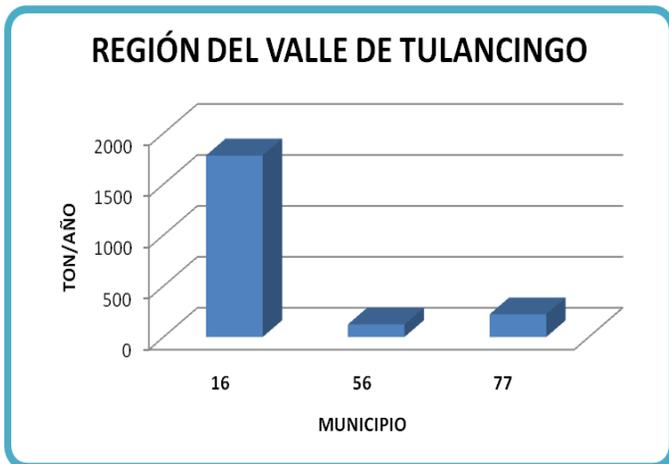


Figura 70. Contaminación emitida al suelo por fuentes industriales en la región del Valle de Tulancingo.

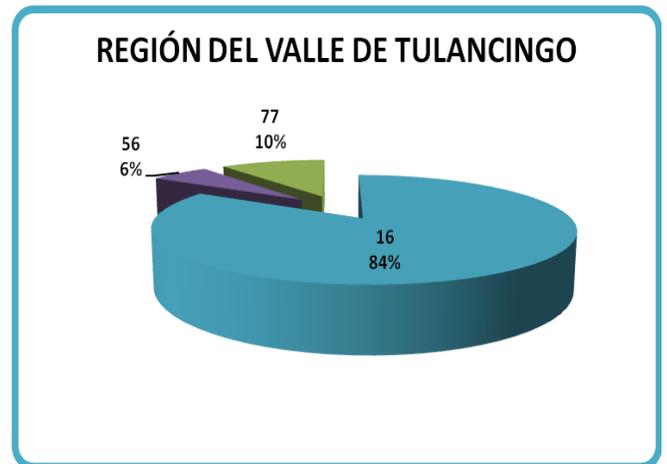


Figura 71. Porcentaje de emisiones al suelo por fuentes industriales por municipio en la región del Valle de Tulancingo.

De acuerdo a la clasificación de la técnica ERFCA los desechos producidos de acuerdo al tipo de sector 31 fueron (Tabla XLI), sangre, pezuñas, animales, órganos infectados y para el sector 32 mugre, pelo, borra, contenedores de tintes, fibra, tela y borra (Fig. 72).

Tabla XLI. Contaminación por residuos industriales por municipio y composición del desecho.

MUNICIPIO	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL (TON/AÑO)
16	0	0	22.80	0	27.70	1,108.16	380.93	242.41	1,782.00
56	0	0	74.10	29.64	19.50	0	0	0	123.24
77	187.6	16.08	19.10	0	0	0	0	0	222.78
TOTAL	187.6	16.08	116.00	29.64	47.20	1,108.16	380.93	242.41	2,128.02

Tipo de residuos:

1 Sangre, vísceras, pezuñas, etc, 2 Animales y órganos infectados, 3 Mugre, pelo y barreduras, 4 Borra, contenedores de tintes y compuestos químicos, etc, 5 Pretratamiento de fibras cribadas, 6 Fibra e hilo, 7 Fibra, hilo y tela, 8 Tela y borra.

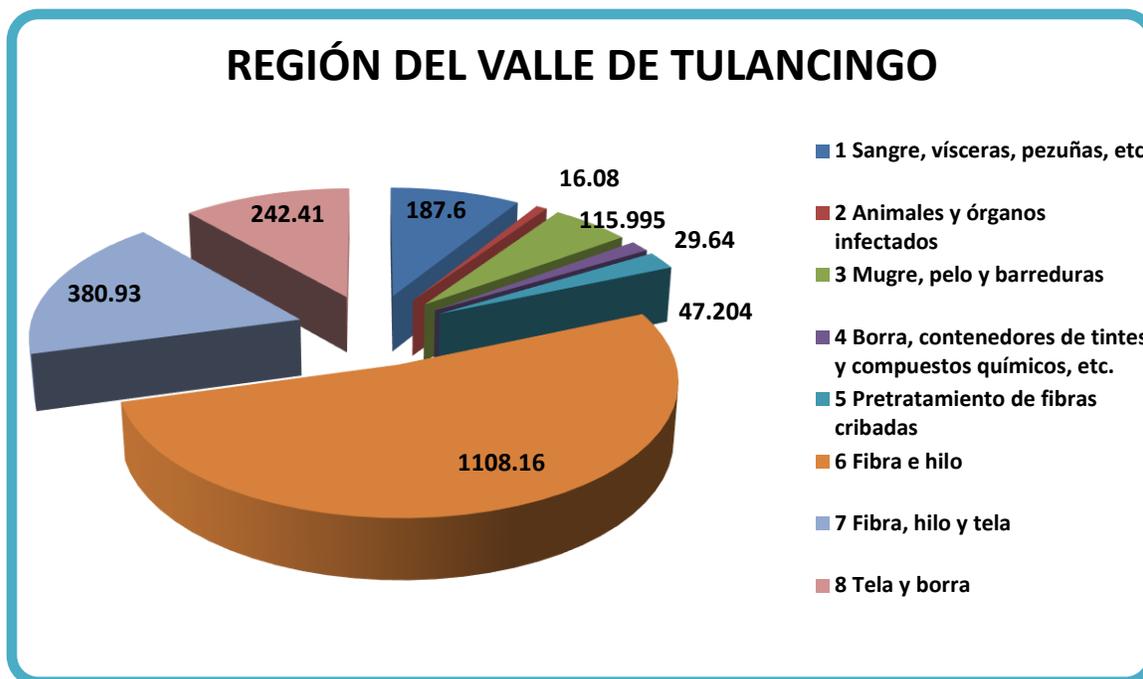


Figura 72. Porcentaje de desecho.

6.6.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los residuos sólidos urbanos son aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas, de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques.

Para calcular las emisiones contaminantes para suelo se tomó en cuenta la generación de RSU generados en cada municipio; ésta información se obtuvo mediante un formato de encuesta aplicado al área encargada de la recolección de basura (ver anexo III); así mismo se tomó en cuenta la población que cuenta con el servicio de recolección y la que no. Para realizar el cálculo se tomó en cuenta la generación per cápita para zona urbana que es de 0.800kg/ha/día y zona rural que es de 0.400kg/ha/día. La cantidad y composición de los RSU es variable, ya que depende de las condiciones socioeconómicas de cada municipio y fuente generadora.

Los resultados (Tabla XLII), muestran el municipio con mayor emisión al suelo, siendo Tulancingo de Bravo con 36,005.79 ton/año, sigue Cuauhtepac de Hinojosa con 12,296.85 ton/año, Santiago Tulantepec con 7,322.63 ton/año y Acatlán con 3,975.43 ton/año (Fig. 73) Los porcentajes obtenidos para cada

municipio son los siguientes (**Fig. 74**); Tulancingo contribuye con el 60%, Cuauhtepac con el 21%, Santiago con el 12% y Acatlán con el 7%.

De acuerdo al estudio previo realizado se observó un aumento de residuos sólidos urbanos para Tulancingo, Cuauhtepac y Santiago, esto como resultado del incremento poblacional.

Tabla XLII. Generación de residuos sólidos municipales de acuerdo al coeficiente de generación (kg/hab/día).

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN URBANA	RSU		RSU RURAL (TON/AÑO)	TOTAL TON/AÑO
			URBANA (TON/AÑO)	POBLACIÓN RURAL		
1	17,914	9,315	2,719.98	8,599	1,255.45	3,975.43
16	45,527	38,698	11,299.82	6,829	997.03	12,296.85
56	29,246	20,909	6,105.43	8,337	1,217.20	7,322.63
77	129,935	116,680	34,070.56	13,255	1,935.23	36,005.79
TOTAL	222,622	185,602	54,195.79	37,020	5,404.91	59,600.70

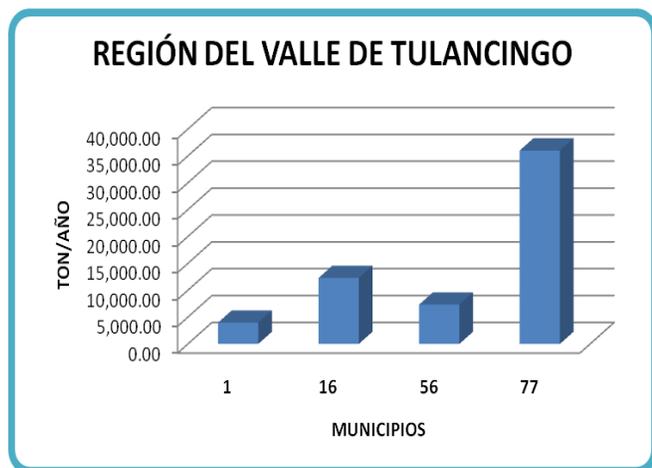


Figura 73. Contaminación emitida al suelo por fuentes urbanas en la región del Valle de Tulancingo.

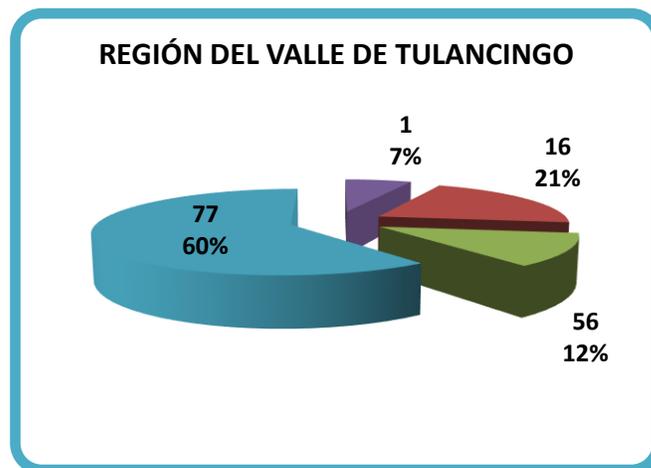


Figura 74. Porcentaje de emisiones al suelo por fuentes urbanas por municipio en la región del Valle de Tulancingo.

6.6.2 CONTAMINACIÓN TOTAL AL SUELO

Se analizó el total de la contaminación de acuerdo a su naturaleza (**Tabla XLII**); doméstica con un aporte total de 59,600.70 ton/año e industrial con 2,128.02 ton/año. Se puede observar, que el sector domestico presenta una mayor contaminación, debido a que toma en cuenta todos los RSU generados por la población y los cuales son depositados en basureros municipales a cielo abierto no controlados (**Fig. 75 y 76**).

Tabla XLIII. Total de la contaminación al suelo por fuentes domésticas e industriales.

MUNICIPIO	DOMESTICAS (TON/AÑO)	INDUSTRIALES (TON/AÑO)	TOTAL (TON/AÑO)
1	3,975.43	0	3,975.43
16	12,296.85	1,782.00	14,078.85
56	7,322.63	123.24	7,445.87
77	36,005.79	222.78	36,228.57
TOTAL	59,600.70	2,128.02	61,728.72



Figura 75. Basurero municipal no controlado en Tulancingo de Bravo.



Figura 76. Basurero municipal no controlado en Acatlán.

6.6.3 RECOMENDACIONES PARA SUELO

La problemática para suelo se basa en contaminación por fuentes domésticas por lo que se propone lo siguiente:

- Separación de los residuos sólidos urbanos: orgánico e inorgánico. Esta separación se debe realizar desde el sitio donde se genera el desecho.
- El servicio de recolección, se deberá efectuar de manera coordinada con el servicio de transporte, ya que, se deberá recolectar solo los desechos según la ruta (ya sea para RSU orgánicos e inorgánicos).
- Para el transporte y transferencia de los RSU, se deberá contar con unidades automotores equipadas para cada tipo de residuo, es decir, el camión solo transportará desechos orgánicos o inorgánicos.
- Se deberá llevar a cabo un registro de las rutas de recolección con base a la clasificación de los RSU y se dará a conocer a la población.
- Los RSU serán transportados al sitio de disposición final y serán reutilizados todos los desechos posibles.
- Se recomienda además el reúso, reciclado y recuperación de materiales con valor económico, por ejemplo el vidrio, papel, cartón, plásticos, aluminio, fierro, entre otros. Para llevar a cabo este proceso es necesario orientar a la población mediante campañas de difusión que deberá llevar a cabo el área de limpieas de cada municipio.
- La elaboración de composta es una alternativa para desechos de tipo orgánico, es necesario llevar a cabo campañas de difusión para orientar y enseñar a la población como realizar este tipo de proceso.



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL

6.7 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL

Para la determinación de la calidad ambiental se tomaron en cuenta diversos criterios contenidos en la legislación ambiental mexicana y se hizo una comparación con los resultados obtenidos mediante la técnica ERFCA para los municipios que integran la zona de estudio.

6.7.1. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

Para la determinación de la calidad del aire se tomaron en cuenta las emisiones contaminantes a la atmósfera en ton/año; se realizó la comparación correspondiente con las normas oficiales mexicanas y se observó que existe una diferencia de unidades utilizadas, la NOM utiliza mg/m^3 y la técnica ERFCA ton/año, por lo que se realizó una revisión bibliográfica, pero fue imposible aplicar la NOM. Debido a esto, se realizó una comparación de resultados obtenidos por la técnica con trabajos anteriores que presentan características similares y así determinar la calidad del aire para la región del Valle de Tulancingo.

Para la zona de estudio, se analizó la contaminación que se emite por habitante en cada municipio (**Tabla XLIV**), mostrando que en Tulancingo de Bravo cada habitante contamina con 0.46 ton/año, le sigue Santiago con 0.13 ton/año y Cuauhtepac con 0.12 ton/año. Se realizó además una comparación de las emisiones contaminantes por superficie cuadrada; donde el municipio con mayor extensión territorial es Cuauhtepac con 372.6 km^2 , pero con una menor emisión contaminante de 14.38, le sigue Tulancingo con 290 km^2 y una contaminación de 93.86; lo cual se debe a que es una ciudad con importancia textil.

Se puede observar (**Tabla XLV**) que Tulancingo de Bravo se encuentra en el quinto lugar de acuerdo a la contaminación que presenta 27,218.88 ton/año; en comparación con los municipios de Tlaxcoapan, Tula de Allende, Pachuca de Soto y Tepeji del Río que ocupan los primeros lugares de contaminación. De acuerdo a la densidad poblacional Tulancingo ocupa el segundo lugar después de Pachuca; sin embargo no presenta una alta contaminación, debido a la poca presencia de industrias, mientras que el resto de los municipios tienen menos densidad poblacional, pero con industrias representativas. Para Cuauhtepac de

Hinojosa, Santiago Tulantepec y Acatlán la contaminación es menor comparada con los municipios de Tepeapulco y Mineral de la Reforma.

Tabla XLIV. Emisiones contaminantes por habitante y superficie cuadrada en los municipios que integran la zona de estudio.

MUNICIPIO	POBLACIÓN	SUPERFICIE KM ²	CONTAMINACIÓN TON/AÑO	POR HABITANTE	POR SUPERFICIE KM ²
1	17,914	174.7	2,848.90	0.16	16.31
16	45,527	372.6	5,356.03	0.12	14.37
56	29,246	90	4,699.41	0.16	52.22
77	129,935	290	27,218.88	0.21	93.86
TOTAL	222,622	927.3	40,123.22	0.65	176.76

Tabla XLV. Comparación de emisiones contaminantes al aire de la zona de estudio, con municipios del estado de Hidalgo.

MUNICIPIO	TOTAL TON/AÑO
TLAXCOAPAN	1,839,885.20
TULA DE ALLENDE	117,783.63
PACHUCA DE SOTO	43,348.92
TEPEJI DEL RIO	42,861.42
TULANCINGO DE BRAVO	27,218.88
TEPEAPULCO	10,507.46
MINERAL DE LA REFORMA	6,178.11
CUAUTEPEC DE HINOJOSA	5,356.04
ATITALAQUIA	4,979.62
SANTIAGO TULANTEPEC	4,699.42
ACATLAN	2,848.89
REGIÓN DEL VALLE DE TULANCINGO	40,123.23

6.7.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para la determinación de la calidad se tomó en cuenta los resultados obtenidos por la técnica ERFCA para fuentes domésticas e industriales en ton/año y para aguas residuales se manejaron m³/año (volumen); se realizó la comparación con la NOM y se observó que la normatividad mexicana maneja las unidades (mg/l), por lo que, se tuvo que realizar una conversión de unidades para poder aplicar la NOM -001-SEMARNAT-1996, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales.

También se determinó el grado de contaminación que presenta el agua mediante una escala de gravedad, en base a los criterios de Hernández-Muñoz (2001).

Se puede observar la escala que se estableció como referencia para evaluar el grado de degradación que presenta el medio en base a los criterios de magnitud e importancia (**Tabla XLVI**). En la cual el 0% representa una buena calidad, si se tiene el 25% de degradación es ligera con una calidad regular, si presenta un 50% de degradación tiene una calidad media y si existe un 100% de degradación es fuerte con una calidad mala.

A partir de estos resultados se construyó un indicador con los datos obtenidos por la técnica ERFCA y se utilizó como referencia la NOM-001-SEMARNAT-1996 para determinar si los parámetros utilizados eran admisibles o no admisibles; de esta manera se obtuvo la calidad del agua en la zona de estudio.

Tabla XLVI. Escala de referencia para determinar la calidad ambiental en la región del Valle de Tulancingo.

ESCALA DE REFERENCIA		
ESCALA %	DEGRADACIÓN	CALIDAD
0%		BUENA
33%	LIGERA	REGULAR
66%	MEDIA	MEDIA
100%	ALTA	MALA

Los valores obtenidos por la técnica ERFCA para la calidad ambiental del agua (**Tabla XLVII**), muestran que para DBO el límite máximo permisible por la NOM-001-SEMARNAT-1996 es de 150 mg/l y ningún municipio de la zona de estudio cumple con la norma. Tulancingo tiene 312.21 mg/l presentando contaminación fuerte, Cuauhtepc de Hinojosa presenta 655.86 mg/l por lo que sobrepasa el límite de la escala de importancia al igual que Acatlán con un valor de 869.54 mg/l y Santiago Tulantepec con un valor de 1,038.37 mg/l.

Para DQO la NOM-001-SEMARNAT-1996 no lo toma en cuenta, por lo que, no se pudo realizar la comparación. Pero cabe mencionar que existe una gran problemática ya que existe una concentración muy alta de este parámetro en el medio. Para la escala de importancia si se realizó la comparación obteniendo el municipio de Tulancingo de Bravo 654.2 mg/l, le sigue Cuauhtepc con un valor de 729.41 mg/l obteniendo respectivamente una contaminación media, Acatlán con 1,099.52 mg/l sobrepasa el límite máximo de la escala de importancia al igual que Santiago con un valor de 1,593.28 mg/l.

Para sólidos suspendidos todos los municipios de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 sobrepasan el límite máximo permisible que es de 150 mg/l y de acuerdo a la escala de importancia todos se encuentran con una degradación media, Cuauhtepc de Hinojosa con 259.13 mg/l, Tulancingo de Bravo con 287.38 mg/l, Santiago Tulantepec con 311.1 mg/l y Acatlán con 472.63 mg/l

Para aceites, los municipios de Cuauhtepc con 3.24 mg/l y Tulancingo con 5.74 mg/l se encuentran por debajo del límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996 que es de 15 mg/l, por lo que, la calidad es admisible y de acuerdo a la escala de importancia se encuentran con una degradación ligera y de calidad regular; mientras que el municipio de Santiago presenta 62.82 mg/l y se considera no admisible y en la escala de importancia sobrepasa el límite máximo obteniendo así una degradación alta con calidad mala. Para Acatlán no existe contaminación de aceites.

En el caso del nitrógeno el límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996 es de 40 mg/l; comparando los resultados obtenidos por la técnica, se tiene que el municipio de Cuauhtepc presenta 8.98 mg/l por lo que es admisible por la norma, para Acatlán es admisible por la norma con un valor de 31.23 mg/l pero en la escala de importancia presenta una degradación ligera, Santiago tiene 35.64 mg/l, es admisible por la norma, pero en la escala de importancia se encuentra como contaminación ligera; lo mismo sucede para

Tulancingo que presenta una degradación ligera pero sobrepasa el límite de la NOM y, por lo tanto, es no admisible.

Para fósforo el panorama es diferente, ya que, la calidad para todos los municipios es de admisible porque están por debajo de la NOM que es de 20 mg/l, mientras que para la escala de importancia se encuentran en degradación ligera y calidad regular; Cuauhtepac presenta 1.03 mg/l, Acatlán 3.79 mg/l, Santiago con 4.32 mg/l y Tulancingo con 5.33 mg/l.

En el caso de cromo la NOM-001-SEMARNAT-1996, considera como límite máximo permisible 1 mg/l, y solo los municipios de Cuauhtepac con 0.02 mg/l y Santiago con 0.44 mg/l cumplen con la NOM. Tulancingo no cumple ya que su valor es de 59.16 mg/l por lo tanto, es no admisible; Acatlán no presenta contaminación con cromo. Para la escala de importancia no existen datos disponibles y no se pudo realizar ninguna comparación.

Para fenoles la NOM no lo considera y para la escala de importancia no existe información disponible, por lo que, no se realizó ninguna comparación.

Tabla XLVII. Contaminación por efluentes doméstica e industrial.

TOTAL DE CONTAMINACIÓN POR EFLUENTES DE TIPO INDUSTRIAL Y DOMÉSTICO									
PARÁMETRO	ESCALA DE IMPORTANCIA (Criterios Hernández-Muñoz)			ESCALA DE ADMISIBILIDAD OFICIAL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NOM.001-SEMARNAT-1996)	VALORES OBTENIDOS ERFC (mg/l)				
	Contaminación				1	16	56	77	
	FUERTE	MEDIA	LIGERA						
DBO ₅	300	200	100	150	869.54	655.86	1,038.37	312.21	
DQO	800	450	160	NC	1,099.52	729.41	1,593.28	654.20	
SS	500	300	100	150	472.63	259.13	311.10	287.38	
ACEITES	40	20	0	15	0	3.24	62.82	5.74	
NITROGENO	86	50	25	40	31.23	8.98	35.64	44.45	
FOSFORO	17	7	2	20	3.79	1.03	4.32	5.33	
CROMO	ND	ND	ND	1	0	0.02	0.44	59.16	
FENOLES	ND	ND	ND	NC	0	0.004	0.07	0.004	

Se pueden observar los resultados obtenidos para el indicador DBO (Fig. 77). El límite máximo permisible establecido por la NOM-001-SEMARNAT-1996 es de 150 mg/l; todos los municipios sobrepasan el límite y por lo tanto, la calidad ambiental para este parámetro se considera como **no admisible**.

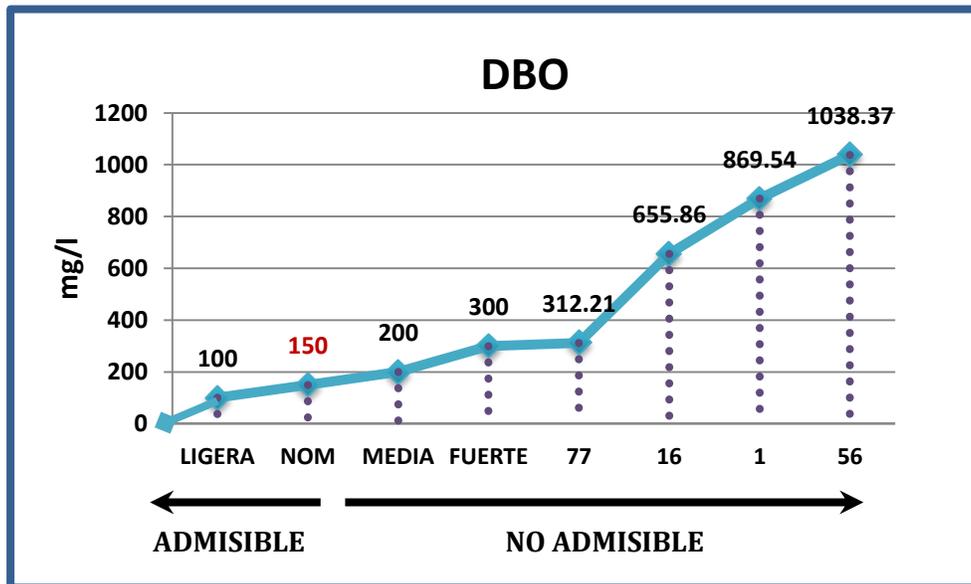


Figura 77. Evaluación de la calidad ambiental para DBO en los municipios que integran la zona de estudio.

Los resultados obtenidos para DQO (Fig. 78) mediante la técnica ERFCA fueron comparados con la escala de importancia, obteniendo así, para Tulancingo y Cuautepec una contaminación media, Acatlán y Santiago están por arriba del límite establecido; por lo que, se considera la calidad ambiental para DQO como **no admisible**.

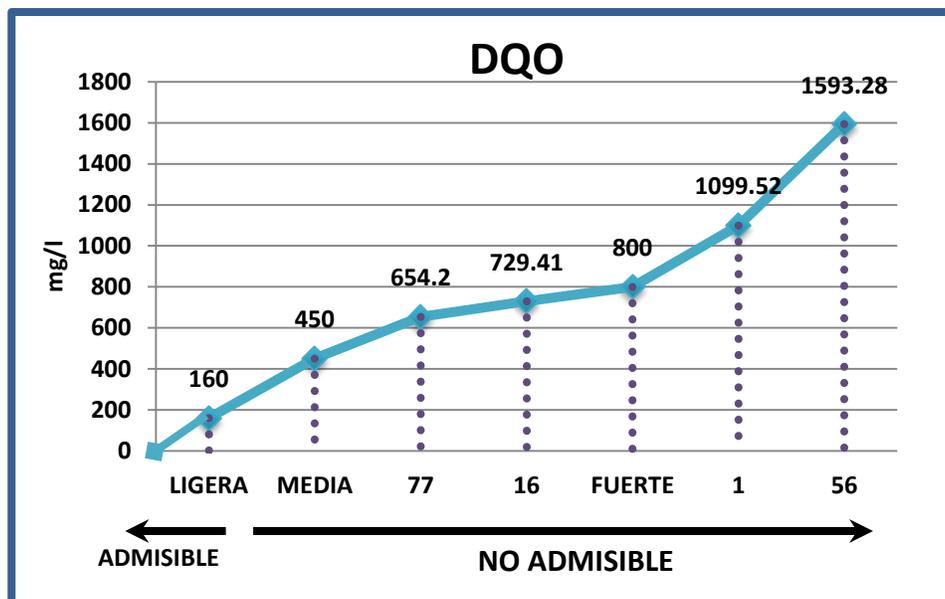


Figura 78. Evaluación de la calidad ambiental para DQO en los municipios que integran la zona de estudio.

Los resultados para SS (Fig. 79) fueron comparados con la NOM-001-SEMARNAT-1996 la cual establece como límite máximo permisible 150 mg/l. Los municipios que integran la zona de estudio están por arriba de la NOM, mostrando así, la calidad ambiental para sólidos suspendidos como **no admisible**.

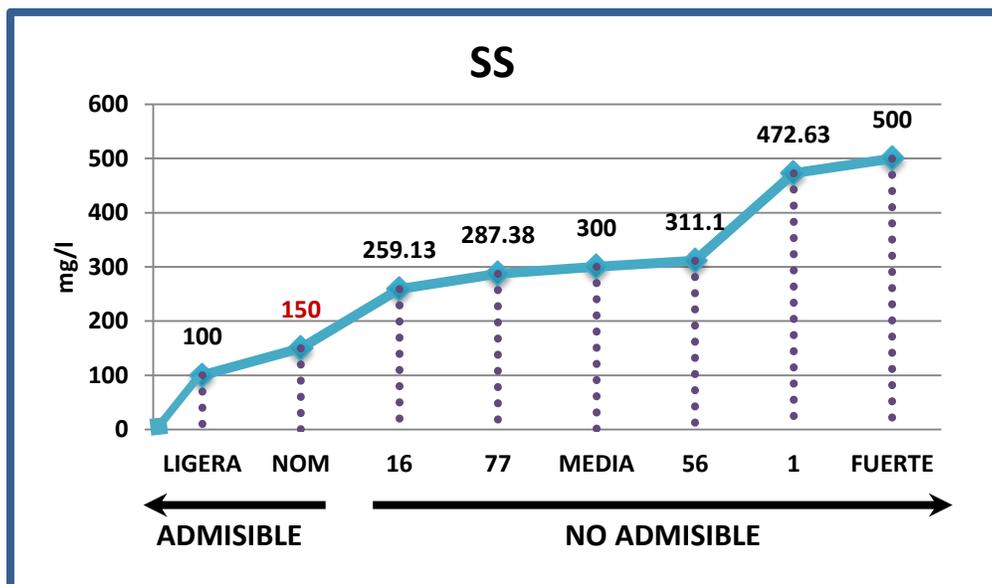


Figura 79. Evaluación de la calidad ambiental para SS en los municipios que integran la zona de estudio.

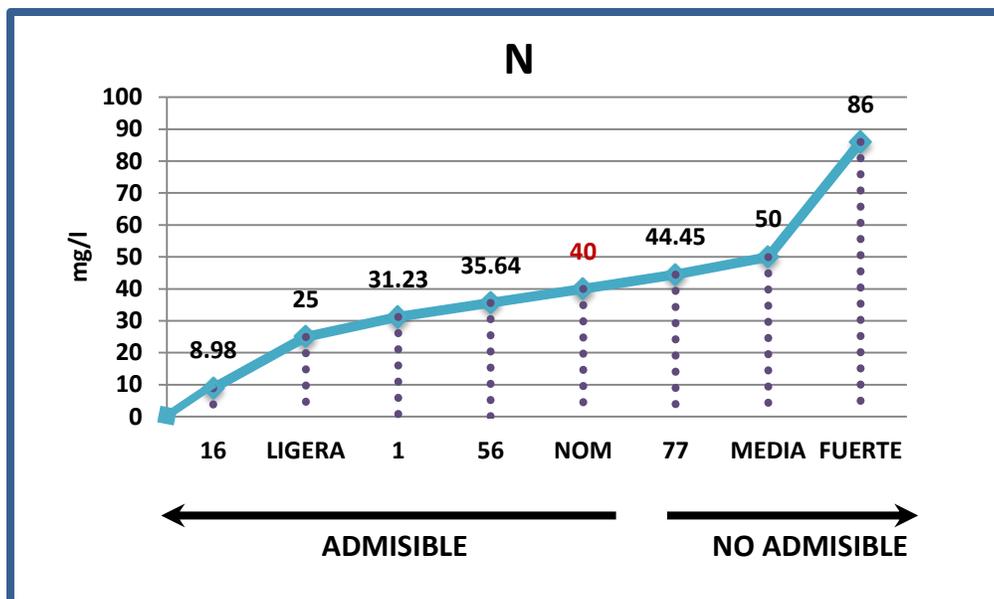


Figura 81. Evaluación de la calidad ambiental para nitrógeno en los municipios que integran la zona de estudio.

Los resultados obtenidos para fósforo (Fig. 82) muestran para todos los municipios niveles por debajo del límite máximo permisible establecido por la NOM-001-SEMARNAT-1996 que es de 20 mg/l, considerando la calidad ambiental como **admisible** para la zona de estudio.

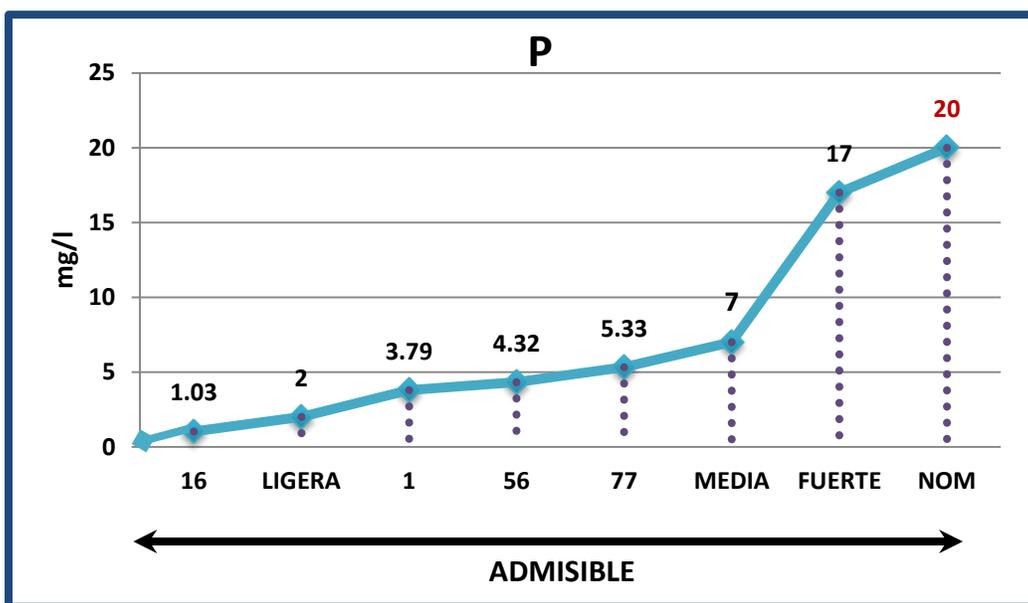


Figura 82. Evaluación de la calidad ambiental para fósforo en los municipios que integran la zona de estudio.

6.7.3 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO

Los residuos sólidos urbanos son recolectados de manera semimecanizada, transportados y depositados en tiraderos a cielo abierto, muchos de los residuos reciben un tratamiento, esto depende de cada municipio, en la mayoría se da la pepena y el reciclamiento de cartón, plástico, vidrio, entre otros.

Para determinar la calidad del suelo se consideraron los residuos sólidos provenientes de fuentes domésticas e industriales, ya que no existe ningún tipo de control para la separación de los desechos. Los desechos industriales que se emiten a la zona de estudio son de tipo biológico infecciosos con un total de 2,128.02 ton/año y están constituidos por sangre, vísceras, animales, pezuñas y órganos infectados.

Tabla XLVIII. Características específicas que deben cumplir los sitios de disposición final.

MUNICIPIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
01	✓	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X	✓
16	✓	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X	✓
56	✓	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X	✓
77	✓	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

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, este aprovechamiento como se observa (**Tabla XLVIII**) lo realizan todos los municipios. 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, y debido a las condiciones de los basureros se pudo observar que en ningún municipio se cumple con esta normatividad. 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, como se puede observar todos los municipios cumplen con esta fase. El control es la inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas, el único municipio que cumple parcialmente es Tulancingo. 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, todos los municipios incumplen con este requisito. La interfase es la barrera de suelo natural o intercalada con material sintético o natural, necesario para evitar el paso de lixiviado, el municipio de Tulancingo cumple parcialmente con esta fase. 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. Las tres fases antes mencionadas no son aplicadas en ningún municipio de la zona de estudio. 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, en todos los municipios se cumple parcialmente este proceso. 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 con las especificaciones de la impermeabilización. El sitio no controlado es aquel sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos con la norma.

Con el estudio antes mencionado se puede observar que ningún municipio cumple con la totalidad de las especificaciones aplicadas para un sitio de disposición final, por lo que, son sitios no controlados y hace necesario la aplicación de estos estudios para un buen manejo integral de los RSU.

6.7.4. CALIDAD DE LA RIQUEZA BIOLÓGICA

Se determinaron indicadores bióticos para cada municipio (**Tabla XLIX**); estos indicadores son cuantitativos y nos permiten realizar comparaciones entre municipios y regiones. Se calcularon a partir del total de especies reportadas según los datos obtenidos y se dividió entre el total de superficie de cada municipio. Para el municipio de Tulancingo el indicador obtenido por km² fue de 0.75 especies, le sigue Cuauhtepic con 0.23, Santiago con 0.14 y Acatlán con 0.10 especies. De acuerdo a éstos resultados es preciso realizar más estudios, que permitan conocer la riqueza biológica total presente en la zona de estudio y proponer áreas naturales protegidas federales o en su defecto estatales, que de acuerdo a lo reportado y considerando tipo de vegetación es necesario proteger. Este tipo de estudios da una pauta para estudios posteriores que indiquen con exactitud la riqueza presente en la zona.

$$\text{IRB} = \frac{\text{No. de especies reportadas}}{\text{Extensión territorial}} = \frac{\text{No. especies}}{\text{Km}^2}$$

Tabla XLIX. Indicadores bióticos para la zona de estudio.

MUNICIPIO	TOTAL ESPECIES REPORTADAS	SUPERFICIE Km ²	ESPECIES POR Km ²
1	17	174.7	0.10
16	84	372.6	0.23
56	13	90	0.14
77	218	290	0.75

6.7.5 INDICADOR DE RIQUEZA BIOLÓGICA PROTEGIDA

Se obtuvieron además los indicadores de las especies que se encuentran reportadas en algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2001 (**Tabla L**). Para Tulancingo se reporta 0.05 especies por km², Acatlán, Cuauhtepic y Santiago solo el 0.01 especies. En base a los resultados obtenidos se observa que el municipio de Tulancingo de Bravo es el más estudiado en cuanto a su riqueza biológica en comparación a los otros municipios que conforman la zona de estudio, y debido a esto presenta un mayor número de especies protegidas. Esto, sin considerar que los municipios de Acatlán y Cuauhtepic presentan un

área natural protegida de competencia municipal y en los cuales existe poca información reportada.

IRBP No. de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001
Km²

Tabla L. Indicadores de especies reportadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 para la zona de estudio.

MUNICIPIO	SUPERFICIE		NOM	POR Km ²
	Km ²			
1	174.7		2	0.01
16	372.6		5	0.01
56	90		1	0.01
77	290		14	0.05

6.7.6. RELACIÓN ENTRE ESPECIES PROTEGIDAS Y NO PROTEGIDAS

Se realizó una relación entre las especies protegidas y no protegidas (**Tabla LI**) obteniendo para Acatlán 0.12 especies, Tulancingo 0.06 especies, Santiago 0.08 y Cuautepec 0.06 especies.

Tabla LI. Relación entre especies protegidas y no protegidas.

MUNICIPIO	ESPECIES	ESPECIES NO	RELACIÓN
	PROTEGIDAS	PROTEGIDAS	
1	2	17	0.12
16	5	84	0.06
56	1	13	0.08
77	14	218	0.06



CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó un inventario de contaminación ambiental en aire, agua y suelo; incluyendo la localización de las distintas fuentes con GPS, los niveles de contaminación y su calidad ambiental. Se analizaron un total de 369 fuentes de las cuales solo 189 quedaron dentro de la clasificación y los protocolos de la técnica ERFCA, siendo éstas últimas georeferenciadas.

El medio mas contaminado para la región del Valle de Tulancingo es **agua** con un total de 103,629.57 ton/año, le sigue **suelo** con 61,728.72 ton/año y en último lugar **aire** con 40,123.23 ton/año. Esto nos indica que la problemática ambiental se centra en el agua, por lo que se deben aplicar medidas mitigadoras y preventivas para evitar el deterioro del medio ambiente, en particular del agua.

Para aire las fuentes se clasificaron en móviles que incluyen automotores (a gasolina y diesel) y fijas que son las industriales. Para las fuentes móviles se obtuvo el consumo total a gasolina y diesel; obteniendo así el aporte mayor por municipio para gasolina. Los resultados fueron para Tulancingo de Bravo un total de 25,071.91 ton/año, le sigue Cuauhtepic de Hinojosa con 4,344.63 ton/año, Santiago Tulantepec con 3,332.97 ton/año y Acatlán con 2,678.36 ton/año. En cuanto al parámetro con mayor emisión al aire fue el CO con un total de 33,032.37 ton/año, le sigue HC con 1,270.48 ton/año y NO_x con 902.48 ton/año. El total de emisiones contaminantes para aire en la zona de estudio fue de 35,427.87 ton/año. Para diesel se obtuvo un total de contaminación de 3,870.59 ton/año, quedando de la siguiente manera; Tulancingo de Bravo con 2,133.24 ton/año, le sigue Santiago con 1,365.30 ton/año, Cuauhtepic con 201.51 ton/año y Acatlán con 170.54 ton/año. El parámetro con mayor emisión contaminante a diesel fue, CO con un total de 2,570.39 ton/año, le sigue SO₂ con 705.82 ton/año y NO_x con 408.63 ton/año.

Para el sector industrial el municipio que aporta mayor emisión contaminante fue Cuauhtepic de Hinojosa con 809.90 ton/año, representado por el sector 36 que corresponde a ladrilleras; en menor proporción Tulancingo de Bravo con 13.73 ton/año con el sector 31 molinos de granos y en último lugar Santiago Tulantepec con 1.14 ton/año y corresponde al sector 36 con fibra de vidrio. El total de contaminación para la zona de estudio por emisiones industriales fue de 824.77 ton/año. En cuanto al parámetro con mayor emisión contaminante fue PST con 823.73 ton/año y flúor con 1.04 ton/año.

De acuerdo con los resultados presentados, se puede observar que el problema de contaminación al aire se debe principalmente a fuentes móviles, por lo que, se recomienda, realizar monitoreo de los automóviles a través de centros de verificación vehicular, vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental en estos centros, obligar a los propietarios de los vehículos automotores a dar mantenimiento a sus unidades, evitar en lo posible el uso del automóvil, en su lugar utilizar transporte público o bicicleta, fomentar el uso de combustibles menos contaminantes, informar y orientar a la población sobre la forma de contribuir a la prevención de la contaminación atmosférica. Esto contribuirá en lo posible a la mitigación de la contaminación en este medio.

Para agua los resultados se dividen en dos sectores industrial y doméstico. Estos resultados no incluyen el sector 11 que corresponde a lo agropecuario; estos datos se manejaron de manera independiente. El municipio con mayor aporte de efluentes industriales fue Cuautepec de Hinojosa con un total de 11,878.12 ton/año, le sigue Santiago Tulantepec con 3,226.42 ton/año, Tulancingo de Bravo con 1,074.46 ton/año y Acatlán con 1,012.88 ton/año. El indicador con más emisiones al agua fue DBO con un total de 11,748.09 ton/año, le sigue SS con 3,711.47 ton/año y DQO con 1,473.38 ton/año. El giro que emite mayor contaminación a la zona de estudio fue el 32 que corresponde a la manufactura de textiles con un total de 10,201.58 ton/año, le sigue manufactura de madera con el 33, el cual tiene un valor de 5,426.84 ton/año.

El sector 11 presenta un total de 68,425.29 ton/año para el Valle de Tulancingo. En cuanto al municipio que aporta mayor contaminación es Tulancingo de Bravo con 21,711.72 ton/año, le sigue Acatlán con 21,383.31 ton/año y Cuautepec de Hinojosa con 15,027.25 ton/año.

Para los efluentes domésticos el municipio que emite mayor contaminación es Tulancingo de Bravo con 11,006.97 ton/año, y Cuautepec con 3,447.55 ton/año. El total de contaminación por efluentes doméstico fue de 18,012.40 ton/año. Los parámetros con mayores emisiones contaminantes fue DQO con 8,961.28 ton/año y SS con 4,333.28 ton/año.

Para suelo se consideraron dos tipos de residuos sólidos: industriales y domésticos. Los residuos sólidos industriales están representados por los sectores 31 (matadero) y 32 (textil); el total de emisiones contaminantes fue de 2,128.02ton/año, el municipio que aporta mayor contaminación es Cuautepec con 1,782.00 ton/año y Tulancingo de Bravo con 222.78 ton/año. En cuanto a los

residuos sólidos urbanos el municipio que contamina más es Tulancingo con 36,005.79 ton/año y Cuautepec con 12,296.85.

El problema de los RSU se debe principalmente a fuentes domésticas, para lo cual se recomienda el reúso, reciclado y recuperación de materiales con valor económico, por ejemplo el vidrio, papel, cartón, plásticos, aluminio, fierro, entre otros. Para llevar a cabo este proceso es necesario orientar a la población mediante campañas de difusión que deberá llevar a cabo el área de limpias de cada municipio, la elaboración de composta es una alternativa para desechos de tipo orgánico, es necesario realizar campañas de difusión para orientar y enseñar a la población como realizar este tipo de proceso, es muy recomendable para la zona de estudio ya que, presenta grandes extensiones de cultivos lo cual se puede aprovechar.

Se analizó la calidad ambiental en aire, agua y suelo. Para aire no se pudo hacer la comparación de los resultados obtenidos con la NOM, ya que esta, considera unidades mg/m³ y la técnica ton/año. Por lo que, se tuvo que analizar la calidad mediante una comparación de resultados obtenidos por la técnica con estudios previos en otros municipios del estado de Hidalgo, en el cual la zona de estudio ocupa el quinto lugar de contaminación con respecto a los municipios comparados.

Para la calidad del agua se utilizó la NOM-001-SEMARNAT-1996 con el fin de establecer la escala de admisibilidad en la zona de estudio. La NOM maneja como unidades mg/l la técnica ton/año, para lo cual se tuvo que realizar una conversión de unidades para poder aplicar la norma oficial mexicana. Se construyó además una escala de gravedad en base a los criterios de Hernández-Muñoz (2001) con el fin de cuantificar la gravedad de la contaminación. A partir de estas escalas se determinó la calidad del agua para la región del Valle de Tulancingo, y se realizó un consenso de los parámetros, teniendo como resultado tres indicadores como **no admisible** y tres como **admisible**, por lo que, se determinó como calidad **no admisible**.

Para determinar la calidad del suelo se analizaron los sitios de disposición final de los residuos sólidos en cada uno de los municipios y se observó que estos no cumplen con las especificaciones de las normas oficiales mexicanas, el manejo de los residuos no es adecuado, desde la recolección, infraestructura, manejo. El sitio de disposición final es no controlado por lo que la calidad para suelo es considerada como **no admisible**.

Para la calidad de la riqueza biológica se determinaron tres tipos de indicadores: Indicador de riqueza biológica, indicador de riqueza biológica protegida e indicador entre especies protegidas y no protegidas. Estos indicadores son cuantitativos y nos permiten comparar entre municipios, entre regiones y entre especies reportadas por extensión territorial. En base a estos resultados es necesario realizar estudios que permitan determinar la riqueza total de esta zona y realizar esfuerzos para conservar especies que se encuentran en algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y de especies que aún no han sido estudiadas.

Es un estudio que utiliza una metodología, la cual se puede aplicar bajo distintos escenarios y contribuye a dar un panorama general del estado en que se encuentra la región del Valle de Tulancingo. Es una técnica que se basa en la producción anual en ton/año, el cual sirve para estimar las emisiones contaminantes por tipo de fuente y por parámetro.

El presente trabajo aportó una base de datos actualizada y la evaluación de las distintas fuentes y la estimación de emisiones contaminantes, identificando así, el problema de contaminación para la zona de estudio, se espera la aplicación de medidas mitigadoras para el control y prevención de las emisiones. Con lo anterior, se pretende la realización de nuevos estudios a intervalos regulares que permitan informar sobre la situación ambiental que enfrenta nuestro país y contribuir a la generación del conocimiento, permitiendo la toma de decisiones puntuales y específicas para cada problema. Se espera que este trabajo aporte elementos necesarios para la aplicación de soluciones al problema de contaminación en esta zona.

8. REFERENCIAS

Aguilar M. X. (2005). *Ambystoma tigrinum*. Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Facultad de Ciencias. Centro de Investigación en Recursos Bióticos. Universidad Autónoma del Estado de México. México. D.F. 5p.

Aguilar R. M. (1999). *Reciclamiento de Basura*. Edit. Trillas. México. 106pp.

Arriaga C.L., *et al.* (2009). Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México. 457pp.

Arriaga C.L., V. Aguilar S. J., Alcocer D.R., Jiménez R.E., Muñoz L. E., Vázquez D. (1998). Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

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

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

Arteaga C.B., Vega M.E., Silva E.E., Camargo A.S., (2000). *Hidalgo Joya Cultural de México*. Ángeles. México. 271pp.

Benítez H., C. Arizmendi y L. Márquez (1999). Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. (<http://www.conabio.gob.mx>). 11/03/2010.

Bezaury C.J.E., Torres J.F., Ochoa L.M., (2007). Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Hidalgo.

Cabrera C.R.B.E., Gordillo M.A.J. y Cerón B.A. (2003). Inventario de Contaminación emitida a suelo, agua y aire en 14 municipios del estado de Hidalgo, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 19(4)171-181, 2003.

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

CANACINTRA (2008). Cámara Nacional de Industria de la Transformación. Hidalgo. Delegación Tulancingo de Bravo.

Canter W. L. (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de Impacto ambiental.* McGraw-Hill. Interamericana. España. 841pp.

COEDE (2003a). *Indicadores Ambientales del Estado de Hidalgo.* Consejo Estatal de Ecología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Pachuca de Soto. Hidalgo. 71pp.

COEDE (2003b). Programa de manejo del área natural protegida “El Campanario” Tezoncualpa, Cuauhtepic de Hinojosa, Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Forestales. Programa de manejo. Pachuca de Soto.

COEDE (2000a). Base de Datos de Plantas. Tomo III. Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Subdirección de Proyectos Ambientales. Pachuca, Hidalgo, México. 200pp.

COEDE (2000b). Listado de especies NOM-059/Ecol/1991 que habitan en Hidalgo. Consejo Estatal de Ecología. Dirección de Planeación Ecológica. Pachuca, Hidalgo. 14pp.

COEDE (2000c). Base de Datos: Amphibia. Consejo Estatal de Ecología. Pachuca. Hidalgo. 9pp.

COEDE (2000d). Base de Datos: Reptilia. Consejo Estatal de Ecología. Pachuca. Hidalgo. 17pp.

CONABIO (2009). Síntesis Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 104pp.

CONABIO (2008). *Capital natural de México*, vol. I : *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 621pp.

CONABIO (2000). Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México 103pp.

CONABIO (1998). La diversidad biológica de México: Estudio de país, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. (Edición digital: Conabio 1998).

CONAGUA (2009). Atlas de agua en México 2009. Comisión Nacional del Agua. México D.F. 62pp

COPARMEX (2008). Confederación Patronal de la República Mexicana. Hidalgo. Delegación Tulancingo de Bravo.

Challenger A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 847pp.

Challenger, A., y J. Soberón (2008). Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio. México. 108pp.

ECOL (1999). Norma Oficial Mexicana 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 combustible. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.

ECOL (1999). Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1999. Establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que

incluyan diesel como combustible. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.

Espinosa D., Ocegueda S., *et al.* (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México*, vol. I : *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México. 65pp.

Espinoza G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Centro de Estudios para el Desarrollo (CED). Chile. 15/17pp.

Flores V. O. y Gerez P. (1994) *Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. Segunda edición. Ed. Técnico Científicas. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 446pp.

García M.A.J. (2003). *Furcraea bedinghausii*. Revisión de las Agavaceae, Crassulaceae y Liliaceae incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000. Jardín Botánico. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 6pp.

GEO (2004). *Perspectivas del medio ambiente en México*. Global Environment Outlook. México. 94pp.

Gobierno del Estado de Hidalgo (2008). Plan estatal de desarrollo: Acatlán. Consejo estatal de ecología. Pachuca de Soto. Hidalgo. http://coedeh.hidalgo.gob.mx/anp_coede%202009/8%20ZPECP%20Mixquiapan.pdf

Gobierno del Estado de Hidalgo (2005). Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011. Pachuca de Soto. Hidalgo. 144p.

Gómez P. A. y R. Dirzo. (1995). Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (Edición digital) México. 35pp.

Hernández M.A., Hernández L.A., Galán M.P. (2001). *Manual de depuración*. Uralita. Paraninfo-Thompson Learning. Madrid. 429pp.

INEGI (2010). Perspectiva estadística: Territorio. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Hidalgo. México. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/hgo/territorio/default.aspx?tema=me&e=13>. 11/03/10

INEGI (2005a). Anuario Estadístico de Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México D.F.

INEGI (2005b). Cuaderno estadístico Municipal de Tulancingo de Bravo, Santiago Tulantepec y Cuauhtepac de Hinojosa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México D.F.

INEGI (2004). Hidalgo Hoy. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del Estado. México. 296pp.

INEGI (1992). Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México D.F. 134pp.

INE (2000). *La Evaluación del Impacto Ambiental*. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México. 6p

Jiménez C. B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. LIMUSA. Noriega Editores. México. 925pp.

Martínez M. M.A., Ortiz P. R., De la Barreda B. Z., I.L. Bravo C. J. y Valencia H. J. (2007). Hidalgo. En: Avifaunas Estatales de México. Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. v Peterson, T. A. (Eds), CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo. México. 95pp.

Morrone J.J. y Llorente B. (2006). *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Las prensas de ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F. 562pp.

Moreno F.A., Hernández R. G.N., Aguirre A.E., Bautista N.E. e Goyenechea M. I. (2010). En prensa: Estatus del Conocimiento acerca de los hongos macroscópicos en el estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca.

Nebel B. J. y Wright. R. (1999). *Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenible*. 6ta Edición. Printece Hall. México. D.F. 720p.

Pérez E.B.E., Villavicencio N.M.A., Ramírez A.A., (2003) Lista de las plantas útiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. Hidalgo. 147pp

Pérez E. B.E., Villavicencio N. M A., Ramírez A. A. (1998) *Lista florística del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. Hidalgo.

PNUMA (2006). Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el desarrollo sostenible ILAC. Indicadores de seguimiento: México 2005. Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente. México D.F. 104pp.

PNUMA (2002). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. Pasado, presente y futuro. Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente. Global Environment Outlook 3 (GEO-3).

PNUMA (1999). Prespectivas del Medio Ambiente Mundial 2000. Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente. Nairobi, Kenya. 20pp.

Ramírez B.A., Hernández S.U., García V.O.U., Leyte M.A., Canseco M.L. (2009). *Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. D.F. 213pp.

Ramírez B. A. y Arizmendi M.C. (2004a). *Eleutherodactylus verrucipes*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 5pp.

Ramírez B. A. y Arizmendi M.C. (2004b). *Pseudoeurycea belli*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Unidad de Biología.Tecnología y Prototipos. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 7p.

Rzedowski J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Edit. LIMUSA. México. 504pp.

SEMARNAT (2008). Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. 380pp.

SEMARNAT (2007). Evaluación del Impacto Ambiental. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 150pp.

SEMARNAT (2005). Indicadores Básicos del desempeño Ambiental de México: 2005. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. 348pp.

SEMARNAT (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. 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. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.

SNIARN (2006). Atlas Geográfico del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. edición digital. México. 78pp.

UNIBIO (2010a). Colecciones Biológicas. Aves. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México. <http://www.unibio.unam.mx> 11/04/2010.

UNIBIO (2010b). Colecciones Biológicas. Anfibios y reptiles. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México. <http://www.unibio.unam.mx> 11/04/2010.

UNIBIO (2010c). Colecciones Biológicas. Mamíferos. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México. <http://www.unibio.unam.mx> 11/04/2010.

UNIBIO (2010d). Colecciones Biológicas. Insectos. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México. <http://www.unibio.unam.mx> 11/04/2010.

UNIBIO (2010e). Colecciones Biológicas. Herbario nacional. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México. <http://www.unibio.unam.mx> 11/04/2010.

Weitzenfeld, H (1989). Evaluación Rápida De Fuente De Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo) (ECO-SEDUE 1989) traducción de WHO Offest Publication .No.62/1982.

9. ANEXO I

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

- 1110a Corral de engorda para reses
- 1110b Corral de engorda para cerdos
- 1110c Corral de engorda para pollos
- 1110d Corral de engorda para corderos
- 1110e Corral de engorda para pavos
- 1110f Corral de engorda para patos
- 1110g Granjas lecheras
- 1110h Granja de gallina ponedoras

PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

- 3111a Mataderos
- 3111b Empacadoras
- 3111c Procesamiento de aves de corral
- 3112 Manufactura de productos lácteos
- 3113 Enlatado de frutas y verduras
- 3114 Enlatado de pescado
- 3115a Extracción de aceite de oliva
- 3115b Refinación de aceite vegetal
- 3116 Molinos de grano
- 3118a Ingenios azucareros
- 3118b Manufactura de azúcar de remolacha
- 3121a Manufactura de almidón y glucosa
- 3121b Manufactura de levadura

INDUSTRIA DE BEBIDAS

- 3131a Destilerías de alcohol
- 3132 Producción de vinos
- 3133a Manufactura de malta y licor de malta
- 3133b Fermentación de cerveza
- 3131c Producción total de cerveza
- 3134 Industrias de refrescos y aguas carbonatadas

MANUFACTURA DE TEXTILES

- 3211a Lana (incluyendo estregado)
- 3211b Lana (sin estregar)
- 3211c Algodón
- 3211d Rayón
- 3211e Acetato
- 3211f Nailon
- 3211g Acrílico
- 3211h Poliéster

MANUFACTURA DE CUERO

- 3231a Tenerías de cuero (a base de sales de cromo)
- 3231b Tenerías de cuero (con agentes vegetales)
- 3231c Terminados de cuero solamente

MANUFACTURA DE MADERA Y PRODUCTOS DE MADERA Y CORCHO, EXCEPTO MUEBLES

- 3311a Manufactura de madera terciada
- 3311b Manufactura de tablonés

MANUFACTURA DE PULPA, PAPEL Y CARTÓN

- 3411a Pulpa sulfatada (Kraft)
- 3411b Pulpa sulfitada
- 3411c Pulpa semiquímica
- 3411d Fábricas de papel
- 3411e Fábricas de papel (con sistemas de reuso de agua)
- 3411f Fábricas de papel (con sistema mejorado de reuso de agua)

MANUFACTURA DE PRODUCTOS QUÍMICOS INDUSTRIALES

- Productos químicos industriales básicos
- 3511a Acido clorhídrico
- 3511b Acido sulfúrico
- 3511c Acido nítrico
- 3511d Acido fosfórico (sin laguna)
- 3511e Acido fosfórico (con laguna)
- 3511f Acido fosfórico (proceso térmico)
- 3511g Amoníaco
- 3511h Hidróxido de sodio (cátodo de mercurio o proceso Castner-Kellner)
- 3511i Hidróxido de sodio (celda diafragma)
- 3511j Acido fluorhídrico
- 3511k Pigmentos de cromo
- Productos químicos orgánicos básicos
- 3511m Proceso continuo no-acuoso
- 3511n Proceso continuo fase-vapor (uso del agua como diluyente o absorbente)
- 3511o Sistema de reacción fase líquida
- 3511p Proceso discontinuo (intermitente o semi-continuo)
- Fertilizantes
- 3512a Superfosfato normal (20% P₂O₅)
- 3512b Superfosfato triple (48% P₂O₅)
- 3512c Fosfato de amonio (20% P₂O₅)
- 3512d Fosfato di-amonio (20% P₂O₅)
- 3513b Elastómeros vulcanizables caucho sintético

- 3513c Poliolefinas (polietilenos)
- 3513d Resinas de poliestireno y copolímeros

Plaguicidas

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

Resinas sintéticas, plásticas y fibras

- 3513a Fibras de rayón
- 3513e Resinas vinílicas (PVC)
- 3513f Resinas de poliéster y alquídicas
- 3513f Resinas fenólicas
- 3513f Resinas acrílicas (polímero a granel)
- 3513f Resinas acrílicas (polímero emulsionado)

MANUFACTURA DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS

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

REFINACIÓN DE PETROLEO

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

MANUFACTURA DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO Y CARBON

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

MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE CAUCHO

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

INDUSTRIA DE MINERALES NO METALICOS

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

INDUSTRIA METALICA BASICA

Industria del hierro y el acero

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

Industria básica de metales no ferrosos

- 3720a Manufactura de aluminio a partir de bauxita
- 3720b Fundición primaria de aluminio
- 3720c Fundición secundaria de aluminio
- 3720d Fundición de cobre a partir de minerales sulfatados
- 3720e Refinación electrolítica de cobre
- 3720f Fundición secundaria de cobre
- 3720g Fundidoras de latón y bronce
- 3720h Fundición de plomo a partir de mineral
- 3720i Fundición y refinación secundaria de plomo
- 3720j Fundición y refinación primaria de estaño
- 3720k Fundición primaria de zinc
- 3720l Tratamiento secundario de zinc
- 3720m Fundición primaria de antimonio
- 3720n Fundición y refinación primaria de mercurio
- 3720o Fundición y refinación primaria de titanio

MANUFACTURA DE PRODUCTOS METALICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO

- 3840a Enseres domésticos
- 3840b Galvanoplastia
- 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 II

9.1 ABREVIATURAS

DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ST	Sólidos Totales
SS	Sólidos Suspendidos
PST	Partículas Suspendidas Totales
SO ₂	Óxidos de Azufre
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
HC	Hidrocarburos
CO	Monóxido de Carbono
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
SMO	Sierra Madre Oriental
SVT	Sierra Volcánica Transversal

ANEXO III

9.2 FORMATO DE ENCUESTAS

Formato de encuesta a las empresas

1. ¿Cual es el nombre de la empresa?
2. ¿Cuál es la dirección?
3. ¿Cuál es el número telefónico?
4. ¿Qué giro tiene la empresa?
5. ¿Cuál es el nombre del representante?
6. ¿Esta en funcionamiento?
7. ¿Cuántos empleados tiene?
8. ¿Cuál es la producción en ton/año?
9. ¿Tiene algunas medidas en pro del ambiente?

Formato de encuestas al área de limpias en los municipios

1. ¿Cuál es la dependencia encargada de la recolección de residuos sólidos urbanos?
2. ¿Cuál es el numero de empleados con los que cuenta para éste servicio?
3. ¿Con cuántos vehículos cuenta para la recolección?
4. ¿Cuáles son las rutas de recolección de cada vehículo?
5. ¿Qué cantidad de residuos sólidos urbanos recolectan al año?

6. ¿Qué cantidad genera cada habitante?
7. ¿Qué porcentaje de la población cuenta con el servicio de recolección?
8. ¿Aplican medidas para la separación de estos residuos?
9. ¿Cuentan con servicio concesionado?
10. ¿Cuáles son las características con las que cuenta el sitio de disposición final?
11. ¿Cuentan con relleno sanitario?
12. ¿Por qué?
13. Tienen algunas medidas en pro del ambiente
14. ¿Cuáles?

Formato de encuesta al rastro municipal

1. ¿Cuántos animales matan al día de reses?
2. ¿Cuántos animales matan al día de cerdos?
3. ¿Cuántos animales matan al día de otros?
4. ¿La sangre se recupera?
5. ¿Las panzas se recuperan?
6. ¿En qué lugar son depositados los desechos?