

INVENTARIO DE CONTAMINACIÓN EMITIDA A SUELO, AGUA Y AIRE EN 14 MUNICIPIOS DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

René Bernardo Elías CABRERA CRUZ, Alberto José GORDILLO MARTÍNEZ y Álvaro CERÓN BELTRÁN

Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, carretera Pachuca-Tulancingo, km. 4.5, Hidalgo 42076, México. correos electrónicos: rcabreracruz@hotmail.com, gordillo@uaeh.reduaeh.mx

(Recibido febrero 2003, aceptado octubre 2003)

Palabras clave: inventario de contaminación, evaluación de impacto ambiental

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el inventario de las fuentes de contaminación en 14 municipios del estado de Hidalgo, México. Es importante determinar cualitativa y cuantitativamente las emisiones contaminantes en esta parte del estado que concentra alrededor de 40 % de la población, las principales vías de comunicación, los servicios y parques industriales. La metodología empleada está basada en la técnica de evaluación rápida de fuentes de contaminación ambiental. Esta técnica permite evaluar de manera rápida y económica las principales fuentes y zonas de contaminación; se utilizaron coeficientes y cálculos de aportes contaminantes basados en datos de producción industrial e información estadística. Se determinó el número de fuentes contaminadoras, su naturaleza y la cantidad de las emisiones a suelo, agua y aire en el área de estudio. Los resultados se agrupan de acuerdo con la clase de fuentes de contaminación por municipio, sector generador y tipo de contaminantes, esto permite la jerarquización de la problemática ambiental de Hidalgo y proporciona elementos para formular políticas de combate y prevención de la contaminación al ambiente en esta entidad.

Keywords: pollution inventory, environmental impact assessment

ABSTRACT

An inventory of pollution for 14 municipalities in Hidalgo, México is reported in this paper. The studied zone concentrates about 40 % of Hidalgo's population, its main communication roads, services, the most representative industries and all the state's industrial zones. Therefore, it is important to determinate qualitative and quantitatively pollution emissions in this area. The methodology used was the environmental pollution sources fast evaluation, a fast and economic way to evaluate the main pollution sources. This study afforded identification and measure of pollution emission sources. The information obtained, helps to understand Hidalgo's environmental problems, their importance and magnitude. This study will permit the formulation of policies to struggle and prevent environmental pollution in this state.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las políticas de desarrollo deben considerar la sostenibilidad de los sistemas económicos. Este concepto incluye la problemática ambiental y la necesidad de alcanzar diversas metas sociales. La separación de estos objetivos o la omisión de uno de ellos lleva eventualmente al fracaso de los programas de desarrollo económico. Los costos de salud y bienestar públicos, entre otros, que acarrearán los problemas de contaminación ambiental son mucho mayores que los beneficios a corto plazo de la actividad económica. Por tanto, se espera que la planeación ambiental incrementará su importancia a medida que se avance en la implantación del modelo de desarrollo sostenible, lo cual es una tendencia en el mundo y en México (Plan Nacional de Desarrollo, PND 2001-2006). 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. Para generar esta información, es necesario realizar de manera regular inventarios de contaminantes que deben cumplir con las condiciones necesarias para que el estudio proporcione una aproximación lo más cercana posible a la realidad ambiental. En México la legislación para formular programas de inventario periódico de contaminantes no se encuentra establecida. Por otra parte, la promulgación de programas sobre protección ambiental necesariamente debe incluir datos técnicos precisos, como los que facilitan los inventarios de fuentes de contaminación. Entre más preciso sea el conocimiento de la problemática ambiental, más eficaces serán las soluciones que se propongan además de que sean económicamente viables y que gocen de aceptación social.

Existe la necesidad de realizar estudios de los aportes de contaminantes emitidos en México. Este estudio se enfoca específicamente al estado de Hidalgo. Se fijó el objetivo de realizar un inventario de la contaminación emitida al ambiente en aire, agua y suelo por fuentes domésticas e industriales en 14 municipios del estado. En el área de estudio se encuentran concentradas aproximadamente 40 % de la población (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI 1999), las principales vías de comunicación, los servicios urbanos, las industrias más representativas de la entidad y la totalidad de los parques industriales (INEGI 1995a).

El estado de Hidalgo cuenta con 84 municipios y una superficie de 20,905.12 km². Se encuentra ubicado en la parte central de la República Mexicana, al oeste de la Sierra Madre Oriental, al noroeste de la Altiplanicie Meridional y en el sur de la Planicie Costera Nororiental. Se localiza entre los paralelos 19°36'30" y 21°23'30" de latitud norte y entre los meridianos 97°58'45" y 99°53'30" de longitud oeste. 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 (INEGI 1999). La economía en el estado está basada en gran medida en la agricultura; sus productos agrícolas más importantes son maíz, cebada y café. Los municipios más productivos son Tula, Actopan, Ixmiquilpan, Huichapan, Tulancingo y Metztlán. La minería es otra actividad que históricamente ha tenido gran importancia, ya que la extracción y el beneficio de la plata fue la principal actividad de la entidad hasta el siglo XIX. Actualmente son importantes los beneficios de manganeso en el municipio de Molango y de cobre, plomo y zinc en el municipio de Zimapán. La presencia industrial está diversificada con la instalación de plantas cementeras en Tula y plantas textiles en Santiago Tulantepec y Tulancingo a finales del siglo XIX. A partir de 1960 se desarrollan diversas zonas industriales en el estado como son las establecidas en Tizayuca, Tula, Pachuca, Tulancingo y Cd. Sahagún (en el municipio de Tepeapulco). Tales zonas tenían el fin de reactivar la economía estatal, pues las actividades tradicionales se encontraban en decadencia. Estos parques industriales se mantienen hasta la fecha, siendo los únicos existentes en el estado (INEGI 1995a). En la actualidad diversas industrias continúan instalándose en ellos como resultado de la promoción de la inversión privada en el estado por parte del gobierno. Este hecho, junto con el desarrollo de importantes proyectos para construir infraestructura de transporte terrestre y aéreo, coloca al estado de Hidalgo con una importancia creciente dentro del contexto económico nacional.

En este estudio se determinaron en cada municipio las clases y cantidades de agentes contaminantes, domésticos o industriales, emitidos al aire, agua y suelo. Con los resultados obtenidos se construyó una importante base de datos que contiene información actualizada basada en el uso de coeficientes de generación de contaminantes que utilizó una metodología confiable. Estos resultados permitirán formular políticas ambientales en áreas prioritarias, programas de monitoreo, control y prevención de emisiones. También se podrán establecer programas de educación ambiental e implementar acciones, entre otros estudios de evaluación de impacto ambiental, tendientes a disminuir la contaminación en zonas altamente pobladas del estado de Hidalgo.

METODOLOGÍA

La metodología empleada es la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental, ERFCA (Weitzenfeld 1989). Este método permite la realización de inventarios de fuentes contaminantes de manera rápida y a bajo costo. Además los resultados son confiables porque se utilizan factores de generación basados directamente

en la producción de bienes o servicios de los diferentes tipos de fuentes. Estos factores se recopilaron de literatura técnica proveniente de países económicamente desarrollados (WHO 1971, USEPA 1973, 1977, Sittig 1975, Schimmel y Griffen 1976, WHO 1977, 1982, 1983, entre otros). Los factores recopilados por la técnica ERFCA fueron revisados por un grupo de consultores especializados para adecuarlos a las características propias de países subdesarrollados y en vías de desarrollo económico. De esta manera, los factores de generación resultan adecuados para su aplicación en un país como México. Lo anterior es la razón de aplicar tal metodología en este trabajo. La técnica utiliza datos disponibles de los sectores público, social y privado, destacando importantes fuentes de generación que tienen un impacto significativo en el entorno. Sin embargo, esta técnica no considera fuentes emisoras relacionadas a la agricultura y la minería.

Para su desarrollo, la técnica ERFCA comprendió los siguientes pasos:

I. Definición del área de estudio. Ésta se conformó por 14 municipios de 6 regiones socioeconómicas del estado de Hidalgo (INEGI 1997) (**Tabla I**). En estos municipios se encuentra la totalidad de los parques industriales así como otras industrias de importancia que se encuentran fuera de los parques. Además los municipios seleccionados concentran alrededor de 37 % de la población total del estado en aproximadamente 10 % de su superficie total (INEGI 1999).

II. Conformación del grupo de trabajo. Fue integrado por profesionales capacitados en el uso de la técnica ERFCA y con experiencia en investigación ambiental.

III. Recolección de datos para el sector industrial.

a. Elaboración de una lista de fuentes de información. Inicialmente se consideró a dependencias federales, estatales y municipales y posteriormente a organismos privados

(COPARMEX 1997, CANACINTRA 1997). Finalmente se utilizaron fuentes de información general.

b. Se analizó la información y se elaboró una lista de instituciones públicas e industrias a ser estudiadas.

c. Con el fin de determinar las cantidades emitidas de contaminación, las instituciones públicas e industrias identificadas en la fase anterior se clasificaron de acuerdo con sus actividades manufactureras (**Tabla II**). Esta clasificación es utilizada por la técnica ERFCA en el desarrollo de sus protocolos.

d. Información directa. En las empresas y organizaciones clasificadas dentro la técnica ERFCA se recabó información directamente. En la **tabla III** se observa el número final de industrias donde se obtuvo información, por municipio y por sector manufacturero. En el caso de las empresas se determinó si se encontraban en funcionamiento, si el giro comercial coincidía con el reportado y cuál era su volumen de producción (en ton/año). Lo anterior se realizó de acuerdo con los principios de confidencialidad y reserva estadística que aplican en México (INEGI 1995b).

TABLA II. DIVISIONES DE LA ACTIVIDAD MANUFACTURERA

Clave	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: Weitzenfeld (1989)

TABLA I. ÁREA DE ESTUDIO

Región	Clave	Nombre del municipio
I	048	Pachuca de Soto
I	051	Mineral de la Reforma
II	077	Tulancingo de Bravo
II	016	Cuautepec de Hinojosa
II	056	Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero
III	063	Tepeji del Río
III	076	Tula de Allende
III	074	Tlaxcoapan
III	010	Atitalaquia
VII	003	Actopan
XI	061	Tepeapulco
XI	008	Apan
XII	069	Tizayuca
XII	066	Villa de Tezontepec

Fuente: INEGI 1999

IV. Recolección de datos para el sector no industrial.

a. Se recolectaron datos de fuentes oficiales (INEGI 1999) sobre la población de cada uno de los municipios.

b. Se recabaron datos acerca de las características del medio físico y socioeconómico de la zona de estudio.

V. Cálculos. Para determinar las cantidades de contaminantes generados se aplicaron los factores de generación contenidos en los cuadernos de trabajo de los protocolos de la técnica ERFCA, agrupados en el caso industrial de acuerdo con la **tabla II**. Se multiplicó el valor de los coeficientes correspondientes, por la producción reportada por las fuentes emisoras, de acuerdo

TABLA III. NÚMERO DE INDUSTRIAS ESTUDIADAS POR SECTOR MANUFACTURERO

Municipio	No. de industrias por sector manufacturero									Total
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
048	4	2	-	-	9	5	4	35	-	59
051	1	2	-	-	2	5	1	3	-	14
077	11	7	-	-	4	18	-	43	-	83
016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
056	-	2	-	-	-	2	-	1	-	5
063	-	8	-	-	5	4	1	3	-	21
076	-	-	-	-	-	3	-	2	1	6
074	2	-	-	-	2	-	-	2	1	7
010	1	-	-	-	5	-	-	-	-	6
003	-	1	-	-	2	-	-	-	-	3
061	-	-	-	-	2	-	2	9	-	13
008	-	-	-	-	3	-	-	1	-	4
069	-	3	-	-	20	7	13	11	-	54
066	-	-	-	-	-	-	1	4	-	5
Total	19	25	0	0	54	44	22	114	2	280

con sus diferentes actividades o giros manufactureros. La operación anterior genera datos acerca de las cantidades de contaminación emitida (ton/año), por actividad de manufactura o por servicio y su emisión al ambiente en agua, aire o suelo.

VI. Organización de resultados. Los resultados obtenidos se agruparon en tablas de acuerdo con el medio en que se emitieron, ya sea aire, agua o suelo. También se toman en cuenta las emisiones por sector manufacturero y por municipio. Con esto se logra una mejor visualización de la problemática de la emisión de contaminantes en el área estudiada.

En todos los casos la técnica ERFCA utiliza indicadores ambientales que arrojan resultados en unidades homogéneas (ton/año) para facilitar la visión de la magnitud e importancia de las emisiones contaminantes y permitir la toma de decisiones al elaborar políticas públicas en materia ambiental.

RESULTADOS

Los cuadernos de trabajo de la técnica ERFCA, toman en cuenta una serie de indicadores ambientales generales que sirven para llevar a cabo la caracterización de aire, agua o suelo. Estos protocolos son útiles para visualizar las condiciones de la naturaleza física, química o biológica de cada medio considerado. También toman en cuenta una serie de indicadores particulares para diferentes actividades del sector industrial. Los resultados presentados se refieren a parámetros de contaminación (en ton/año), del aire, agua o suelo en cada municipio estudiado. Para el medio agua, los parámetros indican la cantidad de emisiones contaminantes de acuerdo con su origen (industrial o doméstico). En el caso del medio aire, los resultados se agrupan de acuerdo con tres

tipos de fuentes: estacionarias, móviles e industriales. En el suelo, los resultados se refieren a las emisiones de origen doméstico (residuos sólidos urbanos) mientras que los residuos de origen industrial por sus características y su variedad no se consideran en el presente reporte. Para los medios agua y aire, las fuentes industriales se clasificaron de acuerdo con su giro manufacturero (**Tabla II**).

Contaminación al agua

Para el agua, la técnica ERFCA considera los siguientes parámetros: volumen de desecho, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS) y aceite, que son parámetros que permiten visualizar las características generales de la calidad del agua y se utilizaron para todas las fuentes emisoras de efluentes de aguas contaminadas. También se considera una serie de parámetros de contaminación específicos para las diferentes actividades industriales. En este estudio se encontró una serie de fuentes industriales, de las cuales, los siguientes parámetros permiten caracterizar sus emisiones: Alcalinidad, Nitrógeno (N), fenoles, sulfuros (S^{2-}), cromo (Cr), carbono orgánico total (COT), zinc (Zn), fluoruros (F^-), sulfatos (SO_4^{2-}), ácido sulfúrico (H_2SO_4), fósforo (P) y níquel (Ni). Los resultados obtenidos se observan en la **tabla IV**, en donde se muestran las cantidades de contaminación de origen industrial, clasificadas por sector manufacturero y se dividen en: volumen de desecho (en miles de metros cúbicos por año, $10^3 m^3/año$) y en 16 parámetros de contaminación (en ton/año). Se obtuvieron en total $37,467 \times 10^3 m^3/año$ de volumen de agua de desecho y $66,587$ ton/año de contaminación emitida. En la **tabla V** se observa la misma información, pero referida a la emisión en cada uno de los municipios estudiados.

Los efluentes de origen doméstico incluyen todos los

TABLA IV. CONTAMINACIÓN DE ORIGEN INDUSTRIAL EMITIDA AL AGUA POR GIRO MANUFACTURERO

Indicador	Sectores manufactureros									Total (ton/año)
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
Volumen de desecho (10 ³ m ³ /a)	770.117	5,857.723	0.000	0.000	1,356.831	314.160	863.670	13,932.182	14,371.890	37,466.573
DBO ₅	1,389.367	3,938.337	0.000	0.000	104.293	0.000	0.000	1,518.256	245.200	7,195.453
DQO	0.000	11,651.299	0.000	0.000	711.403	16.560	14.094	6,491.598	1,893.970	20,778.924
SS	856.708	2,366.914	0.000	0.000	358.334	2.520	44.059	643.045	31,863.260	36,134.840
Aceite	0.331	1,695.154	0.000	0.000	136.667	0.000	20.849	269.153	16.711	2,138.865
Alcalinidad	67.806	0.000	0.000	0.000	0.000	2.920	0.000	0.000	0.000	70.726
N	0.000	10.574	0.000	0.000	18.023	0.000	0.000	0.000	0.000	28.597
Fenoles	0.000	2.218	0.000	0.000	0.511	0.000	0.000	0.000	0.000	2.729
S ²⁻	0.000	4.934	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.934
Cr	0.000	14.166	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.902	0.668	25.736
COT	0.000	0.000	0.000	0.000	120.152	0.000	0.000	0.000	0.000	120.152
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	35.020	1.114	36.210
F ⁻	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	20.412	0.000	0.000	20.412
SO ₄ ²⁻	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	21.384	0.000	0.000	21.384
H ₂ SO ₄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.392	0.000	1.392
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.588	0.000	1.588
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.236	5.236
Total	2,314.212	19,683.596	0.000	0.000	1,449.383	22.000	120.874	8,970.954	34,026.159	66,587.178

DBO₅ = demanda bioquímica de oxígeno; DQO = demanda química de oxígeno; SS = sólidos suspendidos; COT = carbono orgánico total; N = nitrógeno; S²⁻ = sulfuros; Cr = cromo; Zn = zinc; SO₄²⁻ = sulfatos; H₂SO₄ = ácido sulfúrico; P = fósforo; Ni = níquel

desechos normales de una casa habitación descargados al alcantarillado y también los desechos de numerosas fábricas pequeñas y talleres que son difíciles de identificar y considerar individualmente. Para este estudio, los efluentes domésticos están relacionados con el número de habitantes que cuentan con servicio de alcantarillado

y drenaje en la zona de estudio. Los resultados se observan en la **tabla VI**. Se reportan los parámetros más comunes para caracterizar a un efluente doméstico en cada uno de los municipios de la zona de estudio. El total de efluentes es de 42,851X10³m³/año y el total de contaminantes emitidos es de 51,304 ton/año.

TABLA V. CONTAMINACIÓN DE ORIGEN INDUSTRIAL EMITIDA AL AGUA POR MUNICIPIO

Indicador	Clave de los municipios														Total (ton/año)
	48	51	77	16	56	63	76	74	10	3	61	8	69	66	
Volumen de desecho (10 ³ m ³ /a)	1,891.601	97.793	5,369.982	0.000	1,005.790	654.460	153.540	15,438.901	48.750	2.496	2,609.273	108.440	1,355.071	8,730.476	37,466.573
DBO ₅	461.049	58.026	4,217.279	0.000	622.078	192.060	1.621	354.037	6.240	4.272	691.075	4.632	578.066	5.018	7,195.453
DQO	1,238.233	86.090	9,537.380	0.000	2,142.460	691.290	6.878	2,505.353	48.000	12.384	2,937.562	19.680	1,532.294	21.320	20,778.924
SS	269.561	60.779	2,295.776	0.000	381.268	106.910	0.697	32,132.174	28.800	6.624	315.769	1.992	532.224	2.266	36,134.840
Aceite	60.394	6.670	1,351.492	0.000	340.524	27.438	0.286	144.676	2.880	0.960	135.648	0.816	66.117	0.964	2,138.865
Alcalinidad	25.885	41.921	0.000	0.000	0.000	0.000	2.920	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	70.726
N	4.848	5.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.023	0.000	0.720	0.000	0.000	0.000	0.000	28.597
Fenoles	0.000	0.000	1.827	0.000	0.391	0.000	0.000	0.511	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.729
S ²⁻	2.262	2.336	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.336	0.000	0.000	0.000	0.000	4.934
Cr	2.906	1.168	9.736	0.000	2.377	0.936	0.011	0.980	0.000	0.168	4.654	0.312	2.423	0.065	25.736
COT	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	120.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	120.152
Zn	5.942	0.000	1.373	0.000	0.026	3.309	0.037	1.220	0.000	0.000	15.763	0.106	8.214	0.220	36.210
F ⁻	0.504	0.000	0.000	0.000	0.000	13.860	0.000	0.000	0.000	0.000	2.016	0.000	4.032	0.000	20.412
SO ₄ ²⁻	0.528	0.000	0.000	0.000	0.000	14.520	0.000	0.000	0.000	0.000	2.112	0.000	4.224	0.000	21.384
H ₂ SO ₄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.392	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.392
P	0.270	0.000	0.062	0.000	0.001	0.144	0.002	0.005	0.000	0.000	0.716	0.005	0.373	0.010	1.588
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.236	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.236
TOTAL	2,072.382	261.996	17,414.925	0.000	3,489.125	1,051.859	12.452	35,282.367	85.920	25.464	4,105.315	27.543	2,727.967	29.863	66,587.178

Con el mismo pie de la **tabla IV**

TABLA VI. CONTAMINACIÓN DE ORIGEN DOMÉSTICO, EMITIDA AL AGUA, POR MUNICIPIO

Municipio (Clave)	Población ¹ (10 ³ habitantes)	Volumen de desecho (10 ³ m ³ /año)	DBO ₅ (ton/año)	DQO (ton/año)	SS (ton/año)	N (ton/año)	P (ton/año)	TOTAL (ton/año)
48	186	13,578.00	3,664.20	8,184.00	3,720.00	613.80	74.40	16,256.40
51	21	1,533.00	413.70	924.00	420.00	69.30	8.40	1,835.40
77	84	6,132.00	1,654.80	3,696.00	1,680.00	277.20	33.60	7,341.60
16	31	2,263.00	610.70	1,364.00	620.00	102.30	12.40	2,709.40
56	16	1,168.00	315.20	704.00	320.00	52.80	6.40	1,398.40
63	37	2,701.00	728.90	1,628.00	740.00	122.10	14.80	3,233.80
76	48	3,504.00	945.60	2,112.00	960.00	158.40	19.20	4,195.20
74	20	1,460.00	394.00	880.00	400.00	66.00	8.00	1,748.00
10	15	1,095.00	295.50	660.00	300.00	49.50	6.00	1,311.00
03	29	2,117.00	571.30	1,276.00	580.00	95.70	11.60	2,534.60
61	39	2,847.00	768.30	1,716.00	780.00	128.70	15.60	3,408.60
08	26	1,898.00	512.20	1,144.00	520.00	85.80	10.40	2,272.40
69	28	2,044.00	551.60	1,232.00	560.00	92.40	11.20	2,447.20
66	7	511.00	137.90	308.00	140.00	23.10	2.80	611.80
Total	587	42,851.00	11,563.90	25,828.00	11,740.00	1,937.10	234.80	51,303.80

Con el mismo pie de la **tabla IV**

¹INEGI (1999): población con servicio de alcantarillado y drenaje

Contaminación al aire

La técnica ERFCA considera, para el aire, una serie de indicadores de contaminación que son los más representativos del tipo de contaminación emitida por los tres tipos de fuentes emisoras tomadas en cuenta (estacionarias, móviles e industriales). Estos parámetros son: partículas suspendidas totales (PST), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO). En el caso de las fuentes emisoras industriales, también se encontraron otros cuatro parámetros particulares a algunos procesos, como son: ácido sulfhídrico (H₂S), disulfuro de carbono (CS₂), fluoruros (F⁻) y plomo (Pb).

Las fuentes estacionarias básicamente son hornos de plantas generadoras de gran magnitud. Los resultados se agrupan en la **tabla VII**, en ella se muestra la cantidad de contaminantes emitidos al aire por fuentes fijas (en ton/año) en los municipios en donde se encontraron éstas. La contaminación emitida se considera para PST, SO₂, NOx, HC y CO. El total de contaminación emitida

fue de 892,532 ton/año. Para fuentes emisoras móviles se consideró el consumo anual total de gasolinas y diesel (PEMEX 1999a,b) en la zona de estudio. Para el caso de las fuentes móviles impulsadas por motores de gasolina, los resultados se observan en la **tabla VIII** en cada uno de los municipios que integran la zona de estudio. Los parámetros considerados son PST, SO₂, NOx, HC y CO. El total de contaminación emitida fue de 100,096 ton/año. Para las fuentes móviles impulsadas por motores de diesel, los resultados se observan en la **tabla IX**, que se refiere a cada uno de los municipios del área seleccionada. Se consideraron los parámetros de PST, SO₂, NOx, HC y CO. El total de contaminación emitida fue de 7,542 ton/año. Para fuentes industriales, los resultados obtenidos se aprecian en la **tabla X**, que muestra la contaminación emitida por cada municipio. Los parámetros considerados son: PST, SO₂, NOx, HC y CO. Además, se encontraron otros cuatro parámetros relevantes como son: H₂S, CS₂, F⁻ y Pb. El total de contaminación emitida es de 2,013,793 ton/año. En la **tabla XI** se observan los mismos resultados,

TABLA VII. EMISIONES AL AIRE POR FUENTES ESTACIONARIAS POR MUNICIPIO

Municipio (Clave)	Tipo y fuente de combustible quemado	Unidad (u)	Consumo (10 ³ u/año)	PST (ton/año)	SO ₂ (ton/año)	NO _x (ton/año)	HC (ton/año)	CO (ton/año)	Total (ton/año)
74	Gas Natural	10 ³ m ³	87,838.563	21,081.260	ND	843,250.200	1,405.420	23,716.410	889,453.290
	Aceite residual destilado	ton	2.367	5.041	68.874	17.75	0.97	1.396	94.031
	Aceite combustible	ton	89.015	255.470	1,691.280	667.610	32.940	46.290	2,693.590
76	Aceite combustible	ton	9.621	27.610	182.80	72.210	3.560	5.000	291.180
Total				21,369.381	1,942.954	844,007.770	1,442.890	23,769.096	892,532.091

ND = No disponible; ton = tonelada; PST = partículas suspendidas totales; SO₂ = dióxido de azufre; NOx = óxidos de nitrógeno; HC = hidrocarburos; CO = monóxido de carbono.

TABLA VIII. EMISIONES AL AIRE, POR FUENTES MÓVILES A BASE DE GASOLINA

Municipio (Clave)	PST (ton/año)	SO ₂ (ton/año)	NO _x (ton/año)	HC (ton/año)	CO (ton/año)	TOTAL (ton/año)
48	175.340	47.341	903.001	1,271.215	33,051.590	35,448.487
51	24.656	6.657	126.978	178.760	4,647.660	4,984.711
77	75.976	20.513	391.276	550.830	14,321.480	15,360.075
16	10.688	2.886	55.043	77.488	2,014.680	2,160.785
56	ND	ND	ND	ND	ND	ND
63	13.638	3.682	70.231	98.880	2,570.600	2,757.031
76	46.200	12.470	237.930	334.960	8,708.830	9,340.390
74	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	19.610	5.290	101.020	142.210	3,697.410	3,965.540
03	39.960	10.789	205.794	289.710	7,532.460	8,078.713
61	24.982	6.745	128.657	181.119	4,709.110	5,050.613
08	19.282	5.206	99.302	139.795	3,634.657	3,898.242
69	41.604	11.233	214.260	301.630	7,842.350	8,411.077
66	3.170	0.856	16.326	22.893	597.545	640.790
Total	495.106	133.668	2,549.818	3,589.490	93,328.372	100,096.454

Con el mismo pie de la **tabla VII**

referidos a cada uno de los sectores manufactureros considerados por la técnica ERFCA.

Contaminación del suelo

En este caso, la técnica ERFCA considera dos categorías de contaminantes. Una de éstas comprende las emisiones de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) provenientes de viviendas de todo tipo, incluyendo hoteles, oficinas y edificios públicos. Además se incluye la recolec-

ción de basura en las calles de la ciudad y otros lugares públicos, así como desechos menores no tóxicos provenientes de pequeñas operaciones industriales y otros residuos que son difíciles de considerar por separado. La cantidad y composición de los RSU son muy variables en espacio y tiempo, debido sobre todo a las condiciones socioeconómicas del entorno de la fuente generadora. La técnica ERFCA considera esta cuestión y los indicadores de generación disponibles se refieren al nivel de vida típico para los diferentes niveles de desarrollo económico. Para este estudio se utilizó el indicador de un área típica en una nación en desarrollo. Los resultados se encuentran en la **tabla XII**. El total de RSU generados fue de 197,216.00 ton/año. Por otra parte, la segunda categoría que toma en cuenta la técnica ERFCA, incluye los residuos industriales considerados como peligrosos. Es importante puntualizar que en este trabajo los residuos industriales peligrosos, debido a sus características e importancia, se consideran de manera separada y por lo tanto no se incluyen en este reporte.

DISCUSIÓN

Referente a la contaminación de origen industrial emitida al agua, se puede apreciar que el sector 39, de otras industrias manufactureras*, contribuye con 38.4 % del total de efluentes encontrados (en 10³m³/año), le sigue el sector 38 de la industria metalmeccánica, con 37.2 % y el sector 32 de la industria textilera con 15.6 %; los demás sectores contribuyen con apenas 8.8 %. De los efluentes

TABLA IX. EMISIONES AL AIRE, POR FUENTES MÓVILES A BASE DE DIESEL

Municipio (Clave)	PST (ton/año)	NO _x (ton/año)	HC (ton/año)	CO (ton/año)	TOTAL (ton/año)
48	31.310	143.506	33.920	567.501	776.237
51	29.405	134.772	31.855	532.962	728.994
77	60.811	278.720	65.879	1,102.203	1,507.613
16	5.040	23.100	5.460	91.350	124.950
56	ND	ND	ND	ND	ND
63	22.037	101.000	23.870	399.420	546.327
76	26.540	121.630	28.750	480.980	657.900
74	ND	ND	ND	ND	ND
10	40.570	185.950	43.950	735.360	1,005.830
03	11.878	54.439	12.867	215.282	294.466
61	16.754	76.791	18.151	303.674	415.370
08	16.050	73.601	17.396	291.058	398.105
69	40.531	185.768	43.909	734.628	1,004.836
66	3.298	15.114	3.572	59.769	81.753
Total	304.224	1,394.391	329.579	5,514.187	7,542.381

Con el mismo pie de la **tabla VII**
SO₂, no disponible

* Por principios de confidencialidad y reserva de la ley estadística, no se pueden dar nombres ni empresas individualizadas.

TABLA X. EMISIONES AL AIRE DE ORIGEN INDUSTRIAL POR MUNICIPIO

Indicador	Clave de los municipios														Total (ton/año)
	48	51	77	16	56	63	76	74	10	03	61	08	69	66	
PST	6,035.085	464.406	63.755	0.000	5.084	38,799.920	104,942.800	1,475.703	0.000	0.000	466.407	0.000	11,621.632	3.060	163,877.852
SO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	448.428	0.000	448.428
NO _x	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	342.000	1,530.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1,872.000
HC	219.108	0.000	57.384	0.000	0.972	116.640	1.361	1,838,409.500	0.000	0.000	580.073	3.888	304.299	4.223	1,839,697.448
CO	870.000	0.000	0.000	0.000	0.000	228.000	1,020.000	0.000	0.000	0.000	3,969.380	0.000	533.461	26.100	6,646.941
H ₂ S	0.000	0.000	2.260	0.000	0.135	3.492	0.000	0.000	0.000	0.000	2.520	50.130	37.460	0.000	95.997
CS ₂	0.000	0.000	20.790	0.000	1.230	32.010	0.000	0.000	8.250	0.000	23.100	459.525	343.400	0.000	888.305
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.005	0.000	37.005
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	229.430	0.000	229.430
Total	7,124.193	464.406	144.189	0.000	7.421	39,558.062	107,494.161	1,839,885.203	8.250	0.000	5,041.480	513.543	13,519.115	33.383	2,013,793.406

ND = No disponible; Ton = Tonelada; PST = Partículas Suspensas Totales; SO₂ = Dióxido de azufre; NO_x = Óxidos de Nitrógeno; HC = Hidrocarburos; CO = Monóxido de Carbono; H₂S = Ácido sulfhídrico; CS₂ = Disulfuro de Carbono; F = Fluoruros; Pb = Plomo.

generados, Tlaxcoapan emite 41 % del total, Villa de Tezontepec 23.3 %, Tulancingo 14.3 %, Tepeapulco 7 % y el resto se emite en los demás municipios. En lo que respecta a los aportes contaminantes (en ton/año) el sector 39 aporta 51 % del total, el sector 32 aporta 29.5 %, el sector 38 proporciona 13.5 % y el porcentaje restante es emitido por los otros sectores manufactureros. En cuanto a los indicadores, se tiene que los SS contribuyen con 54.3 % del total, la DQO aporta 31.2 %, la DBO₅ aporta 10.8 % y los demás indicadores con el resto. En lo referente a la contaminación emitida por municipio, Tlaxcoapan recibe 53 % del total, Tulancingo 26 %, Tepeapulco 6 %, Santiago Tulantepec 5 % y en los restantes municipios se genera 10 %. Es de notar que en la zona de estudio, el sector industrial emite una cantidad mayor de contaminación en un volumen de efluentes menor que el sector doméstico.

La contaminación de origen industrial genera efluentes de diversas características. Al ser clasificados los efluentes por sectores manufactureros surgen tres problemas principales. En primer término, los que plantean las aguas de desecho del sector de otras industrias

manufactureras (en este caso producción de energía), es decir, altos volúmenes de efluentes con características muy homogéneas provenientes de pocas fuentes bien localizadas en la región de Tula y Tlaxcoapan. En segundo lugar se tiene a los efluentes de la industria textil. Estos se encontraron en altos volúmenes, procedentes de varias fuentes estudiadas en este trabajo. Los municipios en donde se concentra este problema son los de la región de Tulancingo y en la zona de Tepeji del Río. En estas regiones se encuentra una industria textil de importancia. La naturaleza de los efluentes de este sector depende de varios factores, como son el tipo de colorantes que emplean para teñir las telas y el tipo de fibra que se maneja ya sea natural o sintética. De ahí la necesidad de estudios puntuales para determinar con exactitud las propiedades de este tipo de aguas residuales. En seguida se tiene a los efluentes provenientes de la industria metalmeccánica. Para este sector se observan volúmenes no tan altos de efluentes, con características relativamente homogéneas pero con un número mayor de fuentes, principalmente en Pachuca y Tulancingo, que no siempre se encuentran bien identificadas y en su gran mayoría

TABLA XI. EMISIONES AL AIRE DE ORIGEN INDUSTRIAL POR SECTOR MANUFACTURERO

Indicador	Sectores Manufactureros									Total (ton/año)
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
PST	457.515	25.565	0.000	0.000	1,219.310	160,826.453	1,349.009	0.000	0.000	163,877.852
SO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	448.428	0.000	0.000	448.428
NO _x	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1,872.000	0.000	0.000	1,872.000
HC	0.000	0.000	0.000	0.000	1,838,418.752	0.000	0.000	1,278.696	0.000	1,839,697.448
CO	0.000	0.000	0.000	0.000	1.021	1,248.000	5,397.920	0.000	0.000	6,646.941
H ₂ S	0.000	0.000	0.000	0.000	95.997	0.000	0.000	0.000	0.000	95.997
CS ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	888.305	0.000	0.000	0.000	0.000	888.305
F	0.000	0.000	0.000	0.000	1.005	36.000	0.000	0.000	0.000	37.005
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	229.430	0.000	0.000	229.430
Total	457.515	25.565	0.000	0.000	1,840,624.390	163,982.453	7,424.787	1,278.696	0.000	2,013,793.406

Con el mismo pie de la **tabla X**

TABLA XII. RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES GENERADOS

Clave del municipio	No. de habitantes	Cantidad generada de RSU (ton/año)
48	220,448	55,122.00
51	28,548	7,137.00
77	110,140	27,535.00
16	43,906	10,976.50
56	22,738	5,684.50
63	61,950	15,487.50
76	82,333	20,583.25
74	21,159	5,289.75
10	19,794	4,948.50
3	44,223	11,055.75
61	48,241	12,060.25
8	37,170	9,292.50
69	39,357	9,839.25
66	8,817	2,204.25
Total	788,824	197,216.00

RSU = Residuos Sólidos Urbanos

se hallan fuera de las zonas industriales. Estos efluentes se descargan, en su mayoría, a la red de drenaje municipal sin ningún control, lo que genera problemas en la composición de las aguas residuales urbanas. En lo referente a los parámetros encontrados, la gran cantidad de SS se podría reducir por métodos físicos. Los demás parámetros sirven como referencia de los principales problemas de contaminación de estos efluentes, pero se tendrían que realizar una serie de estudios en cada fuente localizada para proponer un tren de tratamiento adecuado.

Con respecto a los efluentes domésticos, existe una relación directa entre el número de habitantes con servicio de alcantarillado y la cantidad de efluentes emitidos que se consideran en este trabajo. De esta manera, se observa que Pachuca contribuye con 29.4 % del total, Tulancingo con 13.3 %, Tula de Allende con 7.6, Tepeapulco con 6.1 %, Tepeji del Río con 5.8 % y los restantes municipios contribuyen con 37.7 %. En la zona de estudio ningún municipio cuenta con el servicio de alcantarillado para la totalidad de su población, por lo que se requieren estudios que investiguen el destino de los efluentes que no se recolectan de forma apropiada. Un problema importante lo constituye el hecho de que no existe, a nivel municipal, una red de plantas de tratamiento de aguas residuales, tampoco una red de drenaje separativa ni una cultura por parte de la población sobre la necesidad de descontaminar el agua utilizada. Por lo tanto, se estima que las cantidades de contaminantes determinadas por este estudio se descargan sin ningún tratamiento en los cuerpos hidráulicos receptores. Esta situación es preocupante debido a que los recursos hídricos en el estado son impactados de forma negativa, disminuyendo su calidad para usos como suministro de agua potable, riego agrícola o piscicultura. Desde el punto de vista de la magnitud, los indicadores muestran para

efluentes domésticos que la DQO contribuyó con 50.3 % del total, los SS con 22.9 % y la DBO₅ con 22.5 %, en tanto que el N y el P aportaron 4.2 %. Tomando la relación entre la DQO y la DBO₅, se considera que estos efluentes presentan características que los hacen susceptibles para ser tratados mediante la biodegradación de la materia orgánica disuelta. Los SS se podrían reducir mediante métodos de naturaleza física. En lo que respecta a N y P, se debe determinar el grado de eutrofización de los cuerpos receptores de los efluentes. En lo que respecta a los indicadores utilizados, se puede concluir que los resultados que arrojan, son útiles para tener una visión de la magnitud de la contaminación de los efluentes industriales y domésticos. Para inferir la importancia intrínseca a cada indicador, se deben comparar los datos obtenidos en esta investigación con análisis puntuales en los cuerpos de agua que reciben el caudal de efluentes.

Las emisiones al aire provenientes de fuentes estacionarias se originan en el municipio de Tlaxcoapan en 99.97 % y en el municipio de Tula el resto. El indicador de contaminación que más contribuye en este caso es el de NO_x con 94.6 % del total, el CO lo hace con 2.7 %, las PST con 2.4 % y el resto es de HC y SO₂. En la región de Tula de Allende las fuentes estacionarias emiten grandes cantidades de contaminación, principalmente precursores de lluvia ácida. La contaminación de este tipo de fuentes afecta a toda la región y no sólo a los municipios en donde se emite. Debido a que la población que resulta afectada es considerable, los efectos adversos al ambiente y a la salud pública se consideran graves. Se debe sumar el factor de que no existe en la región una serie de estaciones de monitoreo de la calidad del aire. La realización de estudios específicos para este tipo de fuentes, que convalide los resultados obtenidos en este trabajo, es imprescindible para tomar decisiones que corrijan y minimicen el impacto negativo de estas emisiones contaminantes.

Los municipios que más aportaron emisiones al aire de origen móvil, por automotores impulsados a gasolina, fueron: Pachuca con 35.4 % del total, Tulancingo con 15.3%, Tula con 9.3 %, Tizayuca con 8.4 %, Actopan con 8 % y los restantes municipios con 23.4%. El indicador que más contribuyó fue el CO con 93.2 % del total, los HC con 3.6, los NO_x con 2.5 y los restantes indicadores con 0.6 %. Con respecto a los automotores impulsados por diesel, el municipio de Tulancingo aporta 20 % del total, Atitalaquia 13.3 %, Tizayuca 13.3, Pachuca 10.3, Mineral de la Reforma 9.6 % y el resto 33.4 %. Por tipo de contaminante, el que más contribuye es el CO con 73.1 % del total, los NO_x con 18.5 % y el resto con 8.4 %. Los niveles de contaminación son mayores en los municipios en donde circula un mayor número de automotores. Para los que consumen gasolina, el número se incrementa de acuerdo con la cantidad de población. Para aquellos que consumen diesel, el número se

umenta de acuerdo con las actividades económicas propias de cada municipio. En ambos casos, el indicador más relevante en cuanto a su magnitud es el CO. Otros estudios complementarios serían adecuados en este caso, ya que con la magnitud de las emisiones de otro tipo de fuentes, las emisiones contaminantes de fuentes móviles no son la principal prioridad en la zona de estudio.

Las emisiones al aire de tipo industrial por municipio son: Tlaxcoapan con 91.3 % del total, Tula con 5.3 %, Tepeji del Río con 1.9 % y el resto con 1.3 %. En cuanto a los parámetros contaminantes, los HC aportan 91.3 % del total, las PST 8.1 % y el resto 0.5 %. Por sectores manufactureros, el de agentes químicos, petróleo, carbón, caucho y productos plásticos aporta 91.4 % del total, el de productos minerales no metálicos 8.1 % y el resto 0.4 %. La presencia en la región de Tula de la industria química y petroquímica es muy importante, lo anterior se refleja en el hecho de que alrededor de 90 % de las emisiones provengan de este sector y que la técnica ERFCA considere que los HC sean el principal parámetro de contaminación. En la región destaca en menor medida la industria de elaboración de cemento, que emite cantidades importantes de contaminación expresada como PST. El número de fuentes identificadas es muy reducido, pero sus aportaciones contaminantes son de gran magnitud y representan un impacto negativo muy significativo en la zona de Tula y sus municipios aledaños. La realización de estudios sobre esta problemática es inaplazable debido a la importancia que tiene sobre el ambiente y la salud pública de la región impactada.

Respecto de los residuos sólidos urbanos (RSU), el municipio de Pachuca aporta 28 % del total, Tulancingo el 14 %, Tula 10.4 %, Tepeji del Río 7.9 %, Tepeapulco 6.1 % y el resto 33.7 %. Se observa que a mayor número de habitantes por municipio, existe una mayor generación de RSU. Por otra parte, se conoce que en el estado de Hidalgo no existe una infraestructura adecuada para el tratamiento integral de este tipo de desechos (Ángeles-Castillo 2001). Aunado a lo anterior, se observó que en la zona de estudio los patrones de consumo de bienes y servicios por parte de la población, no corresponden al estrato económico de la región. La realidad muestra a uno de los estados más pobres del país. Este fenómeno, lo explica Albert (2001) mediante un cambio en los patrones culturales de la población, como es el caso del consumismo. De aquí se puede inferir que a corto y mediano plazos, el problema de los RSU en Hidalgo, tendrá carácter prioritario. Efectuar investigaciones que culminen en una política estatal para el manejo integral de estos desechos es de gran importancia. Se deberá incluir la construcción de una infraestructura eficiente, campañas de concientización a la población y una legislación al respecto.

Por otra parte, este trabajo arroja como resultado una base de datos de naturaleza tanto cualitativa como

cuantitativa que permite la evaluación preliminar de fuentes y cantidades de contaminación. Identifica áreas prioritarias para el control y la prevención de la contaminación, la selección de sitios de muestreo así como la frecuencias de medición de emisiones y la posible evaluación de los riesgos ambientales. Se destaca que la base de datos generada no existía para la zona de estudio, si bien la técnica ERFCA ya había sido aplicada con anterioridad en dos municipios del estado (San Agustín y García 1994). Al comparar los resultados de ambos estudios, se corrobora que los inventarios de emisiones contaminantes son cambiantes tanto en espacio como en tiempo y son dependientes de una serie de variantes socioeconómicas, por lo que se hace necesario realizar este tipo de estudios a intervalos regulares.

Es de mención que la base de datos generada se observa desde una perspectiva química y puede ser enriquecida con nuevos estudios que incorporen la visión de otras ramas del conocimiento. Sería ideal que además cuenten con apoyo gubernamental y que se inserten dentro de mayores proyectos para tener una visión más general del problema de la contaminación en Hidalgo. Estos nuevos estudios pueden apoyarse en los datos ya existentes, utilizando la técnica ERFCA u otros modelos, de manera que convaliden los resultados obtenidos en el presente estudio. En los casos en los cuales este trabajo ha detectado mayores problemas, es necesario realizar análisis más detallados, con más recursos tanto materiales como humanos. Lo anterior adquirirá matices propios para la problemática acerca del agua, del suelo y del aire en la zona de estudio. Esto permitirá generar mayor información al respecto, pero para que ésta sea del dominio público y esté disponible a las personas interesadas en el tema, se necesita darle la mayor difusión posible. Lo anterior se aplica tanto a la presente base de datos como a futuros productos de investigación. Se debe difundir entre los diversos sectores de la sociedad en foros apropiados y en medios escritos o electrónicos, tales como revistas especializadas. De esta manera los resultados generados tendrán mayor posibilidad de un impacto real en la toma de decisiones por parte de aquellos sectores encargados de guiar las acciones en beneficio del ambiente.

La investigación presenta una imagen del estado ambiental de la zona de estudio producto de un modelo de análisis que arroja una gran certeza en sus resultados aún con las posibles faltas propias de un estudio de esta naturaleza. Esto permite fijar directrices para la asignación de recursos y la formulación de programas eficaces de política ambiental dirigidos por el conocimiento de causa de la problemática. Este es resultado de un trabajo de investigación perceptible y perfectible que además contribuye a concientizar a la población afectada, pues permite conocer la magnitud de las cuestiones ambientales a las que se enfrentan como sociedad. Como consecuencia,

la problemática de las emisiones contaminantes, que se supone vaya en aumento a causa del desarrollo económico, no debería permanecer ignorada. Esta es una razón para lograr que el reto ambiental no rebase la capacidad de respuesta de la sociedad. Al generar conocimiento útil para la resolución de los problemas ambientales la universidad justifica su lugar en la sociedad al tiempo que se constituye en su portavoz. Por último, se espera que los resultados de esta investigación aporten elementos que coadyuven en la consecución de un modelo de desarrollo sostenible en el estado de Hidalgo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las personas e instituciones que hicieron posible llevar a cabo el presente estudio de investigación. Al Dr. Alejandro Álvarez Hernández por su apoyo en la revisión del presente documento.

REFERENCIAS

- Albert L.A. (2001). *Curso Básico de Toxicología Ambiental*. LIMUSA. México D.F., 311 p.
- Ángeles-Castillo Y. (2001). Manejo de residuos sólidos en el estado de Hidalgo. En: *Memorias del taller evaluación y gestión ambiental*. (F. Rodríguez-Gómez y L. R. Galván-Parra, Coordinadores). Consejo Estatal de Ecología- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hgo., pp. 43-54.
- CANACINTRA (1997). Cámara Nacional de la Industria de la Transformación-Hidalgo. Delegaciones Pachuca y Tulancingo. Directorio de Empresas Afiliadas. Pachuca, Hgo.
- COPARMEX (1997). Confederación Patronal de la República Mexicana-Hidalgo. Delegaciones Pachuca y Tulancingo. Directorio de Empresas Afiliadas. Pachuca, Hgo.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1995a). *Imágenes Económicas. Censos Económicos*. Ags. Ags. México, 93 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1995b). *Ley de Información Estadística y Geográfica*. Ags. Ags. México, 40 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1997). *División Territorial del Estado de Hidalgo de 1810 a 1995*. Ags. Ags. México, 201 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1999). *Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo*. Ags. Ags. México, 676 p.
- PEMEX (Petróleos Mexicanos) (1999a). Jefatura del Área Comercial de la Estación Pachuca. Pachuca, Hgo.
- PEMEX (Petróleos Mexicanos) (1999b). Jefatura del Área Comercial de la Estación Tula. Tula, Hgo.
- PND (Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006) (2001). Presidencia de la República. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. 157 p.
- San Agustín L. y García M. (1994). Impacto ambiental. Evaluación de la contaminación ambiental en los municipios de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma en tres diferentes planos: agua, aire y suelo. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 104 p.
- Schimmel C. y Griffen D. (1976). *Treatment and disposal of complex industrial wastes*. USEPA (EPA-600/2-76-123). Washington, D.C.
- Sitting M. (1975). *Environmental sources and emission handbook*. Noyes Data Corporation. Park Ridge, NJ.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1973). *Guide for Compiling a Comprehensive Emission Inventory*. Washington, D.C.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1977). *State decision-makers guide for hazardous waste management*. (SW612). Washington, D.C.
- Weitzenfeld H. Ed. (1989). *Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo)*. ECOSEDUE. Traducción de WHO Offset Publication No. 62/1982. Metepec, Edo. de México.
- WHO (World Health Organization) (1971). *Solid waste disposal and control*. Technical report series No. 484.
- WHO (World Health Organization) (1977). *Toxic and hazardous waste*. Regional Office Europe (Rept. ICP/CEP 402). Copenhagen.
- WHO (World Health Organization) (1982). *Rapid assessment of sources of air, water and land pollution*. Geneva.
- WHO (World Health Organization) (1983). *Compendium of environmental guidelines and standards for industrial discharges*. Geneva.