

ESTIMACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS: EL CASO DE LA ZONA PONIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Sergio FRANCO MAASS

Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, Toluca Centro, 50000, Estado de México, México. Correo electrónico: serfm@uaemex.mx

(Recibido noviembre 2003, aceptado agosto 2004)

Palabras clave: residuos industriales peligrosos, generación de residuos, subsectores de actividad económica

RESUMEN

Se desconoce la cantidad exacta de residuos industriales peligrosos (RIP) que se generan anualmente en México. Por ello se recurre a procedimientos de estimación cuya validez depende, en buena medida, de la disponibilidad de información apropiada y precisa. Este trabajo describe un procedimiento para la estimación de los residuos industriales peligrosos que se generan en la zona poniente del Estado de México. A partir de información ambiental oficial se obtuvo un índice de generación de residuos que, con base en datos censales, permitió calcular los RIP que anualmente se generan en los 65 municipios de la región. El desarrollo de dicha metodología permitió identificar a la zona industrial Toluca-Lerma como la principal generadora de RIP, en particular en los subsectores 35 y 38.

Key words: industrial dangerous wastes, waste generation, subsectors of economical activities

ABSTRACT

The exact amount of industrial dangerous wastes (IDW) produced every year in México is unknown. The estimation procedures frequently applied depend on the availability of appropriate and accurate information. This work describes a specific procedure to estimate the IDW generated in the Western Region of the State of México. From official environmental data a generation index is calculated for the different subsectors of economical activities in the region. With the application of the index to census data it was possible to estimate the amount of IDW generated in the 65 municipalities of the region. The application of such methodology allowed the identification of the industrial zone Toluca-Lerma as the main producer of IDW, specially in the subsector of chemical and car production.

INTRODUCCIÓN

A pesar de la innegable relevancia de los problemas ambientales de México, no se cuenta con registros oficiales, sistemáticos y exhaustivos que permitan analizar detalladamente el problema de la generación de residuos industriales peligrosos (RIP). Ante esta si-

tuación, funcionarios y especialistas en el tema se ven en la necesidad de aplicar procedimientos que, en términos muy generales, permiten la estimación de la cantidad y del tipo de residuos generados por las diversas actividades manufactureras.

La Agencia del Medio Ambiente de Estados Unidos de América (EPA 1980), desarrolló una metodo-

logía para estimar la producción de residuos peligrosos a partir de considerar información concerniente a una fecha base de referencia. El modelo matemático planteado es:

$$HGW = \frac{BASE}{CR} * (1 + GR)^n \quad (1)$$

En donde: *HGW* es el total de residuos por subsector de actividad de acuerdo con el *Standard Industrial Code (SIC)*, *BASE* el total de residuos producidos en el año de referencia, *CR* el radio de cobertura, *GR* la tasa de generación anual de residuos, estimada a partir de una planta modelo por tipo de empresa y *n* el total de años entre la fecha base y la fecha de cálculo

A pesar de lo desarrollado del modelo, su aplicación no resulta sencilla, sobre todo por la dificultad para definir la cantidad *BASE* y el radio de cobertura. En este contexto se han planteado procedimientos alternos que consideran la producción industrial. La metodología general consiste en determinar la cantidad de producto generado por cada división de actividad manufacturera y multiplicarlo por un índice de descarga. Así, por ejemplo, se establece que por cada tonelada de ácido sulfúrico que se produce, se originan 1.62 m³/unidad de residuos sólidos (ECO-SEDUE 1984). La aplicación de este procedimiento es compleja y requiere de información detallada sobre las características y el volumen de la producción industrial.

Dado que los datos estadísticos disponibles en México no permiten caracterizar las actividades industriales en términos de materias primas utilizadas, procesos de producción, sistemas de control de contaminación, niveles de productividad, etc., la tendencia generalizada en los organismos oficiales mexicanos ha sido la de aplicar modelos de estimación más generales y, por consiguiente, menos precisos.

La Dirección del Medio Ambiente de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) desarrolló, hacia 1985, una metodología de estimación de residuos peligrosos para los países no miembros, tomando en consideración el volumen de producción industrial en millones de dólares. Así, se establece un valor estimado de 2,000 Tm de residuos por cada billón de dólares de Producto Interno Bruto (PIB). Este método resulta muy general y ciertamente de aplicación limitada a nivel regional.

De Koning *et al.* (1994), hacen referencia al procedimiento de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para estimar la generación de residuos en países latinoamericanos. Dicha metodología es una adaptación del modelo INVENT, creado para estimar el volumen de producción de residuos a partir de datos sobre el número de empleados por estable-

cimiento industrial en Italia. De esta manera se realizaron estudios en Perú y Brasil para generar índices de producción por empleado y sector de actividad, más acordes con las características industriales de la región.

Un método similar al propuesto por la OPS y que cuenta con un antecedente de aplicación en el Estado de México, una de las entidades más industrializadas de la república mexicana, es el desarrollado en 1991 por la empresa Le Consortium SM - Dynamis Envirotech Inc. (SM-DE), por encargo del gobierno estatal (SM-DE 1991). Esta empresa aplicó una metodología general de estimación para los establecimientos industriales localizados en dos importantes corredores industriales (Toluca-Lerma y Ocoyoacac-Tianguistenco), considerando la cantidad de establecimientos por rama de actividad y el número de empleados por establecimiento. Para ello se aplicaron los índices de generación de residuos por código SIC (Standard Industrial Code) del Ministerio del Medio Ambiente (MOE) de la provincia de Ontario, Canadá. Los principales pasos metodológicos propuestos por la empresa SM-DE son:

1. Clasificación de los diversos establecimientos industriales de acuerdo con la Clasificación Mexicana de Actividades Económicas y Productos (CMAP), que se aplica en forma oficial a nivel federal.
2. Establecimiento de una relación entre la clasificación CMAP y los códigos SIC utilizados por el Ministerio del Ambiente de la provincia de Ontario (MOE), Canadá.
3. Obtención del número de empleados y del volumen de residuos generados en el año de 1989, por rama de actividad, en la provincia de Ontario. El estudio fue realizado con base en información de esa fecha para hacerlo compatible con la información disponible de los corredores industriales del Estado de México.
4. Obtención del índice de generación de residuos (en toneladas métricas por empleado por año), para los diversos códigos SIC en la provincia de Ontario, Canadá (**Tabla I**). Dada la falta de información sobre las características de la actividad industrial en México, lo que impedía elaborar un índice propio de generación de residuos, se optó por aplicar el índice derivado de la información de Ontario, Canadá.

La aplicación de la metodología SM-DE al caso del Estado de México, enfrentó serias limitaciones:

- a. Las diferencias entre los códigos CMAP y los códigos SIC, impidieron su exacta comparación y ello condujo a errores importantes.
- b. Existían diferencias significativas entre los procesos productivos utilizados en los dos países para

TABLA I. ÍNDICE DE GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA CADA CÓDIGO SIC CON BASE EN LOS DATOS DEL MOE

Código SIC	Índice MOE (Tm/emp/año)	Código SIC	Índice MOE (Tm/emp/año)
15	0.038	28	0.064
16	0.052	29	3.073
17	0.470	30	0.445
18	0.061	32	1.221
19	0.060	33	0.096
25	0.015	35	0.767
26	0.116	36	1.159
27	0.456	37	2.568

Fuente: Le Consortium SM-Dynamis Envirotech (1991): *Estudio de prefactibilidad de la gestión de los residuos peligrosos en los corredores industriales Toluca-Lerma y Ocoyoacac-Tianguistenco*, Gobierno del Estado de México, Toluca.

subsectores industriales similares. Esto dependía, en buena medida, del grado de desarrollo en el manejo de nuevas tecnologías y repercutía en el rendimiento del uso de materias primas y en la utilización energética.

- c. Había variaciones de productividad entre los trabajadores de Ontario y los del Estado de México, tanto a nivel global como para cada uno de los sectores.
- d. Las características intrínsecas de la industria de cada país y la disponibilidad de infraestructuras anticontaminantes incidían en el monto y tipo de residuos generados.
- e. Los posibles errores de validación de la información por problemas de obtención y captura de los datos. Debido a la falta de información oficial, la empresa SM-DE manejó datos de número de empresas y personal ocupado, estimados a partir de valores promedio por tamaño de empresa.

En 1999 el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) publicó las Estadísticas del Medio Ambiente (INEGI-SEMARNAP 2000). En dicho documento se establece que, para el año de referencia, la generación de residuos industriales en México sumaba 3'183,250 toneladas. Dicha información se derivó del análisis de los manifiestos correspondientes de unas 12,500 empresas. Esta cifra, sin embargo no tomaba en cuenta al casi 90 % de pequeñas y medianas empresas que no habían presentado el manifiesto correspondiente.

El problema de estimar la cantidad de residuos industriales peligrosos que se generan en una región determinada radica, fundamentalmente, en la carencia de información detallada sobre la actividad industrial. Ante esta situación, se planteó una metodo-

logía que utiliza índices de generación de residuos por empleado. Sin embargo, tomando en consideración los problemas detectados en experiencias anteriores, se optó por calcular dichos índices a partir de los datos disponibles en México. Así, como una primera experiencia de aplicación de la metodología propuesta, se estimó la generación de residuos industriales peligrosos en la Zona Poniente del Estado de México (ZPEM).

La zona poniente del Estado de México (ZPEM) comprende 65 municipios de esta entidad (**Fig. 1**). La región se localiza al oeste de la Ciudad de México, forma parte de la porción central de la República Mexicana, entre los 18°23' y 20°16' de latitud norte y los 99°15' y 100°35' de longitud oeste. La zona presenta una superficie aproximada de 18,868.4 km², lo que equivale al 83.85 % de la superficie estatal total (22,499.95 km²).

Desde el punto de vista de la actividad industrial, la ZPEM se caracteriza por la presencia de industrias grandes y modernas que han logrado implementar nuevas tecnologías. La situación actual de la actividad industrial regional se observa en la **figura 2**.

Es evidente la presencia de dos importantes corredores industriales: Toluca-Lerma y Atlacomulco-Jocotitlán. Además de la concentración de las actividades manufactureras, es posible observar una cierta tendencia a la especialización de las actividades por subsector. La industria automotriz y la industria química tienden a concentrarse en los municipios de Toluca y Lerma. La industria del cuero prevalece en los municipios de Toluca y San Mateo Atenco. El subsector de productos minerales no metálicos, por su parte, predomina en los municipios de Metepec (importante productor de residuos por la alfarería y la fabricación de ladrillo) y Zinacantepec y Calimaya (con una alta producción de materiales de construcción). La industria de alimentos y bebidas tiene una mayor distribución en la región. Esto se debe fundamentalmente al tipo de empresas que componen el subsector de alimentos y que incluye, desde las pequeñas empresas o microempresas dedicadas a la preparación y suministro de alimentos para la población (molinos, tortillerías, panaderías, etc.) hasta las grandes empresas productoras de alimentos procesados para su distribución nacional e internacional.

En cuanto a la población ocupada, ésta tiende a concentrarse en Toluca, Metepec, Lerma, San Mateo Atenco, Ocoyoacac y Tianguistenco, que son municipios donde se localizan las industrias transnacionales y nacionales más grandes y con mayor tecnología (**Fig. 3**). En este rubro destaca el municipio de Jocotitlán, que cuenta con una elevada proporción de trabajadores por establecimiento manufacturero.

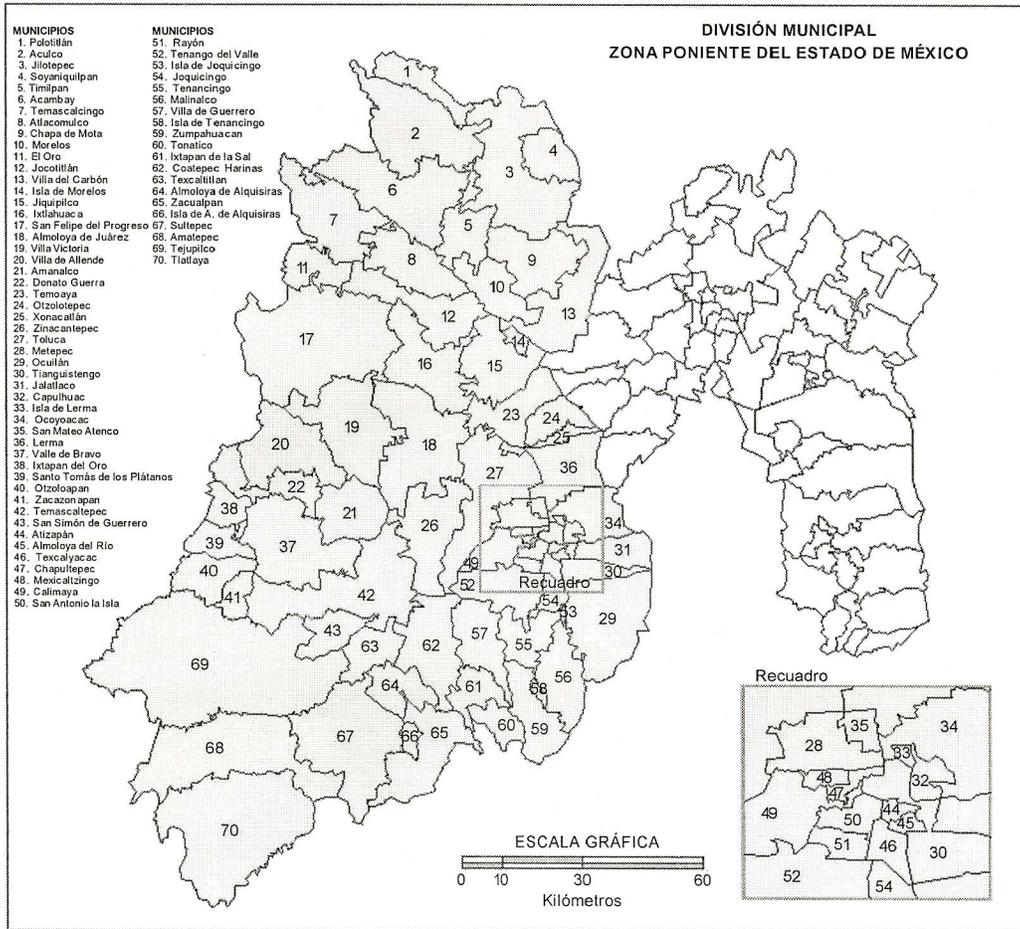


Fig. 1. Municipios que comprende la zona poniente del Estado de México

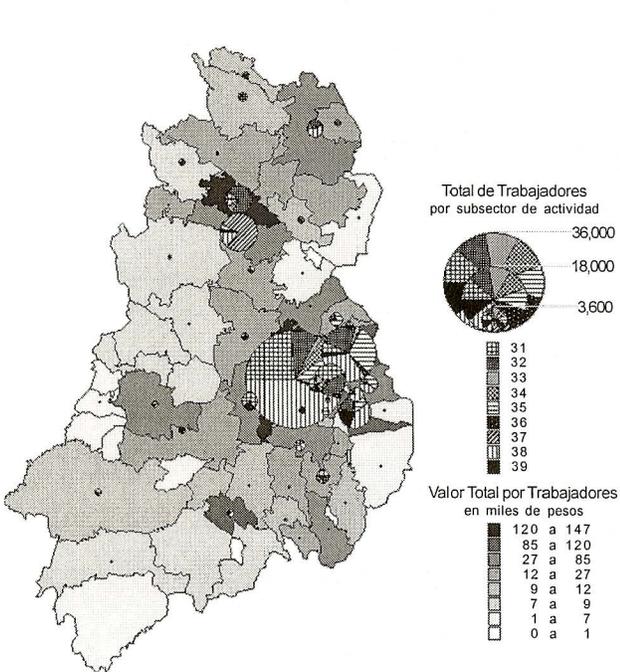


Fig. 2. Total de trabajadores y valor agregado por subsector de actividad

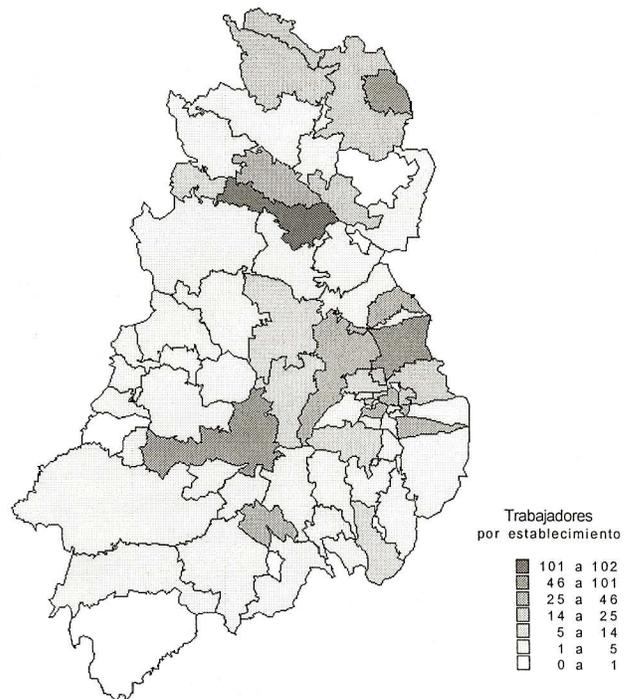


Fig. 3. Total de trabajadores por establecimiento manufacturero

METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN

Desarrollar una metodología para estimar los residuos industriales peligrosos generados en la zona poniente del Estado de México implicó considerar cuatro etapas importantes: la consulta de información bibliográfica para caracterizar la actividad industrial y los residuos industriales en México; la definición de fuentes de información y la adquisición de datos; la obtención de un índice de generación de residuos peligrosos por rama de actividad industrial y el cálculo de residuos generados por municipio y subsector de actividad.

Consulta bibliográfica

La caracterización de los residuos industriales peligrosos en México y la consecuente definición de fuentes apropiadas de información requirió, primeramente, de un detallado análisis de algunas fuentes documentales, entre las que destacan:

- Le Consortium SM – Dynamis Envirotech (SM-DE 1991): estudio de prefactibilidad de la gestión de los residuos peligrosos en los corredores industriales Toluca-Lerma y Ocoyoacac-Tianguistenco, Tomos I, II, y III, Gobierno del Edo. de México, Toluca, México.
- La Norma Oficial Mexicana: NOM-052-ECOL-1993 (SG 1993), que establece las características de los residuos industriales peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente (publicada en el Diario Oficial de la Federación del 22 de octubre de 1993).
- La Clasificación Mexicana de Actividades Productivas (CMAP) (INEGI 1988). Con ello fue posible conocer, analizar y clasificar a las industrias por ramas productivas dependiendo de su giro de actividad.

Obtención de información

Una vez definidas las principales características a considerar en la estimación de los residuos peligrosos, se procedió a la búsqueda de la información necesaria:

1. *La generación de residuos por establecimiento industrial.* A partir del análisis de la información proporcionada por la Subdelegación del Medio Ambiente del Estado de México, dependiente de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en el Estado de México (PROFEPA).
2. *El personal ocupado por establecimiento industrial.* Mediante la consulta del Padrón Empresarial del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) de la Secretaría de Comercio y Fo-

mento Industrial (SECOFI).

3. *El número de establecimientos, el personal ocupado y el valor agregado por municipio y subsector de actividad.* A partir del Censo Económico de México de 1994 (INEGI 1994).

Base de datos sobre la generación de residuos industriales en la ZPEM

La Subdelegación del Medio Ambiente del Estado de México contaba con un concentrado de información sobre los establecimientos industriales que presentaron, entre 1996 y 1998, reportes semestrales y manifiestos anuales de generación de residuos peligrosos. La PROFEPA en el Estado de México, por su parte, contaba con reportes de residuos industriales correspondientes a 619 empresas ubicadas en el territorio estatal. A partir de esta información fue posible construir una base de datos con la siguiente información: No. de empresa; municipio; Clave CMAP; Tipo de residuo; Código INE; Clave CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico infeccioso); Cantidad; Unidad; Ruta.

Cabe destacar que la elaboración de la base de datos enfrentó importantes problemas, entre los que destacan:

1. La información proporcionada por la Subdelegación del Medio Ambiente del Estado de México comprendía datos derivados de reportes semestrales de residuos peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento y de manifiestos anuales para empresas generadoras de residuos peligrosos. Evidentemente, la información proporcionada por la SEMARNAP mostraba serias inconsistencias, estaba referida a diversos años y no fue obtenida de forma sistemática, por ello resultaba muy difícil de validar.
2. La información proporcionada por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en el Estado de México, estaba referida a los reportes de las visitas de campo que realizaron los inspectores. Dicha información contenía datos sobre los residuos industriales peligrosos que generan 619 empresas ubicadas en la entidad.
3. La información reportada por ambas instituciones era incompleta y presentaba importantes lagunas. En muchos casos no se mencionaba la clave CMAP del establecimiento o el código CRETIB de los residuos generados y, frecuentemente se omitía la información sobre la forma en que las empresas gestionan sus residuos.
4. Existían importantes discrepancias en las cantidades de residuos manifestadas por ambas instituciones para los mismos establecimientos industriales y, en algunos casos, se manejaban unidades de medida diferentes para el mismo tipo de residuo.

Evidentemente, conformar una base de datos homogénea y consistente, resultó una tarea compleja que implicó un cuidadoso análisis y sucesivas depuraciones. Dentro de las cuales destacan:

- a. Eliminación de los datos correspondientes a los establecimientos industriales localizados en la entidad pero fuera de la zona de estudio y de aquellos registros incompletos, carentes de información fundamental, como la cantidad de residuos generada o el nombre del establecimiento. Estas depuraciones implicaron reducir la base de datos a menos de la mitad de los registros originales.
- b. Complemento de la base de datos con la información faltante. Para ello fue necesario determinar el código SEMARNAP, el código CRETIB y la clave CMAP.

Para el caso específico del código CMAP, dado que el INEGI no proporciona información por establecimiento productivo, su determinación requirió un largo proceso de investigación con diversas consultas, entre las que destacan:

- identificar los residuos generados por la empresa sin el código CMAP y establecer una comparación con los residuos generados por otras empresas con código CMAP conocido
- consultar a los especialistas de la SEMARNAP para determinar los códigos faltantes
- consultar el directorio industrial del Estado de México del FIDEPAR
- consultar el Padrón Empresarial del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI)

Es importante destacar que la conformación de la base de datos sobre la generación de residuos peligrosos en la ZPEM enfrentó serias complicaciones derivadas de la forma en que los organismos oficiales recaban la información. En efecto, los reportes que presentaban los establecimientos industriales no consideraban las claves y características de los residuos peligrosos, establecidas en la norma NOM-052-ECOL-1993. Muchos de los códigos SEMARNAP y de las claves CRETIB, no concordaban con los establecidos en la norma para ese tipo de residuo. Un aspecto a corroborar es si esta situación denota falta de cuidado por parte de la SEMARNAP o falta de responsabilidad por parte de los empresarios quienes, a la hora de clasificar sus residuos, lo hacen con fines meramente administrativos. Dentro de las principales inconsistencias detectadas en los reportes, se encontró el manejo de las unidades de medida. Así, los empresarios declaran la producción de residuos en m³ ó litros, en kg, toneladas o piezas. Esto, evidentemente, dificultaba seriamente la comparación e implicaba aplicar algún procedimiento de conversión como el

utilizado por INEGI-SEMARNAP (2000). Pese a la evidente ventaja de contar con una unidad básica de medida, esto no resultaba sencillo de lograr dada la escasa información disponible.

Base de datos sobre el personal ocupado por establecimiento industrial

Para obtener el número de empleados por empresa se recurrió a la búsqueda de la información en diversas instancias como el INEGI, el Instituto Mexicano del Seguro Social delegación Estado de México y la Dirección General de Industria, Minas y Promoción Externa del Gobierno del Estado de México. Sin embargo, a pesar de que el dato sobre el número de empleados aparentemente carece de mayor relevancia, los organismos oficiales tienden a manejarlo con carácter “confidencial”. Un aspecto a indagar es si esta práctica, evidentemente antidemocrática, ha venido operando como mecanismo para ocultar la ineficiencia gubernamental o como mecanismo de protección a los empresarios. Finalmente, para obtener esta información, fue posible acceder libremente, vía Internet, al Sistema de Información Empresarial (SIEM) de la SECOFI. En dicha fuente se obtuvo el número de empleados para 170 de las 342 empresas, es decir casi el 50% de la base de datos previamente elaborada.

Base de datos sobre el personal ocupado por municipio y rama de actividad

De manera simultánea, se elaboró la base de datos sobre la actividad manufacturera de los 65 municipios que conforman la zona de estudio. Para obtener dicha información se recurrió al Censo Económico de México de 1994 (INEGI 1994). La base de datos contenía:

- Total de establecimientos a nivel municipal, por subsector y por rama productiva.
- Total de trabajadores a nivel municipal, por subsector y por rama productiva.
- Total del valor agregado a nivel municipal, por subsector y por rama productiva.

Cálculo del Índice de Generación de Residuos Peligrosos (IGRP)

Contando con las bases de datos referentes a la cantidad y tipo de residuos industriales y al número de empleados por establecimiento, fue posible calcular el IGRP por giro industrial. Para ello se agruparon los establecimientos manufactureros por rama de actividad, se sumaron las cantidades de residuos generadas en piezas, m³ y toneladas y se dividieron entre el número de empleados del conjunto de establecimientos considerados en dicha rama. La **tabla II** muestra los índices por unidad de medida y rama de actividad.

TABLA II. ÍNDICE DE GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS (IGRP) POR RAMA DE ACTIVIDAD

Rama de actividad CMAP	Código CMAP	Piezas x empleado	m ³ x empleado	Toneladas x empleado
Elaboración de productos lácteos	3112	0.0000	0.0031	0.0008
Elaboración de conservas alimenticias	3113	0.0000	0.0001	0.0000
Molienda de cereales	3114	0.0000	0.0020	0.0004
Fabricación de productos de panadería	3115	0.0000	0.0011	0.0043
Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de confitería	3119	0.0248	0.0063	0.0078
Elaboración de otros productos para el consumo humano	3121	0.0000	0.0051	0.0054
Elaboración de alimentos preparados para animales	3122	0.0000	0.0020	0.0006
Industria de la bebida	3130	0.0000	0.0221	0.0021
Hilado, tejido y acabado de fibras blandas	3212	0.0000	0.0051	0.2363
Confección de materiales textiles	3213	0.0000	0.0374	0.0126
Elaboración de tejidos de punto	3214	0.0000	0.0011	0.0003
Confección de prendas de vestir	3220	0.0478	0.0059	0.0069
Industria del cuero, pieles y sus productos	3230	0.1650	0.0000	0.0006
Industria del calzado	3240	0.0000	0.0094	0.2309
Fabricación y reparación de muebles no metálicos	3320	0.1377	0.0001	0.0033
Manufactura de celulosa, papel y sus productos	3410	7.6968	0.0122	0.0364
Fabricación de sustancias químicas básicas	3512	0.0122	0.5944	0.1271
Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas	3513	0.0000	0.0000	5.5550
Industria farmacéutica	3521	0.0000	0.0025	0.0063
Fabricación de otras sustancias químicas	3522	1.0559	0.0664	2.2706
Industria del coque y otros derivados del carbón mineral y el petróleo	3540	0.0000	0.0413	0.3480
Industria del hule	3550	0.0000	0.0068	0.0225
Elaboración de productos de plástico	3560	0.5086	0.0467	0.0324
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	3620	0.0000	0.0117	0.0185
Fabricación de cemento, cal, yeso y otros productos minerales no metálicos	3691	0.0000	0.0255	0.0040
Industria básica del hierro y el acero	3710	17.4193	0.0488	0.1759
Industrias básicas de metales no ferrosos	3720	0.0000	0.0189	0.0177
Fundición y moldeo de piezas metálicas ferrosas y no ferrosas	3811	0.0000	0.0043	0.0317
Fabricación de otros productos metálicos terminados	3814	4.8159	0.0464	0.1427
Fabricación y reparación de maquinaria y equipo para fines específicos, con o sin motor eléctrico	3821	0.2628	0.0171	0.0213
Fabricación y reparación de maquinaria y equipo para usos generales, con o sin motor eléctrico	3822	2.2554	0.0079	0.2992
Fabricación de maquinaria y equipo, accesorios y suministros eléctricos	3831	0.0000	0.0140	0.1725
Industria de aparatos y accesorios de uso doméstico	3833	0.0000	0.0000	0.0160
Industria automotriz	3841	0.2420	0.0214	0.1807
Manufactura de instrumentos y equipo de precisión	3850	0.0000	0.0247	0.0086
Otras industrias manufactureras	3900	0.0000	0.0000	0.0001

Cálculo del total de residuos generados por municipio y subsector de actividad.

Una vez calculado el IGRP por rama de actividad y contando con la base de datos del personal ocupado por municipio y rama de actividad, fue posible obtener el total de residuos generados en piezas, m³ y toneladas para cada uno de los 65 municipios de la ZPEM. Sin embargo, en esta etapa final del proceso, fue necesario enfrentar el problema de calcular la cantidad de residuos para 12 ramas productivas de distintos subsectores, para las cuales no había sido posible derivar un índice. Es decir, con la considerable reducción de la base de datos utilizada para generar el IGRP, existían algunas ramas de actividad que no estaban debidamente representadas. Ante esta situación se optó por aplicar, en dichos casos, un índice promedio para el subsector correspondiente.

CARACTERIZACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RIP EN LA ZPEM

La generación de residuos peligrosos por municipio

El Estado de México se ha caracterizado, en las últimas décadas, por un rápido crecimiento de su actividad industrial. Este incesante proceso de industrialización tiene como base dos aspectos fundamentales. La cercanía con el Distrito Federal y su zona conurbada y la existencia de infraestructura para el desarrollo de la actividad manufacturera. El acelerado crecimiento industrial ha originado una serie de problemas, entre los cuales se puede destacar el deterioro ambiental, producto de la elevada generación de residuos industriales.

Uno de los aspectos a considerar en la metodolo-

gía propuesta era la congruencia en las fechas de las distintas bases de datos. Dado que la información disponible para la obtención del IGRP estaba circunscrita, fundamentalmente, al periodo 1996-1997 (tanto en lo referente a los reportes de SEMARNAP y PROFEPA como en lo correspondiente al personal ocupado por empresas de la SECOFI), se optó por aplicar dichos índices con base en los datos de la actividad manufacturera por municipio mencionados en el Censo Económico de México de 1994. Por esta razón, los resultados obtenidos a partir de la aplicación del IGRP por rama de actividad (**Tabla II**), reflejan la generación de residuos para dicha fecha. La actualización de esta información con base en los resultados de censos económicos más recientes es una tarea pendiente. Las **tablas IIIa, IIIb y IIIc** muestran el total de residuos en piezas, m³ y toneladas por municipio y subsector de actividad.

De acuerdo con los cálculos realizados como parte de la investigación, se estima que para 1994 en la entidad se generaban semestralmente 453,972 piezas, 14,376.6 m³ y 91,679.8 toneladas de residuos peligrosos. La ZPEM, que incluía 65 de los entonces 122 municipios de la entidad, generaba, 52,726 piezas, 2,469.1 m³ y 17,377.3 toneladas de residuos peligrosos, lo que representaba 11.6 %, 17.2 % y 18.9 % con respecto a los totales estatales.

La mayor parte de los residuos que se originaban en la ZPEM, correspondía al centro del Estado, es decir, a la zona metropolitana de la ciudad de Toluca (**Fig. 4**). Las **tablas IVa, IVb y IVc** muestran los municipios que presentan una mayor generación de residuos en piezas, m³ y toneladas.

Los municipios que presentaban mayor generación de residuos peligrosos se caracterizaban por su actividad manufacturera con destacada participación de ciertas ramas productivas. Así, el municipio de Toluca contaba con una importante actividad del subsector 38 (manufacturas de productos metálicos, maquinarias y equipo) y, en especial, de la rama 3841 (industria automotriz). Si se toma en cuenta que la industria automotriz se caracteriza por su alta producción de residuos peligrosos sólidos (en toneladas y m³), no es de sorprender que el municipio fuera el mayor aportador de RIP en estos rubros.

El municipio de Lerma, por su parte, ocupaba el primer lugar en la generación de residuos peligrosos líquidos y semilíquidos (m³). Esto se debe a que en el territorio municipal prevalecía la actividad manufacturera del subsector 35 (producción de sustancias químicas y artículos de hule), en especial de las ramas 3512 (producción de agentes químicos básicos) y 3522 (producción de compuestos químicos secundarios). El municipio, sin embargo, presentaba también una importante generación de RIP en toneladas, producto de

la presencia de empresas de la rama 3841 (industria automotriz).

Al igual que Lerma, el municipio de Ocoyoacac evidenciaba un predominio de las ramas 3522 (elaboración de agentes químicos secundarios), 3813 (producción de muebles principalmente metálicos) y 3841 (industria automotriz). Este municipio ocupaba el tercer lugar en la producción de residuos líquidos y semilíquidos y el cuarto lugar en la generación de residuos sólidos. Una composición semejante correspondía al municipio de Tianguistenco que contaba con una importante participación de la rama 3841 (industria automotriz) y que ocupaba el tercer lugar en la generación de residuos en toneladas y el quinto lugar en la producción de residuos en m³.

En el caso del municipio de San Mateo Atenco, que ocupaba el quinto lugar en la producción de residuos sólidos (piezas y toneladas), tendía a predominar el subsector 32 (fabricación de textiles, prendas de vestir e industria de cuero), muy particularmente de la rama 3240 (producción de calzado). El municipio de Metepec ocupaba el cuarto lugar en la generación de residuos peligrosos en pieza y destacaba por su actividad manufacturera en la rama 3420 (editoriales, imprentas y composición tipográfica). Cabe aclarar que a pesar de que dicho municipio contaba con una fuerte participación de la rama 3611 (producción de artículos cerámicos no estructurales), esta actividad contribuía a la emisión de gases a la atmósfera pero no generaba una cantidad representativa de residuos sólidos o líquidos.

El municipio de Jocotitlán, por su parte, se situaba en el cuarto lugar en la generación de residuos en m³ y se caracterizaba por el predominio del subsector 37 (industrias metálicas básicas), en especial de la rama 3720 (industrias básicas de metales no ferrosos). Por último, el municipio de Jilotepec ocupaba el tercer lugar en la producción de residuos peligrosos en piezas, destacando la rama 3814 (elaboración de otros artículos metálicos). Cabe mencionar que este municipio junto con el de Jocotitlán eran los únicos que estaban fuera de la zona metropolitana de la ciudad de Toluca.

Por otra parte, existían municipios dentro de la ZPEM que se caracterizaban por su escasa generación de residuos peligrosos. Esto se debía a la poca o prácticamente nula actividad industrial. Las **tablas Va y Vb** permiten observar los municipios que generaban la menor cantidad de residuos.

Estos municipios se localizan en la parte sur y poniente del estado y se caracterizan por el predominio de la actividad agrícola y ganadera. Todos ellos tenían una muy escasa participación industrial relacionada, principalmente, con la rama 3116 (producción de masa de nixtamal y tortillas de maíz).

Evidentemente, las diferencias de desarrollo industrial de la ZPEM provocan una serie de desigualda-

TABLA IIIa. TOTAL DE RESIDUOS POR MUNICIPIO, EN PIEZAS, m³ Y TONELADAS, DE LOS SUBSECTORES 31, 32 Y 33 DE ACTIVIDAD

Municipio	Subsector 31			Subsector 32			Subsector 33		
	Piezas	m ³	Ton.	Piezas	m ³	Ton.	Piezas	m ³	Ton.
Acambay	1	0.27	0.20	2	0.24	1.44	1	0.00	0.01
Aculco	0	0.19	0.16	9	1.54	1.45	1	0.00	0.02
Almoloya de Alquisiras	0	9.73	0.95	0	0.01	0.01	0	0.00	0.00
Almoloya de Juárez	1	0.39	0.26	7	0.73	0.80	3	0.00	0.08
Almoloya del Río	0	0.15	0.07	4	0.54	0.64	0	0.00	0.00
Amanalco	0	0.03	0.01	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Amatepec	1	0.20	0.10	0	0.01	0.01	0	0.00	0.01
Atizapan	0	0.06	0.03	0	0.01	0.01	0	0.00	0.00
Atlatomulco	1	1.61	1.26	70	14.26	270.51	14	0.01	0.34
Calimaya	1	0.40	0.22	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Capulhuac	2	0.71	0.40	0	0.10	4.27	1	0.00	0.02
Coatepec Harinas	0	0.11	0.13	0	0.38	9.84	0	0.00	0.01
Chapa de Mota	0	0.04	0.02	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Chapultepec	0	0.07	0.03	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Donato Guerra	0	0.08	0.09	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Ixtapan de la Sal	1	0.75	0.35	0	0.09	0.05	2	0.00	0.05
Ixtapan del Oro	0	0.03	0.01	0	0.00	0.00	0	0.00	0.01
Ixtlahuaca	2	0.81	0.61	1	0.14	0.17	1	0.00	0.02
Jalatlaco	1	0.28	0.14	0	0.03	0.01	0	0.00	0.01
Jilotepec	1	0.31	0.28	20	2.63	2.90	2	0.00	0.04
Jiquipilco	0	0.34	0.19	0	0.18	4.62	0	0.00	0.00
Jocotitlán	1	0.45	0.32	1	0.59	17.70	0	0.00	0.01
Joquicingo	0	0.11	0.05	0	0.00	0.00	0	0.00	0.01
Lerma	4	2.01	1.69	23	15.11	456.58	50	0.02	1.21
Malinalco	0	0.17	0.13	0	0.00	0.00	1	0.00	0.03
Metepec	4	1.47	1.50	2	0.38	4.89	43	0.02	1.04
Mexicalcingo	0	0.08	0.03	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Ocoyoacac	2	0.56	0.29	0	1.05	47.28	2	0.00	0.06
Ocuilán	1	0.25	0.14	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Oro, El	1	0.20	0.21	0	0.00	0.00	8	0.00	0.18
Otzoloapan	0	0.02	0.02	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Otzolotepec	0	0.19	0.17	0	5.80	1.96	1	0.00	0.01
Polotitlán	0	0.10	0.10	11	1.35	1.58	1	0.00	0.01
San Bartolo Morelos	0	0.11	0.09	0	0.55	0.16	0	0.00	0.00
Rayón	0	0.07	0.04	0	0.00	0.00	1	0.00	0.02
San Antonio La Isla	8	2.30	2.45	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
San Felipe del Progreso	1	0.38	0.26	0	0.00	0.00	1	0.00	0.01
San Mateo Atenco	1	6.91	9.44	3	13.28	403.86	26	0.01	0.61
San Simón Guerrero	0	0.05	0.04	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Sto. Tomás de los Plátanos	0	0.05	0.03	1	0.07	0.08	0	0.00	0.00
Soyaniquilpan de Juárez	0	0.04	0.04	17	2.14	2.51	0	0.00	0.00
Sultepec	0	0.04	0.05	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Tejupilco	2	1.07	0.78	3	0.37	0.81	2	0.00	0.04
Temascalcingo	0	0.47	0.40	5	0.58	1.14	0	0.00	0.01
Temascaltepec	0	0.06	0.03	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Temoaya	1	0.21	0.15	0	1.23	0.42	0	0.00	0.01
Tenancingo	2	2.59	1.92	1	0.66	11.08	15	0.01	0.37
Tenango del Valle	4	1.37	0.82	1	0.03	0.01	11	0.00	0.25
Texcaltitlán	0	0.08	0.09	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Texcalyacac	0	0.06	0.04	0	0.00	0.00	1	0.00	0.02
Tianguistenco	2	0.93	0.47	39	5.62	34.49	2	0.00	0.05
Timilpan	0	0.04	0.05	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Tlatlaya	0	0.01	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Toluca	23	73.52	28.47	78	22.37	390.79	74	0.03	1.77
Tonatico	0	0.15	0.11	0	0.00	0.00	0	0.00	0.01
Valle de Bravo	1	2.37	0.56	1	0.24	0.59	16	0.01	0.39
Villa de Allende	0	0.04	0.05	0	0.00	0.00	0	0.00	0.01
Villa del Carbon	0	0.14	0.09	0	0.20	3.94	1	0.00	0.03
Villa Guerrero	1	0.30	0.24	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Villa Victoria	0	0.18	0.12	0	0.01	0.01	0	0.00	0.00
Xonacatlán	1	0.48	0.44	1	0.05	0.06	1	0.00	0.03
Zacazonapan	0	0.04	0.02	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Zacualpan	0	0.04	0.04	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Zinacantepec	3	17.47	2.40	1	0.02	0.02	6	0.00	0.14
Zumpahuacan	0	0.05	0.02	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Total de la ZPEM	81	133.77	59.89	301	92.58	1676.64	289	0.10	6.93

No. de subsector: 31, productos alimenticios, bebidas y tabaco; 32, textiles y prendas de vestir; industria del cuero y del calzado; 33, aserrado y tratamiento de madera, muebles y otros productos de madera

TABLA IIIb. TOTAL DE RESIDUOS POR MUNICIPIO, EN PIEZAS, m³ Y TONELADAS, DE LOS SUBSECTORES 34, 35 Y 36 DE ACTIVIDAD

Municipio	Subsector 34			Subsector 35			Subsector 36	
	Piezas	m ³	Ton.	Piezas	m ³	Ton.	m ³	Ton.
Acambay	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.34	0.11
Aculco	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.13	0.02
Almoloya de Alquisiras	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.12	0.18
Almoloya de Juárez	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.04	0.87
Almoloya del Río	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.09	0.03
Amanalco	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Amaepec	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.08	0.01
Atizapan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.15	0.06
Atlacomulco	1447	2.29	6.84	0	0.00	0.00	0.09	0.03
Calimaya	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.98	0.96
Capulhuac	38	0.06	0.18	0	0.00	0.00	0.49	0.13
Coatepec Harinas	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.13	0.05
Chapa de Mota	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Chapultepec	0	0.00	Z0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Donato Guerra	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ixtapan de la Sal	77	0.12	0.36	0	0.00	0.00	0.12	0.03
Ixtapan del Oro	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ixtlahuaca	77	0.12	0.36	0	0.00	0.00	0.53	0.09
Jalatlaco	15	0.02	0.07	0	0.00	0.00	0.12	0.03
Jilotepec	38	0.06	0.18	4	0.27	9.08	0.41	0.10
Jiquipilco	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.33	0.05
Jocotitlán	38	0.06	0.18	2	2.29	14.23	0.36	0.06
Joquicingo	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.11	0.04
Lerma	970	1.54	4.59	2024	738.11	2191.45	7.58	6.01
Malinalco	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.22	0.04
Metepc	3033	4.81	14.34	0	0.05	0.16	7.59	2.84
Mexicalcingo	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ocoyoacac	23	0.04	0.11	357	219.99	429.52	0.87	0.16
Ocuilán	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Oro, El	15	0.02	0.07	5	0.42	0.29	0.04	0.02
Otzoloapan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Otzolotepec	15	0.02	0.07	419	38.43	26.67	0.05	0.01
Polotitlán	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.21	0.50
San Bartolo Morelos	38	0.06	0.18	0	0.00	0.00	0.39	0.15
Rayón	0	0.00	0.00	3	0.23	0.16	0.19	0.08
San Antonio La Isla	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
San Felipe del Progreso	8	0.01	0.04	0	0.00	0.00	0.00	0.00
San Mateo Atenco	808	1.28	3.82	8	5.08	1.97	1.87	0.31
San Simón Guerrero	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Sto. Tomás de los Plátanos	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.13	0.02
Soyaniquilpan de Juárez	0	0.00	0.00	4	0.33	0.23	0.00	0.00
Sultepec	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Tejupilco	54	0.09	0.26	0	0.01	0.05	0.70	0.13
Temascalcingo	31	0.05	0.15	0	0.00	0.00	2.91	1.06
Temascaltepec	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	6.83	1.07
Temoaya	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.10	0.02
Tenancingo	100	0.16	0.47	4	52.56	13.59	0.33	0.05
Tenango del Valle	38	0.06	0.18	106	20.01	217.05	0.31	0.05
Texcaltitlán	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Texcalyacac	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Tiangustenco	662	1.05	3.13	467	43.99	694.25	0.58	0.10
Timilpan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.08	0.01
Tlatlaya	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Toluca	13662	21.66	64.61	1755	280.06	7167.37	21.82	10.91
Tonatico	15	0.02	0.07	0	0.00	0.00	0.16	0.05
Valle de Bravo	77	0.12	0.36	0	0.00	0.00	0.37	0.14
Villa de Allende	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Villa del Carbon	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Villa Guerrero	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.41	0.06
Villa Victoria	8	0.01	0.04	0	0.00	0.00	0.10	0.02
Xonacatlán	15	0.02	0.07	0	0.00	0.00	1.46	0.25
Zacazonapan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Zacualpan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Zinacantepec	15	0.02	0.07	0	0.00	0.00	6.93	2.03
Zumpahuacan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.82	0.13
Total de la ZPEM	21320	33.79	100.83	5156	1401.83	10766.06	76.61	29.05

No. de subsector: 34, celulosa, papel y productos de papel; 35, sustancias químicas, productos derivados del petróleo, del carbón, del hule y del plástico; 36, productos a base de minerales no metálicos

TABLA IIIc. TOTAL DE RESIDUOS POR MUNICIPIO, EN PIEZAS, m³ Y TONELADAS, DE LOS SUBSECTORES 37, 38, 39 Y TOTAL GENERAL

Municipio	Subsector 37			Subsector 38			Subsector 39	Total General		
	Piezas	m ³	Ton.	Piezas	m ³	Ton.	m ³	Piezas	m ³	Ton.
Acambay	0	0.00	0.00	25	0.63	4.75	0.00	28	1.48	6.50
Aculco	0	0.00	0.00	21	0.54	4.07	0.00	31	2.40	5.72
Almoloya de Alquisiras	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	2	10.90	1.47
Almoloya de Juárez	0	0.00	0.00	72	1.07	6.00	0.00	83	4.24	8.01
Almoloya del Río	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	7	0.82	1.08
Amanalco	0	0.00	0.00	6	0.16	1.19	0.00	6	0.19	1.20
Amatepec	0	0.00	0.00	9	0.23	1.70	0.00	10	0.51	1.82
Atizapan	0	0.00	0.00	4	0.09	0.68	0.00	4	0.31	0.78
Atlacomulco	0	0.00	0.00	135	4.63	41.68	0.00	1667	22.89	320.67
Calimaya	0	0.00	0.00	11	0.29	2.20	0.00	13	4.67	3.38
Capulhuac	0	0.00	0.00	298	18.96	146.07	0.00	339	20.34	151.06
Coatepec Harinas	0	0.00	0.00	7	0.18	1.36	0.00	8	0.80	11.38
Chapa de Mota	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.04	0.02
Chapultepec	0	0.00	0.00	23	0.17	3.66	0.00	23	0.24	3.69
Donato Guerra	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	2	0.13	0.43
Ixtapan de la Sal	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	80	1.08	0.84
Ixtapan del Oro	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.03	0.02
Ixtlahuaca	0	0.00	0.00	51	1.12	9.33	0.00	132	2.72	10.58
Jalatlaco	0	0.00	0.00	9	0.23	1.70	0.00	25	0.68	1.95
Jilotepec	0	0.00	0.00	3828	37.34	123.22	0.00	3893	41.01	135.80
Jiquipilco	0	0.00	0.00	18	0.26	2.89	0.00	18	1.12	7.76
Jocotitlán	0	108.56	101.67	16	14.57	177.62	0.00	59	126.88	311.78
Joquicingo	0	0.00	0.00	5	0.22	1.76	0.00	6	0.43	1.86
Lerma	0	0.00	0.00	3454	98.47	689.62	0.02	6525	862.86	3351.15
Malinalco	0	0.00	0.00	5	0.14	1.02	0.00	7	0.53	1.22
Metepec	0	0.00	0.00	352	5.03	36.30	0.00	3433	19.33	61.06
Mexicalcingo	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	2	0.12	0.37
Ocoyoacac	0	0.00	0.00	428	14.08	113.26	0.00	812	236.57	590.68
Ocuilán	0	0.00	0.00	5	0.14	1.02	0.00	6	0.39	1.15
Oro, El	0	0.00	0.00	10	0.38	2.96	0.00	39	1.06	3.73
Otzoloapan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.02	0.02
Otzolotepec	0	0.00	0.00	12	0.32	2.37	0.00	447	44.82	31.26
Polotitlán	0	0.00	0.00	8	0.20	1.53	0.00	20	4.87	3.72
San Bartolo Morelos	0	0.00	0.00	3	0.07	0.51	0.00	41	1.18	1.08
Rayón	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	4	0.49	0.30
San Antonio La Isla	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	9	2.34	2.79
San Felipe del Prog.	0	0.00	0.00	29	0.75	5.59	0.00	38	1.14	5.91
San Mateo Atenco	35	0.10	0.35	1474	14.36	48.54	0.00	2355	42.89	468.91
San Simón Guerrero	0	0.00	0.00	1	0.02	0.17	0.00	1	0.07	0.20
Sto. Tomás de los Plátanos	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	3	0.29	0.48
Soyaniquilpan de J.	0	0.00	0.00	92	0.36	12.31	0.00	113	2.87	15.08
Sultepec	0	0.00	0.00	1	0.02	0.17	0.00	1	0.06	0.22
Tejupilco	0	0.00	0.00	42	1.00	7.26	0.00	102	3.23	9.32
Temascalcingo	0	0.00	0.00	21	0.46	3.23	0.00	57	4.46	5.97
Temascaltepec	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	2	6.94	1.44
Temoaya	0	0.00	0.00	7	0.18	1.36	0.00	8	1.73	1.95
Tenancingo	0	0.00	0.00	40	1.02	7.63	0.00	162	57.33	35.11
Tenango del Valle	0	0.00	0.00	279	8.44	65.63	0.00	439	30.23	284.01
Texcaltitlán	0	0.00	0.00	4	0.09	0.68	0.00	4	0.17	0.77
Texcalyacac	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	3	0.11	0.40
Tianguistenco	0	0.00	0.00	970	37.94	365.24	0.05	2142	90.16	1097.73
Timilpan	0	0.00	0.00	4	0.09	0.68	0.00	4	0.20	0.74
Tlatlaya	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.01	0.00
Toluca	1603	4.49	16.18	11556	344.60	2656.65	0.00	28750	768.54	10336.74
Tonatico	0	0.00	0.00	6	0.16	1.19	0.00	22	0.49	1.42
Valle de Bravo	0	0.00	0.00	43	1.11	8.31	0.00	138	4.21	10.33
Villa de Allende	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.04	0.06
Villa del Carbon	0	0.00	0.00	8	0.20	1.53	0.00	9	0.54	5.58
Villa Guerrero	0	0.00	0.00	19	0.52	3.92	0.00	20	1.22	4.23
Villa Victoria	0	0.00	0.00	2	0.05	0.34	0.00	10	0.35	0.52
Xonacatlán	0	0.00	0.00	56	1.07	8.11	0.00	75	3.08	8.96
Zacazonapan	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.04	0.02
Zacualpan	0	0.00	0.00	1	0.02	0.17	0.00	1	0.07	0.21
Zinacantepec	0	0.00	0.00	306	3.38	35.30	0.00	331	27.82	39.96
Zumpahuacan	0	0.00	0.00	154	1.48	4.57	0.00	154	2.35	4.72
Total de la ZPEM	1637	113.15	118.20	23940	617.19	4619.71	0.07	52726	2469.10	17377.32

No. de subsector: 37, industrias metálicas básicas; 38, productos metálicos, maquinaria y equipo; 39, otras actividades manufactureras

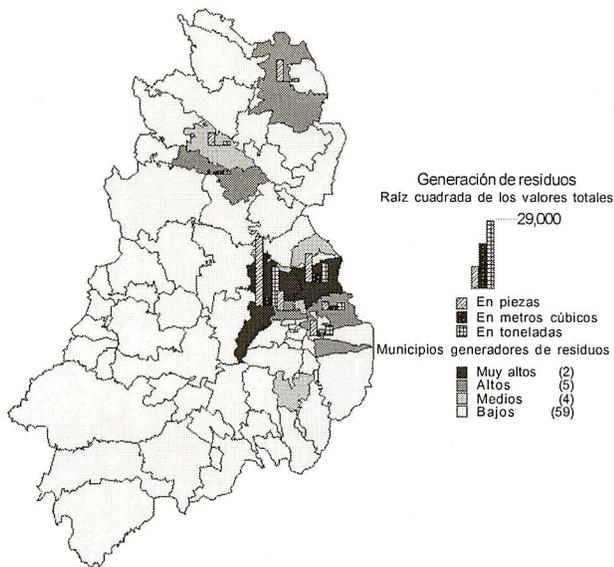


Fig. 4. Generación total de residuos peligrosos en la ZPEM

des en lo referente a la generación de residuos. Por un lado la zona metropolitana de la ciudad de Toluca, caracterizada por una alta generación de residuos peligrosos, derivados de los procesos de producción industrial que ahí tienen lugar, por otro lado la zona norte, caracterizada por una generación de residuos media, esto debido principalmente al desarrollo de zonas industriales como las de Pasteje (Jocotitlán), Atlacomulco y Jilotepec, por último la zona sur y poniente del estado, misma que se distinguía por una baja producción de residuos peligrosos debido a que su actividad industrial se reduce a molinos, tortillerías, etc. Esta diferenciación regional es un aspecto de especial relevancia al momento de decidir la óptima localización de un confinamiento de residuos peligrosos. Es decir, la equidad espacial en la localización de este tipo de instalaciones debería considerar la desigualdad en el desarrollo económico regional.

TABLA IVa. PRINCIPALES MUNICIPIOS PRODUCTORES DE RESIDUOS EN PIEZAS DE LA ZPEM

Municipio	Total de piezas
1. Toluca	28750
2. Lerma	6525
3. Jilotepec	3893
4. Metepec	3433
5. San Mateo Atenco	2355
6. Resto de la ZPEM	5628

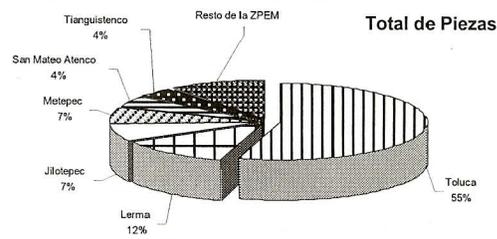


TABLA IVb. PRINCIPALES MUNICIPIOS PRODUCTORES DE RESIDUOS EN m³ DE LA ZPEM

Municipio	Total m ³
1. Lerma	862.9
2. Toluca	768.5
3. Ocoyoacac	236.6
4. Jocotitlán	126.9
5. Tianguistenco	90.2
6. Resto de la ZPEM	384.1

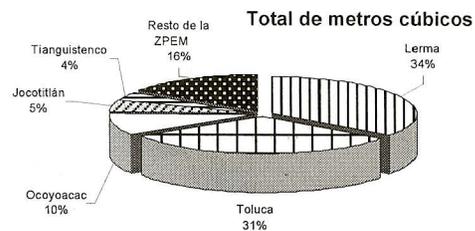


TABLA IVc. PRINCIPALES MUNICIPIOS PRODUCTORES DE RESIDUOS EN TONELADAS DE LA ZPEM

Municipio	Total Toneladas
1. Toluca	10336.7
2. Lerma	3351.1
3. Tianguistenco	1097.7
4. Ocoyoacac	590.7
5. San Mateo Atenco	468.9
6. Resto de la ZPEM	1532.1

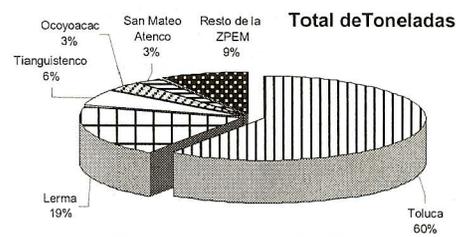


TABLA Va. MUNICIPIOS CON MENOR PRODUCCIÓN DE RESIDUOS EN m³ DE LA ZPEM

Municipio	m ³
1. Tlatlaya	0.008
2. Otzoloapan	0.018
3. Ixtapan del Oro	0.026
4. Chapa de Mota	0.039
5. Villa de Allende	0.044

TABLA Vb. MUNICIPIOS CON MENOR PRODUCCIÓN DE RESIDUOS EN TONELADAS DE LA ZPEM

Municipio	Toneladas
1. Tlatlaya	0.004
2. Chapa de Mota	0.018
3. Ixtapan del Oro	0.022
4. Zacazonapan	0.024
5. Villa de Allende	0.055

La generación de residuos peligrosos por subsector de actividad

El poniente del Estado de México cuenta con 13 zonas industriales, de entre las que destacan las zonas industriales de Toluca-Lerma, Tinguistenco-Ocoyoacac, y Atlacomulco-Jocotitlán. En conjunto existe un cierto predominio de algunos subsectores. De acuerdo con las estimaciones de residuos por subsector, se encontró que el subsector 35 dedicado a la producción de sustancias químicas y artículos de plástico y hule, ocupaba el primer lugar en la generación de residuos peligrosos en m³ y toneladas, y el segundo lugar en piezas. Dentro de este subsector destacaban las ramas 3512 (producción de agentes químicos básicos), 3522 (producción de agentes químicos secundarios) y 3560 (producción de artículos de plástico). La **figura 5** permite observar los principales municipios aportadores de residuos líquidos (m³) y las principales ramas productoras de residuos del subsector 35.

El segundo lugar en la producción de residuos peligrosos en metros cúbicos y toneladas, pero primer lugar en piezas era ocupado por el subsector 38 que comprende manufacturas de productos metálicos, maquinaria y equipo. La rama que generaba una mayor cantidad de residuos era la 3841 (industria automotriz), seguida de la 3814 (producción de otros artículos metálicos) y de la 3812 (producción de estructuras metálicas, tanques y calderas). La **figura 6** muestra la generación de residuos peligrosos en piezas del subsector 38.

Otros subsectores que destacaban por su participación en la generación de residuos peligrosos eran: el 31 (producción de alimentos bebidas y tabaco); el 32 (producción de textiles, prendas de vestir e indus-

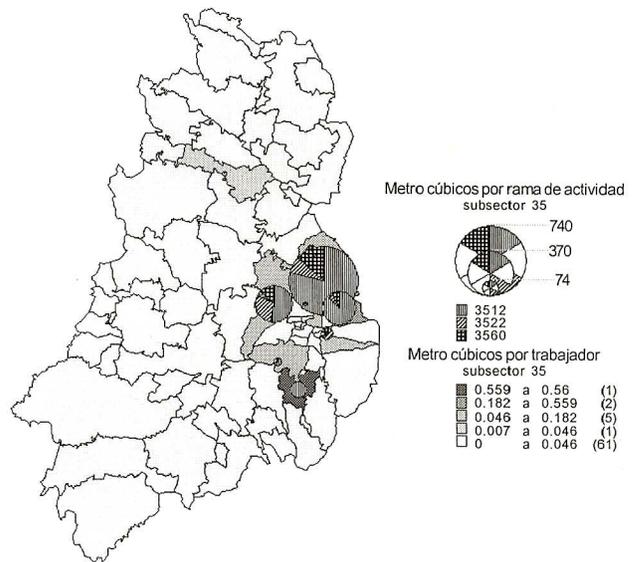


Fig. 5. Generación de residuos peligrosos en m³ del subsector 35 (producción de sustancias químicas y artículos de plástico y hule)

trias del cuero) y el 34 (producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales). La generación de residuos en estos subsectores se puede apreciar en el **tabla VI**.

En la **figura 7** es posible observar la generación de residuos peligrosos en toneladas por municipio y subsector de actividad.

Es evidente el predominio de los subsectores 35 y 38. Ahora bien, si se considera la generación de resi-

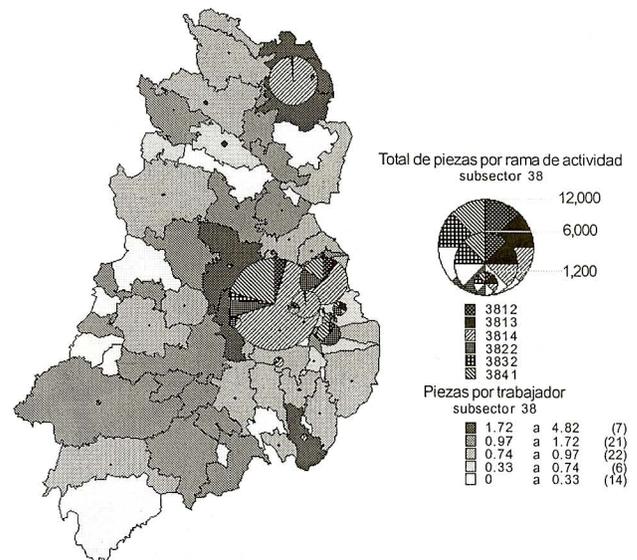


Fig. 6. Generación de residuos peligrosos en piezas del subsector 38 (manufacturas de productos metálicos, maquinaria y equipo)

TABLA VI. GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS DE LOS PRINCIPALES SUBSECTORES GENERADORES DE RESIDUOS EN LA ZPEM

Subsector	Piezas	m ³	Toneladas
31	82	133.765	59.893
32	301	92.582	1676.641
34	21320	33.794	100.828
35	5156	1401.833	10766.064
38	23940	617.188	4619.715

duos de todos los subsectores es posible corroborar la mayor participación de municipios como Toluca, Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco. Estos datos permiten confirmar la preeminencia del corredor Toluca-Lerma, en donde se localizan las industrias grandes y con mayor tecnología. Se trata, en definitiva, de un eje articulador entre el contexto regional que vincula a otras regiones de todo el país, en donde se produce la mayor cantidad de residuos sin importar la unidad de medida en que se registren.

CONCLUSIONES

El desarrollo de una metodología para estimar la generación de RIP y su aplicación a la Zona Poniente del Estado de México ha aportado lecciones importantes. El desarrollo de procedimientos de estimación parte de un problema fundamental, la carencia de información completa, actualizada y detallada, sobre la

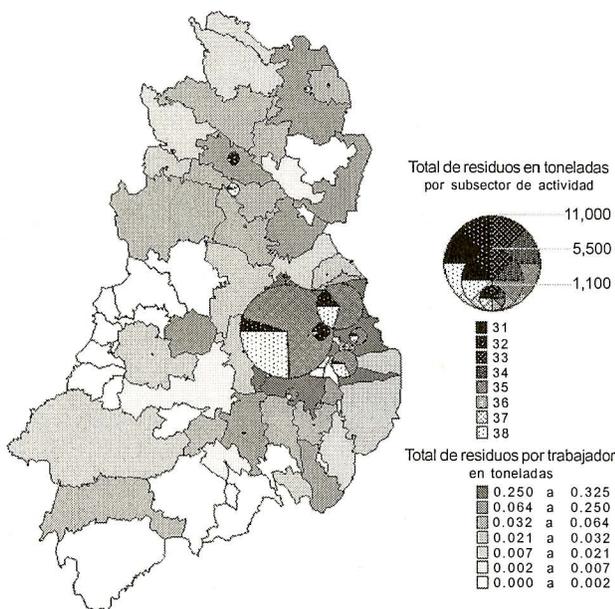


Fig. 7. Generación de residuos peligrosos en toneladas por subsector de actividad

cantidad y tipo de residuos que los establecimientos industriales generan. Si bien es cierto que la normativa mexicana en la materia es muy clara al definir las responsabilidades de los empresarios, las dificultades técnicas y administrativas han limitado la capacidad de los organismos oficiales para dar seguimiento a estas cuestiones.

Partiendo de lo anterior, el problema se centra en desarrollar esquemas de estimación a partir de índices generales. Esto, sin embargo, enfrenta aspectos importantes, entre los que destacan las enormes carencias de información, detallada y actualizada para la obtención y aplicación de dichos índices. La información que manejaban organismos como la SEMARNAP o la PROFEPA está en formatos analógicos, es incompleta y está desactualizada. En este contexto resulta muy difícil contar con una muestra representativa que permita estimaciones más precisas.

Otro aspecto que impone limitaciones especiales a cualquier intento metodológico es la carencia de información que permita caracterizar detalladamente los establecimientos industriales. La información sobre capacidad instalada o total de empleados por establecimiento es considerada como "confidencial". Es necesario dilucidar si esta práctica de ocultar información es un mecanismo para enmascarar la ineficiencia de los organismos gubernamentales u obedece a mecanismos antidemocráticos para salvaguardar los intereses empresariales.

Sin embargo, partiendo de información ciertamente limitada, fue posible calcular un Índice de Generación de Residuos Peligrosos (IGRP) aplicable a la Zona Poniente del Estado de México. Así, con base en los datos censales por municipio, fue posible estimar, a *grosso modo*, la generación de RIP por municipio y subsector de actividad manufacturera. De esta manera se calculó que, para mediados de la década de los años 90, se generaban anualmente en dicha región cerca de 17 mil toneladas, 2 mil quinientos metros cúbicos y 52 mil piezas de RIP. Es importante destacar que, si bien es cierto que en 1999 se publicaron ciertos criterios de unificación de unidades de almacenamiento de residuos peligrosos (INEGI-SEMARNAP 2000), estos no se aplicaron a la investigación ya que se perdía cierto detalle de los datos que, de por sí, eran ya de muy limitada utilidad dados los problemas de carencia de información.

En cualquier caso, los datos obtenidos permitieron corroborar dos aspectos importantes del fenómeno. La generación de RIP tiende a concentrarse en las regiones de la ZPEM con una mayor actividad industrial, en particular en los corredores Toluca-Lerma y Atlacomulco-Jocotitlán. En concordancia con lo anterior, la generación de residuos tiende a ser mucho mayor en el subsector 35 dedicado a la

producción de sustancias químicas, artículos de plástico y hule y en el subsector 38, dedicado a la manufactura de productos metálicos, maquinaria y equipo. Evidentemente, cualquier intento por parte de los organismos oficiales para dar seguimiento a la generación de RIP en la región, debe partir de estas dos consideraciones.

REFERENCIAS

- Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) (1984). *Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación de Aire, Agua y Suelo*. SEDUE, México, D.F. 122 p.
- De Koning H., Cantanfiede A. y Benavides S. (1994). *Desechos peligrosos y salud en América Latina y el Caribe*. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Wasington, D.C. 63 p.
- Environmental Protection Agency (EPA) (1980). *Hazardous waste generation and commercial hazardous waste management capacity, an assessment. Appendix A*. Office of Water and Waste Management. Washington D.C. 59 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (1988). *Clasificación mexicana de actividades económicas y productivas CMAP, Sector 3, Industrias Manufactureras*. INEGI, México, D. F., 69-178.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (1994). *Censos Económicos 1994*. INEGI, Aguascalientes México 531 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (INEGI-SEMARNAP) (2000). *Estadísticas del medio ambiente, México 1999*. Tomo I. INEGI, Aguascalientes, México, 540 p.
- Le Consortium SM-Dynamis Envirotech (SM-DE) (1991). *Estudio de prefactibilidad de la gestión de los residuos peligrosos en los corredores industriales Toluca-Lerma y Ocoyoacac-Tianguistenco*. Tomo II. Gobierno del Estado de México, Toluca, 435 p.
- Secretaría de Gobernación (SG) (1993). "Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 que establece las características de los residuos industriales peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente", *Diario Oficial de la Federación* (22/10/1993), Tercera Sección, Poder Ejecutivo Federal, México, D. F., 2-30.