

## INVENTARIO DE FUENTES POTENCIALES DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO

Dulce Diana CABAÑAS VARGAS<sup>1</sup>, Gabriela REZA BACELIS<sup>1</sup>, María Rosa SAURI RIANCHO<sup>2</sup>, Roger Iván MÉNDEZ NOVELO<sup>2</sup>, Francisco BAUTISTA<sup>3</sup>, William MANRIQUE VERGARA<sup>4</sup>, Elsa RODRÍGUEZ ANGULO<sup>4</sup>, Amira BALANCÁN ZAPATA<sup>1</sup> y Roger MEDINA GONZALEZ<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. Periférico Nte. Km 33.5, Tablaje Catastral 1365, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yuc., México. Correo electrónico: cvargas@uady.mx

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería. Av. Industrias No Contaminantes por Periférico Norte, s/n. Tablaje Catastral 12685. Mérida, Yuc. México. Correo electrónico: sriancho@uady.mx

<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Antigua carretera a Pátzcuaro No. 8701, CP 58190. Morelia, Mich., México. Correo electrónico: leptosol@ciga.unam.mx

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Yucatán. Centro de Investigaciones Hideyo Noguchi. Calle 59 por Av. Itzaes, Col. Centro. Correo electrónico: rangulo@uady.mx

<sup>5</sup> Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera a Xmatkuil Km. 15.5, Apartado Postal 116, CP.97315, Mérida, Yuc., México. Correo electrónico: mgonzalez@uady.mx

*(Recibido enero 2009, aceptado agosto 2010)*

Palabras clave: residuos peligrosos, inventario, generación, emisiones, CRETIB

### RESUMEN

El manejo y disposición de los residuos peligrosos (RP) es uno de los retos más importantes en materia ambiental. En la actualidad son pocas las empresas que se registran oficialmente como productoras de RP, por lo que no ha sido posible cuantificarlos totalmente a nivel nacional. Un primer paso para conocer los tipos y las cantidades de RP que se generan es la realización de un inventario de fuentes potenciales de residuos peligrosos (FPRP). El presente estudio se realizó en los 106 municipios del estado de Yucatán, donde se localizaron con posicionadores satelitales 3945 FPRP. El municipio con mayor concentración de FPRP fue Mérida, con 47.7 %. 73.4 % del total se encontró ubicado en los once municipios más poblados del estado. Las FPRP se clasificaron de acuerdo al giro industrial y a la cantidad de RP generada anualmente. Se observó que predominó el área automotriz (34.2 %) y que 89 % de las FPRP son microgeneradores.

Key words: hazardous wastes, inventory, generation, emissions

### ABSTRACT

Hazardous waste (HW) handling and disposal is one of the most important environmental challenges. Today few companies in Mexico declare to be HW generators; so far it has not been possible the quantification of all the HW generated in the country. A first step to know the kind and quantity of HW generated is conducting an inventory of potential generation sources. The present study was conducted in 106 municipalities of the State of Yucatan. 3945 potential HW sources were located using GPS. The municipality with

the highest concentration of potential sources was Mérida, with 47.7 %. 73.4 % of all potential sources were located in the eleven most populated municipalities of the State. Potential sources of HW were classified according to their industrial activity and the yearly generation of HW. Most were related to the automotive industry (34.2 %); 89 % of the total potential sources of HW are microgenerators.

## INTRODUCCIÓN

Según lo establecido en el artículo 5, fracción XXXII de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), los residuos peligrosos (RP) son aquéllos que posean características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados (LGPGIR 2003). Por otra parte, en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-2005 se establecen las características, el proceso de identificación y clasificación y los listados de los residuos peligrosos (SEMARNAT 2005). En la LGPGIR se introdujo la distinción entre los micro (hasta 400 kg/año), pequeños (entre 400 kg y 10 t/año) y grandes generadores (10 t/año o más) de residuos peligrosos, aunque todos deberán cumplir con la obligación de manifestar la generación y dar un manejo apropiado a sus residuos peligrosos (LGPGIR 2007).

En 2000, en la República Mexicana se generaron 3 705 846 toneladas de RP provenientes de 27 280 empresas registradas. En el estado de Yucatán, las 659 empresas dadas de alta como generadoras de RP produjeron 2441 toneladas (INEGI 2000a).

En 2006 se realizó un estudio en el que se recabó información entre las empresas encargadas de la recolección y manejo de RP en México; sin embargo, sólo participaron 63 de ellas. En dicho estudio se reportó que en 2004 se recolectaron 5 400 000 toneladas de residuos procedentes de 5324 generadores; al estado de Yucatán le correspondieron 3701 toneladas de 207 empresas generadoras de RP (Gutiérrez 2006). Al no ser todas las empresas que prestan el servicio en el país, se presume que es mayor el número de empresas generadoras de RP y, por lo tanto, se generan mayores cantidades.

En un estudio realizado en 2000 se identificaron 2168 empresas como generadoras potenciales de RP en el estado de Yucatán (Mejía *et al.* 2002). Estos resultados difieren notablemente de los reportados por el INEGI (659) para el mismo año (INEGI, 2007). Debido a que la información acerca del número de empresas generadoras de RP es insuficiente y que los

datos obtenidos en diferentes estudios difieren de los reportados por las instancias gubernamentales, resulta de suma importancia la elaboración de una base de datos confiable que proporcione no solamente el número de fuentes generadoras de RP, sino su ubicación y clasificación respecto a las cantidades que generan. Esta carencia de datos se presenta tanto a nivel regional como a nivel nacional ya que no existen datos completos y confiables en estudios previos sobre el tema estudiado. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo generar una base de datos para el estado de Yucatán, en la que se incluyan el número de fuentes potencialmente generadoras de RP, su ubicación y clasificación y a su vez probar una metodología que pueda ser replicada en otros estados del país. El alcance del estudio es de tipo exploratorio y descriptivo debido al mínimo grado de desarrollo del área de estudio en lo que al tema se refiere.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

El estado de Yucatán colinda al norte con el Golfo de México, al este con el estado de Quintana Roo, al sur con Quintana Roo y Campeche, al oeste con Campeche y el Golfo de México. Yucatán representa 2 % de la superficie del país (INEGI 2000b). La población total en 2005 fue de 1 818 948 habitantes. El estado se divide en 106 municipios; su capital es Mérida y sus habitantes representan 43 % de la población total de la entidad (INEGI 2005). Las actividades económicas con mayor aportación al PIB estatal son servicios comunales, sociales y personales (26.1 %), comercio, restaurantes y hoteles (21.6 %), servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler (14.1 %) y la industria manufacturera, especialmente productos alimenticios, bebidas y tabaco (13.8 %), entre otras actividades (INEGI 2006).

Los suelos del estado de Yucatán presentan características que los hacen altamente vulnerables. 60 % de su superficie se encuentra a una distancia de entre menos de 10 y 60 m del agua subterránea (Ihl *et al.* 2007), lo que provoca alta infiltración y en consecuencia un ambiente karst tropical. Por otra

parte, dominan leptosoles y cambisoles de escasa profundidad y baja capacidad amortiguadora (Bautista *et al.* 2007) y climas tropicales lluviosos con precipitaciones mayores a la evapotranspiración.

Por lo anterior, se puede observar que Yucatán no es un estado con gran desarrollo industrial; sin embargo, sus características geohidrológicas son muy particulares y su acuífero es reconocido por su alta vulnerabilidad a la contaminación (CNA 2006), por lo que es muy importante elaborar un inventario de fuentes generadoras de RP para, posteriormente, elaborar planes de manejo de los mismos.

### Recolección de datos

Se consultaron las bases de datos oficiales de SEMARNAT y el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) para tener una aproximación de los generadores de RP en el estado de Yucatán, así como su ubicación.

Se capacitó a un grupo de técnicos en el uso de un geoposicionador satelital, la identificación de los giros comerciales, empresariales e industriales generadores de RP y los criterios establecidos en la normatividad mexicana para la identificación y clasificación de RP y el tamaño de los generadores. Para tal efecto se utilizaron mapas digitalizados del estado de Yucatán proporcionados por el INEGI, con divisiones por municipio, carreteras y la ubicación de las cabeceras municipales.

Se visitaron las cabeceras municipales de los 106 municipios del estado de Yucatán; el recorrido se hizo calle por calle y se registraron los sitios en los que se ubicaba una industria o una empresa de servicios. Se entrevistó a la autoridad municipal con el fin de saber si en alguna localidad más pequeña (en el mismo municipio) se encontraba algún tipo de industria.

Durante los recorridos se registró la ubicación geográfica, dirección, giro comercial, de servicios o industrial, tamaño y tipo de RP de acuerdo con sus características CRETIB (SEMARNAT 2005). Para la localización geográfica se utilizó un geoposicionador satelital Garmin, modelo eTrex.

Los datos se manejaron con tablas dinámicas en Excel® para obtener los cuadros por tamaños, municipio y tipos de RP. Se elaboraron mapas de generadores de RP por municipio, tipo y tamaño con el programa ArcGis 9.3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los sitios ubicados durante el presente trabajo han sido denominados Fuentes Potenciales

de Residuos Peligrosos (FPRP) ya que en ningún caso se obtuvo información de los responsables del manejo de residuos. Por lo tanto, el tipo de residuos y el tamaño del generador también fueron determinados por observación y mediante un análisis de los procesos que en cada caso se desarrollan.

Las bases de datos de la SEMARNAT reportaron la existencia de 1321 generadores de residuos peligrosos en Yucatán, de los cuales 531 correspondieron al municipio de Mérida (SEMARNAT 2006). Adicionalmente, 140 empresas presentaron en 2006 la Cédula de Operación Anual (COA) para generadores de residuos peligrosos, que es el principal instrumento de seguimiento, reporte y recopilación de información para la integración de la base de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) (PROFEPA 2007).

De los resultados del trabajo de campo se obtuvo una lista de 3945 FPRP en los 106 municipios del estado de Yucatán, de los cuales 1882 (47.7 %) se ubicaron en el municipio de Mérida, en el que se encuentra la capital del estado (**Cuadro I**). 25.7 % se ubicó en diez de los municipios más poblados, por lo que 73.4 % de las FPRP se concentra en once de los 106 municipios del estado.

Se observó que los datos reportados por SEMARNAT para el estado de Yucatán representan el 33.5 % de las FPRP registradas en el presente estudio, lo que muestra que existen diferencias notables.

Las FPRP fueron clasificadas por municipio, por tipo de actividad y por tipo de residuo peligroso atendiendo al código CRETIB (**Cuadros I y II**).

Se observó que 76.4 % de los municipios tiene menos de veinte fuentes potenciales de residuos peligrosos (**Fig. 1** y **Cuadro I**), en los que no existe una estricta vigilancia en el manejo de los residuos peligrosos; cabe la posibilidad de que una parte mayoritaria sea depositada en el mismo sitio (tiraderos a cielo abierto) en el que se disponen los residuos sólidos municipales. Los municipios de mayor población reportan la mayor cantidad de FPRP.

La **figura 2** muestra los diez municipios con mayor número de habitantes (además de Mérida) y que resultaron tener también el mayor número de FPRP. Las poblaciones se ordenan en forma descendente con respecto a la cantidad de habitantes. Los municipios de Kanasín y Umán —el tercero y cuarto más poblados, respectivamente— no reportan la mayor cantidad de FPRP, debido quizá a su cercanía con el municipio de Mérida. Esta proximidad con la capital del estado tiene como resultado que dichos municipios sean básicamente zonas habitacionales y la mayoría de sus pobladores se trasladen diariamente al municipio

**CUADRO I. FUENTES POTENCIALES DE RESIDUOS PELIGROSOS EN YUCATÁN**

| Municipio*       | Otros | Biol. infec. | Ind. y Quím. | Auto-motriz | Metalme-cánica | Joyería | Farma-cias | Cent. de Inv. | Total |
|------------------|-------|--------------|--------------|-------------|----------------|---------|------------|---------------|-------|
| Abalá            | 1     | 1            |              | 2           |                |         |            |               | 4     |
| Acanceh          | 1     | 2            | 1            | 5           | 1              |         | 1          |               | 11    |
| Akil             | 1     | 4            | 1            | 7           | 3              |         | 2          |               | 18    |
| Baca             | 2     | 3            | 3            | 3           | 2              |         | 1          |               | 14    |
| Bokobá           | 4     | 2            |              | 1           | 2              |         |            |               | 9     |
| Buctzotz         | 7     | 9            | 3            | 11          | 8              | 1       | 7          |               | 46    |
| Cacalchén        | 4     | 3            |              | 5           | 1              |         | 3          |               | 16    |
| Calotmul         |       | 3            |              | 1           |                |         |            |               | 4     |
| Cansahcab        | 4     | 5            |              | 3           | 2              |         | 2          |               | 16    |
| Cantamayec       | 1     | 1            |              |             | 1              |         |            |               | 3     |
| Celestún         | 2     | 2            | 8            | 3           | 3              |         |            |               | 18    |
| Cenotillo        | 2     | 2            |              | 4           |                |         | 2          |               | 10    |
| Chacsinkín       |       | 1            | 1            | 2           |                |         | 1          |               | 5     |
| Chankom          |       | 1            |              |             | 1              |         |            |               | 2     |
| Chapab           |       | 1            |              |             |                |         | 1          |               | 2     |
| Chemax           | 3     | 3            |              | 3           | 2              | 1       | 5          |               | 17    |
| Chichimilá       | 1     | 1            |              | 1           |                |         |            |               | 3     |
| Chicxulub Pueblo | 2     | 1            |              | 3           | 1              |         |            |               | 7     |
| Chikindzonot     |       | 1            |              | 2           |                |         |            |               | 3     |
| Chocholá         |       | 2            |              | 2           |                |         |            |               | 4     |
| Chumayel         | 3     | 1            |              |             | 1              |         | 1          |               | 6     |
| Conkal           | 1     | 10           | 3            | 13          | 4              | 1       | 3          | 1             | 36    |
| Cuncunul         | 1     | 1            |              | 1           | 1              |         |            |               | 4     |
| Cuzamá           | 2     | 1            |              | 1           | 1              |         |            |               | 5     |
| Dzán             | 1     | 2            | 1            | 6           | 2              |         | 3          |               | 15    |
| Dzemul           | 2     | 3            | 1            | 5           |                |         | 2          |               | 13    |
| Dzidzantún       | 9     | 10           | 4            | 13          | 5              |         | 1          |               | 42    |
| Dzilam de Bravo  | 1     | 2            | 7            | 2           | 1              |         | 1          |               | 14    |
| Dzilam González  | 9     | 3            | 1            | 10          | 3              | 1       | 2          |               | 29    |
| Dzitas           |       | 1            |              |             |                |         | 1          |               | 2     |
| Dzoncahuich      | 5     | 1            |              |             | 1              |         | 2          |               | 9     |
| Espita           | 3     | 2            |              | 8           | 2              |         | 5          |               | 20    |
| Halachó          | 1     | 4            | 1            | 11          | 2              |         |            |               | 19    |
| Hocabá           | 1     | 2            |              | 1           | 1              |         | 1          |               | 6     |
| Hoctún           | 4     | 4            |              | 1           | 3              |         | 1          |               | 13    |
| Homún            | 1     | 2            |              | 2           | 1              |         | 1          |               | 7     |
| Huhí             | 3     | 2            |              | 2           |                |         |            |               | 7     |
| Hunucmá          | 5     | 6            | 1            | 6           | 3              |         |            |               | 21    |
| Ixil             |       | 1            | 2            | 2           |                | 1       | 1          |               | 7     |
| Izamal           | 9     | 15           | 1            | 33          | 10             |         | 5          |               | 73    |
| Kanasín          | 10    | 9            | 3            | 39          | 13             |         | 6          |               | 80    |
| Kantunil         | 2     | 1            |              | 2           | 1              |         | 1          |               | 7     |
| Kaua             | 3     | 1            |              | 1           | 1              |         | 1          |               | 7     |
| Kinchil          |       |              |              |             |                |         |            |               | 0     |
| Kopomá           |       | 1            |              | 1           |                |         |            |               | 2     |
| Mama             |       | 1            |              | 1           | 1              |         |            |               | 3     |
| Maní             | 2     | 2            | 1            | 2           | 1              |         | 1          |               | 9     |
| Maxcanú          | 4     | 4            | 1            | 10          | 1              |         |            |               | 20    |
| Mayapán          | 1     | 1            |              | 1           |                |         |            |               | 3     |
| Mérida           | 474   | 219          | 283          | 628         | 177            | 9       | 80         | 12            | 1882  |
| Mocochá          |       | 2            |              | 1           |                |         | 1          | 1             | 5     |
| Motul            | 7     | 20           | 1            | 42          | 9              | 3       | 8          |               | 90    |
| Muna             | 3     | 9            |              | 10          | 3              |         | 5          | 1             | 31    |

\*Con gris se señalan los once municipios con mayor población  
(Continúa)

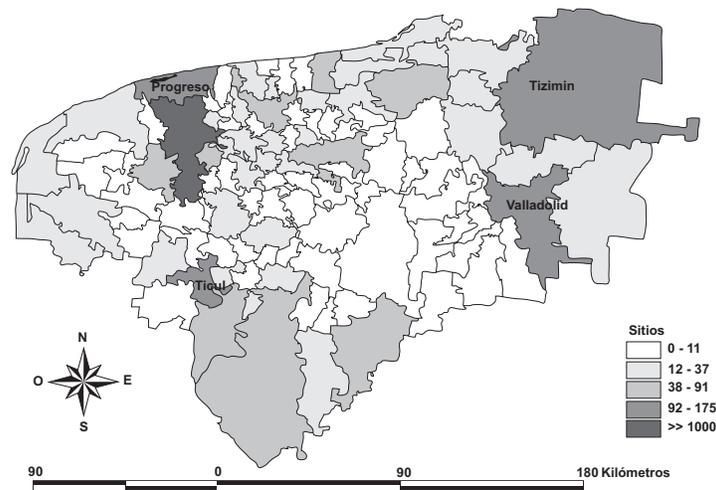
CUADRO I. FUENTES POTENCIALES DE RESIDUOS PELIGROSOS EN YUCATÁN

| Municipio*       | Otros | Biol.<br>infec. | Ind. y<br>Quím. | Auto-<br>motriz | Metalme-<br>cánica | Joyería | Farma-<br>cias | Cent.<br>de Inv. | Total |
|------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|---------|----------------|------------------|-------|
| Muxupip          | 1     | 1               |                 |                 | 3                  |         |                |                  | 5     |
| Opichén          | 2     | 2               |                 |                 |                    |         |                |                  | 4     |
| Oxkutzcab        | 1     | 15              |                 | 17              | 10                 |         | 9              |                  | 52    |
| Panabá           | 1     | 1               |                 | 8               | 6                  |         | 6              |                  | 22    |
| Peto             | 3     | 8               |                 | 21              | 9                  |         | 6              |                  | 47    |
| Progreso         | 11    | 35              | 16              | 63              | 14                 | 1       | 17             |                  | 157   |
| Q.Roo            |       | 1               |                 | 1               |                    |         |                |                  | 2     |
| Río Lagartos     | 1     | 2               | 1               | 2               |                    |         | 1              |                  | 7     |
| Sacalum          | 2     | 1               | 1               | 2               | 1                  |         |                |                  | 7     |
| Samahil          |       | 2               |                 | 1               |                    |         |                |                  | 3     |
| San Felipe       | 1     | 1               |                 | 1               |                    |         | 1              |                  | 4     |
| Sanahcat         | 1     | 1               |                 |                 | 1                  |         |                |                  | 3     |
| Santa Elena      | 1     | 2               |                 | 2               | 3                  |         | 1              |                  | 9     |
| Seyé             | 1     | 3               |                 | 5               | 3                  |         | 2              |                  | 14    |
| Sinanché         | 1     |                 |                 |                 |                    |         |                |                  | 1     |
| Sotuta           | 2     | 3               |                 | 3               | 1                  |         |                |                  | 9     |
| Sucilá           | 4     | 4               |                 | 6               | 2                  |         | 1              |                  | 17    |
| Sudzal           | 1     | 2               |                 |                 | 1                  |         |                |                  | 4     |
| Suma             | 1     | 1               |                 |                 | 1                  |         |                |                  | 3     |
| Tahdziú          | 1     | 1               |                 | 1               | 1                  |         |                |                  | 4     |
| Tahmek           | 3     | 2               |                 | 4               | 3                  |         | 2              |                  | 14    |
| Teabo            | 3     | 5               |                 | 2               | 1                  |         | 2              |                  | 13    |
| Tecoh            | 2     | 4               | 2               | 1               | 5                  |         | 1              |                  | 15    |
| Tekal de Venegas | 2     | 1               |                 | 2               | 1                  |         | 2              |                  | 8     |
| Tekantó          | 5     | 1               | 1               | 3               | 4                  |         | 2              |                  | 16    |
| Tekax            | 8     | 17              | 1               | 44              | 8                  | 1       | 8              |                  | 87    |
| Tekit            | 5     | 5               |                 | 2               |                    |         | 2              |                  | 14    |
| Tekom            |       | 1               |                 |                 |                    |         |                |                  | 1     |
| Telchac Pueblo   | 6     | 5               |                 | 3               | 2                  |         | 1              |                  | 17    |
| Telchac Puerto   | 2     | 1               | 1               | 2               |                    |         |                |                  | 6     |
| Temax            | 5     | 6               |                 | 6               | 3                  |         | 1              |                  | 21    |
| Temozón          | 28    | 4               |                 | 3               | 1                  |         | 1              |                  | 37    |
| Tepakán          | 2     | 1               |                 | 1               | 2                  |         |                |                  | 6     |
| Tetiz            | 2     | 1               |                 | 4               |                    |         |                |                  | 7     |
| Teya             | 4     | 2               |                 |                 |                    |         |                |                  | 6     |
| Ticul            | 32    | 21              | 30              | 38              | 8                  |         | 4              |                  | 133   |
| Timucuy          |       | 2               | 1               | 1               | 1                  |         |                |                  | 5     |
| Tinum            | 2     | 1               |                 | 2               |                    |         |                |                  | 5     |
| Tixcacalcupul    | 3     | 1               |                 | 2               | 1                  |         | 1              |                  | 8     |
| Tixkokob         | 4     | 3               | 1               | 13              | 3                  |         | 3              |                  | 27    |
| Tixmehuac        |       | 1               |                 | 2               |                    |         | 1              |                  | 4     |
| Tixpéhual        | 3     | 4               | 1               | 3               | 2                  |         | 2              |                  | 15    |
| Tizimín          | 14    | 30              | 3               | 41              | 19                 | 2       | 10             | 1                | 120   |
| Tunkás           | 2     | 4               |                 | 1               |                    |         |                |                  | 7     |
| Tzucacab         |       | 8               |                 | 10              | 4                  |         | 4              |                  | 26    |
| Uayma            |       | 1               |                 | 1               | 1                  |         |                |                  | 3     |
| Ucú              | 1     | 3               |                 |                 |                    |         |                |                  | 4     |
| Umán             | 2     | 6               | 7               | 25              | 7                  | 1       |                |                  | 48    |
| Valladolid       | 11    | 33              | 4               | 83              | 29                 | 1       | 12             |                  | 173   |
| Xocchel          |       | 2               |                 | 1               |                    |         | 2              |                  | 5     |
| Yaxcabá          |       | 3               |                 | 2               | 1                  |         | 2              |                  | 8     |
| Yaxkukul         | 5     | 2               |                 | 1               | 1                  |         | 1              |                  | 10    |
| Yobaín           | 1     | 1               |                 |                 | 1                  |         |                |                  | 3     |
| Total            | 795   | 659             | 398             | 1349            | 439                | 23      | 266            | 16               | 3945  |

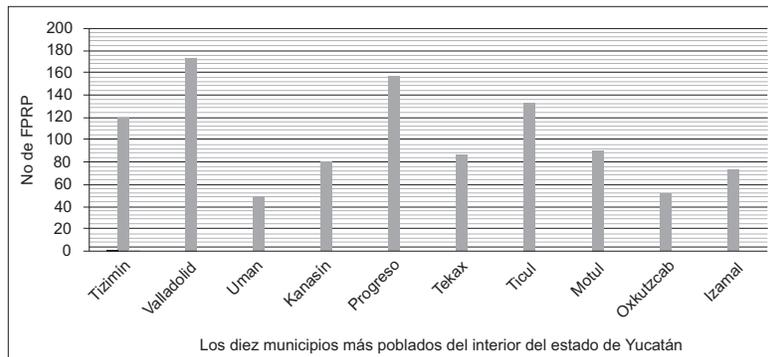
**CUADRO II. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES POTENCIALES DE RP SEGÚN SU ACTIVIDAD Y TIPO DE RESIDUO GENERADO**

| Clasificación           | Descripción  | Tipo de RP CRETIB | No. de Sitios |
|-------------------------|--|-------------------|---------------|
| Biológico-infecciosos   | Clínicas, consultorios médicos, dentales y laboratorios de análisis clínicos.                                      | B, T              | <b>659</b>    |
| Automotriz              | Los que realizan alguna reparación o mantenimiento a vehículos motores, desde motocicletas hasta camiones urbanos. | T, I              | <b>1349</b>   |
| Metalmecánica           | Principalmente talleres dedicados a la herrería artística, aluminio y los centros de acopio de metales.            | C, T, I           | <b>439</b>    |
| Industrial-químico      | Industrias maquiladoras, centrales termoeléctricas, gasolineras y agroquímicos.                                    | T, I, C, R        | <b>398</b>    |
| Joyería                 | Reparación y maquila de joyería (oro y plata).   | C, T              | <b>23</b>     |
| Investigación           | Centros de investigación.  | T, I, B           | <b>16</b>     |
| Medicamentos y fármacos | Farmacias y boticas.   | T, B              | <b>266</b>    |
| Otros                   | Por su diversidad no pueden clasificarse en ninguna de las anteriores.   | C, T, I           | 795           |
| <b>Total</b>            |  |                   | <b>3945</b>   |

C = corrosivo; R = reactivo; T = tóxico; I = inflamable; B = biológico-infeccioso



**Fig. 1.** Distribución de FPRP en los municipios del estado de Yucatán



**Fig. 2.** Poblaciones con mayor número de FPRP

de Mérida para desarrollar sus actividades (empleos, escuelas, salud, servicios, etc.). Esta situación ocasiona que el número de FPRP no corresponda al número de habitantes.

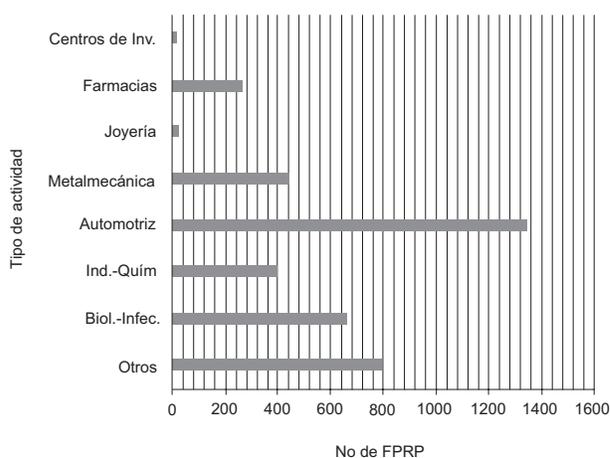
Valladolid es el municipio del interior del estado con más FPRP y es el segundo más poblado. El municipio se encuentra al oriente, cerca del límite con el estado de Quintana Roo, y a unos kilómetros del antiguo centro ceremonial de Chichén Itzá y otros sitios turísticos; lo anterior acarrea un mayor crecimiento de la zona y un elevado flujo de turistas. Una zona turística como esta necesita proveer todo tipo de servicios tanto a turistas como a los prestadores de servicios que laboran en la región, lo que puede causar el elevado número de FPRP detectadas.

El puerto de Progreso ocupa el segundo lugar en número de FPRP, aunque es el quinto municipio más poblado (**Fig. 2, Cuadro I**). Éste es el principal puerto del estado, cuenta con la zona industrial Yucalpetén y con el puerto de altura. En la zona industrial existen astilleros, marinas, congeladoras y procesadoras de pescados y mariscos; el puerto de altura es el principal acceso marítimo de bienes e importaciones en general y tiene un área de recepción de cruceros turísticos. Toda esta actividad es una fuente de empleos y actividades diversas, por lo que muchas de las personas que aquí laboran habitan en otros municipios; consecuentemente, no se ve reflejada la relación directa entre población y el número de FPRP.

Ticul es el tercer municipio con más FPRP, aunque ocupa el séptimo lugar en número de habitantes. Esto se debe a que el municipio típicamente se dedica a la industria del calzado y la alfarería, por lo que se localizó un gran número de sitios dedicados a este tipo de actividades (**Fig. 2, Cuadro I**).

Al clasificar las FPRP por tipo de actividad, los resultados mostraron que el grupo con mayor cantidad fue el automotriz (1349) tanto para el estado completo como en particular para el municipio de Mérida, mientras que los residuos provenientes de los centros de investigación representaron el menor número (16) (**Cuadros I y II, Fig. 3**).

La abundancia del grupo automotriz se debe a la necesidad del transporte de la población para las diversas actividades de la comunidad; por lo tanto, se requieren sitios para la reparación y mantenimiento de vehículos. En relación a los residuos biológico-infecciosos, la mayoría de las clínicas enlistadas forman parte del Sector Salud Estatal, del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) o del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE). Se puede suponer que estas instituciones realizan un correcto manejo de los RP.



**Fig 3.** Clasificación de FPRP en Yucatán de acuerdo a la actividad que los origina

Atendiendo a la cantidad de residuos generados, 89.2 % de las FPRP se clasificaron como microgeneradores y solamente 1.2 % se situó en la categoría de gran generador (**Cuadro III**). El grupo de microgeneradores está formado por micro o pequeños negocios, algunos familiares, en los que es poco probable que se realice un adecuado manejo de los RP generados. Sin embargo, de acuerdo con la LGPGIR, las grandes, micro y pequeñas empresas que generen RP deben registrarse ante la autoridad competente y tienen la responsabilidad de llevar un control y manejo adecuado de los mismos. Los grandes generadores deberán registrarse ante la SEMARNAT, elaborar y registrar su plan de manejo de residuos peligrosos, llevar una bitácora y presentar un informe anual acerca de la generación y modalidades de manejo a las que sujetaron sus residuos. Los pequeños generadores, además del registro correspondiente ante la SEMARNAT, deberán elaborar una bitácora en la que registrarán las cantidades anuales de residuos peligrosos y las modalidades de manejo. El procedimiento más sencillo es para los microgeneradores, quienes deberán registrarse ante la SEMARNAT o ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales (todo depende de los convenios existentes

**CUADRO III.** CLASIFICACIÓN DE LAS FPRP SEGÚN LA CANTIDAD QUE GENERAN

| Tamaño            | Mérida | Resto del estado | Total | Porcentaje |
|-------------------|--------|------------------|-------|------------|
| Microgenerador    | 1675   | 1845             | 3520  | 89.2       |
| Pequeño generador | 178    | 204              | 382   | 9.6        |
| Gran generador    | 29     | 14               | 43    | 1.2        |
| Total             | 1882   | 2063             | 3945  | 100.0      |

entre los diferentes niveles de gobierno); deberán sujetarse a los planes de manejo que establezcan las autoridades competentes para tal fin y podrán llevar ellos mismos sus RP a los centros de acopio o enviarlos mediante transporte autorizado (LGPGIR 2007). Se puede concluir que, sin importar el tamaño de los generadores, todos deberán sujetarse a controles por parte de autoridades competentes y dar a sus residuos el manejo adecuado.

Mejía *et al.* (2002) identificaron 2168 empresas potencialmente generadoras de RP en Yucatán para 2000, mientras que en el presente trabajo se encontraron 3945 FPRP. La diferencia entre ambos estudios es notable, sin embargo, los dos trabajos concuerdan en que si se considera el número relativamente pequeño de empresas que se encuentran registradas como generadoras de RP, existe una importante cantidad de posibles fuentes generadoras que no declaran sus residuos y posiblemente no realicen un manejo adecuado de los mismos. Yucatán no es un estado con gran actividad industrial, pero esto no justifica la falta de control apropiado de los RP en la región (Wolf *et al.* 1999). Estos resultados servirán de base para la realización de estudios de riesgo ambiental sobre la contaminación de las aguas subterráneas considerando la geomorfología, suelos y clima.

## CONCLUSIONES

Se encontraron 3945 FPRP en los 106 municipios del estado de Yucatán. Del total, 47.7 % (1882) se ubica en el municipio de Mérida.

Los municipios del interior del estado con el mayor número de FPRP fueron Valladolid, Progreso y Ticul.

73.40 % de las FPRP están concentradas en el municipio de Mérida y los diez municipios más poblados del estado.

El grupo automotriz representa 34 % del total de FPRP.

Los centros de investigación representan únicamente 0.4 % de los generadores potenciales de RP.

89.2 % de las FPRP se clasificaron como microgeneradores y solamente 1.2 % resultaron grandes generadores.

Los generadores de residuos peligrosos registrados ante SEMARNAT representan solamente 37.5 % del total de FPRP detectadas. Esta es una diferencia notable, de la que se puede inferir que un número importante de generadores de RP no llevan un control y manejo adecuado de sus residuos.

Este estudio puede considerarse como un punto

de partida para realizar un inventario de emisiones de residuos peligrosos que sirvan como punto de comparación con los datos del RECT.

## REFERENCIAS

- Bautista F., Aguilar Y., Rivas H. y Paez R. (2007). Los suelos del estado de Yucatán. En: *Importancia del binomio suelo-materia orgánica en el desarrollo sostenible*. (M. Sánchez y D. Cabañas, Eds.) Agencia Española de Cooperación Internacional, CSIC, UADY. Murcia, España. pp 11-42.
- CNA (1997). Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- Gutiérrez V. (2006). *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos*. SEMARNAT-INE, México, 111 pp.
- Ihl T., Frausto O., Rojas J., Giese S., Goldacker S., Bautista F. y Bocco G. (2007). Identification of geodisasters in the state of Yucatán, Mexico. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 246, 299-311.
- INEGI (2000a). Estadísticas Ambientales. Empresas que manifiestan la generación de Residuos Peligrosos y volumen generado por entidad federativa 1999-2000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. [en línea] <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/soc/sis/sisept/default.aspx?t=mamb62&c=7960&e=06/02/2001>
- INEGI (2000b). Aspectos geográficos de Yucatán. Marco geoestadístico. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. [en línea] [http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/yuc/ubic\\_geo.cfm?c=442&e=31&CFID=1828997&CFTOKEN=80133027](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/yuc/ubic_geo.cfm?c=442&e=31&CFID=1828997&CFTOKEN=80133027). Fecha de consulta: Diciembre 10, 2008.
- INEGI (2005). Consulta de Localidades ITER 2005. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. [en línea] <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/iter2005/default.aspx?c=7385>. Fecha de consulta: Septiembre 5, 2008.
- INEGI (2006). *Sistema de cuentas nacionales de México. producto interno bruto por entidad federativa 1999-2004*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, 200 pp.
- INEGI (2007). Empresas que manifiestan la generación de residuos peligrosos y volumen generado por entidad federativa, 1999, 2000 y 2004-2007. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/soc/sis/sisept/default.aspx?t=mamb62&s=est&c=7960>. Fecha de consulta: Abril 12, 2010.
- LGPGIR (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Secretaría del Medio

- Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 8 de Octubre de 2003.
- LGPGIR (2007). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última reforma publicada. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 19 de Junio de 2007.
- Mejía Sánchez G., Sauri-Riancho M.R. y Arias-Estrella D. (2002). Manejo de los residuos peligrosos en Yucatán. Memorias. XIII Congreso Nacional de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Guanajuato, Gto. 17 al 20 de abril, 2002. CD-ROM.
- PROFEPA (2007). Industria en el estado de Yucatán. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. [en línea] <http://www.profepa.gob.mx/PROFEPA/Delegaciones/PROFEPA/Yucatan/InspeccionIndustrial06/02/2007>.
- SEMARNAT (2005). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 2 de Junio de 2006.
- SEMARNAT (2006). Definición y caracterización de residuos peligrosos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [en línea] <http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp/definicion/definicion.shtml02/05/2006>.
- Wolf L., Muñoz M., Correa A., Cuevas H. y Alvarado A. (1999). *Promoción de la minimización y manejo integral de residuos peligrosos*. Instituto Nacional de Ecología, México, 134 pp.