

Manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos como una causa de la pérdida de biodiversidad en Chiapas

Pedro Vera Toledo¹
Raúl González Herrera²

RESUMEN

En este trabajo se presenta una revisión de la problemática de los residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y someramente los residuos peligrosos en el estado de Chiapas, pasando por la generación, recolección, traslado, transporte y la disposición final, adentrándose en las afectaciones que provoca por su inadecuada disposición sobre la biodiversidad. Se analiza la legislación en materia de residuos sólidos y la pobre acción de las instancias encargadas de su cumplimiento. Finalmente se señala qué se ha realizado para mitigar los efectos dañinos, así como las tendencias de cambio en su disposición final.

Palabras claves: Residuos sólidos de manejo especial, residuos peligrosos, residuos urbanos, biodiversidad.

ABSTRACT

This work present a revision of the problematic of solid urban residues, special handling residues and briefly the dangerous ones, in Chiapas State, happening through the generation, harvesting, transfer, transport and final disposi-

tion, analyzing the affectations on the biodiversity by the inadequate disposition of the residues. In the paper it was analyzes the legislation in solid residues and the poor action of the instances in charge of his fulfillment, as well as the tendencies of change in the final residues disposition.

Keywords: Solid residues of special handling, dangerous residues, urban residues, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

En el pasado, la generación de residuos sólidos no representó un problema importante, ya que éstos por su composición orgánica mayormente eran fáciles de incorporar a la naturaleza, de manera tal, que, el equilibrio de los ecosistemas no se veía alterado. México enfrenta grandes retos en el manejo integral de sus residuos sólidos urbanos (RSU) y aquellos que requieren un manejo especial (RME), principalmente por el elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país, al cambio de hábitos de consumo de la población, la elevación de los niveles de bienestar, la creación de nuevos materiales y la tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos (SEMARNAP, 1999).

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social, desde 1960 hasta el 2000 la generación de RSU y RME se incrementó nueve veces y su composición cambió

¹Ingeniería ambiental, UNICACH, edificio 10 planta baja
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Teléfono y Fax: 52-961-1256033
email: caachis1@hotmail.com

²Ingeniería ambiental, UNICACH, edificio 10 planta baja
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Teléfono y Fax: 52-961-1256033
e-mail: ingeraul@yahoo.com.



Figura 1 ■ | Deterioro del paisaje por inadecuada disposición de residuos sólidos, en un sitio del municipio de Cintalapa, Chiapas. Fotografía Pedro Vera Toledo, 2004.

de ser prácticamente orgánica, fácilmente integrable a los ciclos de la naturaleza, a un 50% de componentes (básicamente materiales plásticos, o plastificados) cuya descomposición es lenta y requiere de procesos complementarios para efectuarse (SEDESOL, 2001), a fin de reducir sus impactos al ambiente.

La población se incrementó en un periodo de 30 años a más de 98 millones, contribuyendo a una generación de residuos (RSU y RME) a nivel nacional estimada en 83 mil 830 toneladas diarias (SEMARNAP, 1999).

En Chiapas, los municipios del estado no escapan de esta problemática, y se enfrentan a un sinnúmero de retos en cuanto a la gestión de los residuos sólidos; entre ellos destaca la disposición final de los RSU y RME. Tomando en cuenta que en Chiapas hay 118 municipios, es de esperarse que exista el mismo número de sitios destinados para la disposición final de los residuos, o como se conocen coloquialmente, *tiraderos a cielo abierto* (véase figura 1), pero en realidad existen muchos más para este fin (SEDESOL, 2007).

En el año de 1998, en el estado de Chiapas, se tenían detectados 104 sitios controlados y 769 sitios no controlados; para el 2006, se llegaron a registrar 313 sitios controlados y 767 no controlados. Sin embargo, entre las estadísticas de los diferentes niveles de gobierno, se refleja una discrepancia muy grande, ya que en la Agenda Estadística Chiapas (2001), se registraron únicamente 7 sitios denominados *tiraderos de basura a cielo abierto* que son el equivalente a los denominados *sitios no controlados*, ubicados en los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Tapachula, Comitán, Palenque, Pichucalco, Motozintla y Mapastepec, con una superficie total de 172 hectáreas y 2 rellenos sanitarios ubicados en San Cristóbal de Las Casas y Palenque, con una superficie conjunta de 11 ha (Agenda Estadística Chiapas, 2001). La proyección basada en estos datos y considerando los 118 municipios que conforman el estado, arrojarían una superficie de 2,899.43 hectáreas para la disposición final de los residuos y con ello, evidentes impactos al ambiente.

Sea cual sea la cantidad de sitios y la superficie que ocupen, lo real es que este número generalmente aumenta y se modifica cada fin de administración municipal (IHNE, 2008). Es preocupante que hasta inicios del 2008, ninguno de los municipios que conforman el estado contaba con la infraestructura básica indispensable para la disposición final de los RS que cumpliera con la normatividad vigente, apegada a los criterios técnicos de la autoridad competente (IHNE, 2008).

Los residuos sólidos no sólo contaminan el ambiente, dan mal aspecto o producen malos olores, son focos de infección y lugar de reproducción de bacterias, hongos y otros microorganismos patógenos. Además, son también las fuentes alimenticias y de reproducción para especies consideradas nocivas, que a su vez son portadores de vectores de ciertas enfermedades perjudiciales para la salud pública y competencia directa de la fauna silvestre (INHE, SSA, SECTUR, SEMARNAP, 2003).

Residuos sólidos, su manejo y las repercusiones en el ambiente

En Chiapas la generación de residuos sólidos corresponde a 0.83 kg *per cápita*, que generan 3,360 toneladas/día de residuos sólidos, de los cuales 40% (mil 344 toneladas) se produce en cabeceras municipales que cuentan con servicio de recolección y el resto en zona rural que no cuenta con sistemas eficientes de recolección (Plan Chiapas, 2007-2012), de manera que los residuos que no se recolectan, se dispersan en calles, lotes baldíos, parques, jardines, etcétera, y por acción de lluvia o viento son arrastrados a ríos y arroyos.

Por otro lado, en el territorio estatal, existían hasta el 2007 únicamente tiraderos a cielo abierto para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, lo que ocasiona graves problemas de contaminación a nuestros recursos naturales, con la implicación de graves consecuencias hacia los ecosistemas y a salud pública (Plan Chiapas, 2007-2012, INHE, SSA, SECTUR, SEMARNAP, 2003).

Algunos de los problemas ocasionados en los sitios de inadecuada disposición son: bloqueo de corrientes de agua, deterioro de lugares de recreación, contaminación de acuíferos, cuerpos de agua superficiales, salinización de suelos, proliferación de fauna nociva y generación de olor desagradable, emisiones contaminantes del aire, éstas últimas como consecuencia del desprendimiento de sustancias volátiles contenidas en los residuos; generación de gases como producto de la fermentación de los residuos orgánicos, o como consecuencia del arrastre por el viento de los residuos de distinta índole (Cortinas, 2001). A lo anterior se suma la contaminación ocasionada cuando se incendian los basureros (durante semanas) emitiendo partículas y todo tipo de sustancias tóxicas liberadas en los procesos de combustión de distintos tipos de materiales, que incluyen a las dioxinas, compuestos tóxicos persistentes y que se acumulan en los organismos de los seres vivos que las ingieren, a esta propiedad de los contaminantes se le conoce como *bioacumulable* (Cortinas, 2001).

Las dioxinas son compuestos clorados de gran toxicidad que han mostrado ser capaces de causar una variedad de efectos negativos en animales expuestos, tales como pérdida de peso y problemas en el hígado (daño hepático) o alteraciones en la función reproductiva de una cantidad creciente de especies animales (vida salvaje) (Olea, *et al.*, 2002, Armengi, *et al.*, 2005). En otros casos, se muestran alteraciones en la respuesta inmune (lo que los hace vulnerables a bacterias y virus) o bien, puede ocasionar acción nociva en el sistema reproductivo y en las crías. Las dioxinas ingresan al ambiente como subproductos no intencionales de procesos de combustión, entre los que sobresale la quema de basura por combustión de productos que contienen cloro, los bifenilos policlorados o el polivinilcloruro (Cortinas, 2003). En este último se ubican los llamados termo-plásticos, sustancias sintéticas creadas por el hombre, de uso común en recubrimientos para cables eléctricos, tubería hidráulica-sanitaria, telefónica e industriales, cajas de distribución, perfiles para instalaciones, enchufes, clavijas, gabinetes y teclados para computadora.

La estimación de la generación de residuos peligrosos (de acuerdo a las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamables o biológico-infecciosos) fue de 6,057.73 toneladas para el 2007, sólo por empresas registradas como generadoras, ante la SEMARNAP, Delegación Chiapas (2007). Por desgracia, de forma inevitable, cierta fracción de ellos se recibe en los sitios de disposición final de residuos sólidos de los municipios (Volke y Velasco, 2002), ya sea por desconocimiento por parte del personal de limpia, o porque pasan inadvertidos mezclados entre los RSU y RME (ver figura 2). Algunos de los peligros asociados a los residuos sólidos orgánicos no persistentes se presentan en el cuadro 1.

Los subproductos de los residuos sólidos urbanos más agresivos para el ambiente son los lixiviados y el biogas. El biogas, producto de la digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos, es una mezcla



Figura 2 ■

Residuos peligrosos, más de 200 filtros para aceite en un sitio de disposición final de residuos sólidos de Chiapa de Corzo, Chiapas. Fotografía Pedro Vera Toledo, 2003.

de gases en cuya composición se reconocen un gran número de gases trazas, como: monóxido de carbono, nitrógeno, oxígeno, compuestos orgánicos, sulfuro de hidrógeno, amoníaco y saturado de agua, además de: dióxido de carbono CO_2 y metano CH_4 , se acepta que aproximadamente estos últimos son prácticamente el 100% del total (UNAM, 2006, Tchobanoglous, *et al.*, 1997) a demás de ser de los principales gases de efecto invernadero que afectan las selvas neotropicales (Granados, 2006).

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, el gas utilizado como unidad en potencial de calentamiento es el CO_2 , en esta escala el CH_4 posee un potencial de calentamiento 21 veces (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2007), y se ha encontrado que por cada tonelada de basura se producen 200 hasta 370 m^3 (Bitrán, 2003) de

Compuestos Típicos	Peligros
<p>Residuos orgánicos no persistentes:</p> <p>Aceite, disolventes de peso molecular bajo, algunos pesticidas biodegradables (organofosfatos, carbamatos, triacinos, anilinas, ureas, aceites residuales, la mayoría de los detergentes)</p>	<p>Problemas de toxicidad principalmente para el ambiente y biota en la fuente o punto de emisión. Se producen efectos tóxicos después de la exposición (agudos y subagudos)</p>
<p>Residuos sólidos orgánicos persistentes:</p> <p>Hidrocarburos clorados y aromáticos con peso molecular alto, algunos pesticidas (insecticidas clorados como el hexaclorobenceno, DDT, DDE, lindano, PCB's, ftalatos)</p>	<p>Efectos tóxicos inmediatos (agudos y sub agudos) pueden producirse en la fuente o punto de emisión. Puede producir toxicidad crónica a largo plazo. El transporte de residuos orgánicos desde la fuente puede producir contaminación y bioacumulación global en la cadena de alimentación. El transporte ambiental puede exponer a la biota a niveles más bajos de contaminante, produciendo toxicidad crónica.</p>

Cuadro 1 ■ Peligros asociados a residuos orgánicos no persistentes y persistentes.

Tomado de Tchobanoglous, 1997

biogás; la estimación ascendería a 348,600 m³ al día, de manera que se puede usar como fuente de energía. Si no es controlado por métodos apropiados, el biogás da origen a graves problemas de contaminación del aire, principalmente por emisiones de gas metano y su efecto de invernadero aunado a un impacto a la salud humana, por el olor desagradable antes citado.

Los lixiviados son un líquido que se forma por la reacción de arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que se infiltran en los suelos y escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos que contaminan el suelo y los cuerpos de agua, lo que representa un riesgo potencial a la salud humana y los demás organismos vivos como se muestra en la figura 3 (Cossu, *et al.*, 2001, Ding, *et al.*, 2001).

Para que se genere el lixiviado es necesario alcanzar el punto de saturación de humedad de los residuos y que siga entrando más agua al estrato de los mismos en el paso de agua (UNAM, 2006). Ya como lixiviados, arrastran materiales en suspensión y una variedad de microorganismos existentes en la biomasa de los residuos, haciendo que el lixiviado sea un subproducto de gran potencial contaminante (UNAM, 2006). También los lixiviados contribuyen a una adicional generación de olor intolerable e impactos negativos sobre los cuerpos de agua y los terrenos aledaños.

Aún no se tienen bien definidas las rutas que siguen muchos de los contaminantes que se encuentran en ciertas concentraciones en los lixiviados. Sin embargo, se sabe que los efectos de los contaminantes orgánicos persistentes en más de una docena de especies depredadoras (águilas, cormoranes, truchas, tortugas y otros), son la reducción en su población y las disfunciones reproductivas, el adelgazamiento de la pared de los huevos, los cambios metabólicos, las deformidades y los defectos de nacimiento, las tumoraciones, el cáncer, algunos cambios en su comportamiento, fallas en el sistema hormonal y la baja de defensas, entre otros (Peter, *et al.*, 2000).



Figura 3 ■ | Aspecto de los escurrimientos de lixiviados en la cañada del sitio de Tuxtla, inicio del 2005. Fotografía Pedro Vera Toledo, 2005.

Invariablemente, los sitios de disposición final de residuos sólidos llamados basureros, proliferan especies que sin ser nocivas, representan un problema para las especies nativas ya que compiten por el alimento disponible; además de que las primeras (perros, zopilotes, gatos, etcétera) son generalmente depredadoras, se convierten en una complicación. A inicios del 2006 la SEMARNAT otorgó a las autoridades del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas el permiso para llevar a cabo el control letal de un número aproximado de sesenta mil zopilotes que habitaban en zonas aledañas al aeropuerto *Francisco Sarabia*, el dictamen del senado de la República reportó, *Estas aves proliferan en las inmediaciones del aeropuerto no porque sean una plaga molesta, sino porque ahí se localiza un tiradero de basura que carece de un óptimo manejo y por ende atrae a este tipo de aves* (Senado de la República, 2005).

En un estudio realizado en el sitio de disposición final de residuos sólidos en el municipio de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (véase figura 4), a pesar que el entorno al sitio se encuentra en buen estado de conservación, no se detectó presencia de vida silvestre, esto es atribuible a las jaurías de perros salvajes que

viven en el área del basurero (Nájera y Vera, 2006). Finalmente, se percibe que esta problemática, se fundamenta en la falta de sensibilidad y educación ecológica de la población y de autoridades en todos sus niveles.

MARCO JURÍDICO

El marco jurídico actual en materia de residuos es mínimo. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en la mayor parte de su contenido habla sobre los residuos peligrosos y el tema de los residuos sólidos urbanos sólo se menciona en el título sexto, en un capítulo con seis artículos (LGPGIR). También existe la Ley Ambiente del Estado de Chiapas, la cual, en el título quinto, capítulo cuarto, también cuenta con seis artículos que regulan a los residuos sólidos no peligrosos.

Es importante señalar que la ley estatal no cuenta con reglamento alguno, lo que hace complicada su aplicación. Por otra parte, prácticamente todos los municipios carecen de un ordenamiento legal que regule integralmente el aspecto de los residuos sólidos, lo que resulta en la inadecuada operación de las instancias jurídicas del municipio para aplicar sanciones a infractores en materia de mal manejo de residuos sólidos.

De acuerdo a la LGPGIR (2003), en su artículo 10, menciona que *los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final*. En este sentido, se observa que en la mayoría de los municipios del estado, no existe un área específica, los responsables carecen de capacidad técnica e invariablemente falta infraestructura para manejar adecuadamente los residuos.

Tendencias de cambio

En 2003 se publicó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la NOM-SEMAR-NAP-2003, lo que representó un gran paso para unificar criterios y contar con herramientas que facilitaron el quehacer de las autoridades; sin embargo a pesar de

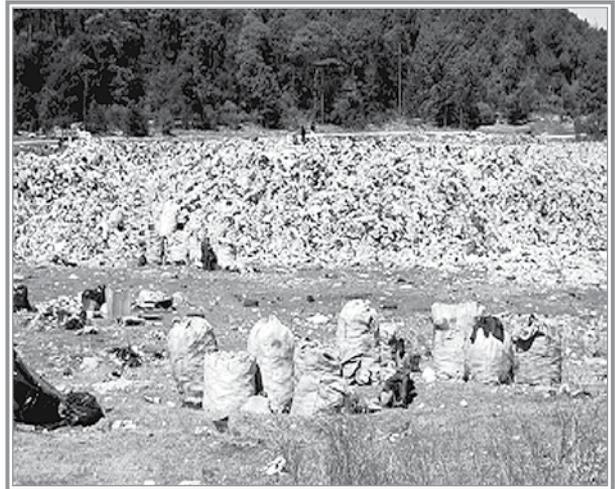


Figura 4 ■

Sitio de disposición final de residuos sólidos del municipio de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, fondo, bosque de pino encino relativamente conservado, sin fauna aparente. Fotografía Hugo Alejandro Nájera Aguilar y Pedro Vera Toledo, 2006.

la existencia de los instrumentos jurídicos, no se ha cumplido cabalmente con ellos.

La Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas de la Secretaría de Desarrollo Social, reportó en abril del 2006, la presencia de tres rellenos sanitarios en Chiapas (SEDESOL, 2007), aunque no se especifica su ubicación. Para mediados del 2008, los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Ocosingo, Villaflores, San Fernando, Yajalón, Comitán y Pichucalco, este último en conjunto con otros municipios: Reforma y Juárez, han realizado acciones y obras civiles concretas (véase figura 5), para minimizar los impactos que genera la inadecuada disposición de los residuos sólidos. Otros municipios trabajan para realizar los estudios correspondientes y encarar la problemática de la disposición de los residuos sólidos urbanos, a pesar del gasto económico que esto representa (IHNE, 2008).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Consideramos que falta mucho trabajo por hacer en materia de gestión integral de los residuos sólidos. Existe un reto mayúsculo en cuanto a educación ambiental se refiere, en tanto es de importancia sobresaliente las labores de sensibilización dirigidas a los tomadores de decisiones en los diversos niveles gubernamentales, a la población, a los estudiantes de todos niveles, así como a los servidores públicos encargados de las labores de recolección transporte y disposición final de los residuos. Se recomienda la creación e implementación de estrategias de educación ambiental.

Se sugiere la gestión para crear un fondo a nivel estatal orientado a allegar los recursos económicos, dirigidos a realizar: investigaciones, estudios técnicos, adecuación del marco legal en municipios (reglamento, bandos de policía y buen gobierno), en el contexto estatal (leyes en la materia, reglamentos, etcétera), la creación y operación de las instancias encargadas

del cumplimiento de esos instrumentos, proyectos ejecutivos, obras de clausura de sitios no controlados, construcción de rellenos sanitarios, bandas de segregación de materiales, sistemas de tratamiento, flotillas de camiones recolectores, maquinaria pesada para operación de los rellenos, la propia operación de la infraestructura para el manejo de los residuos, entre otros.

LITERATURA CITADA

AGENDA ESTADÍSTICA CHIAPAS, 2001. Gobierno del Estado de Chiapas, México.

ARGEMI, F., CIANNI, N., y A., PORTA. 2005. Disrupción endócrina: perspectivas ambientales y salud pública. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 39 (3): 291-300.

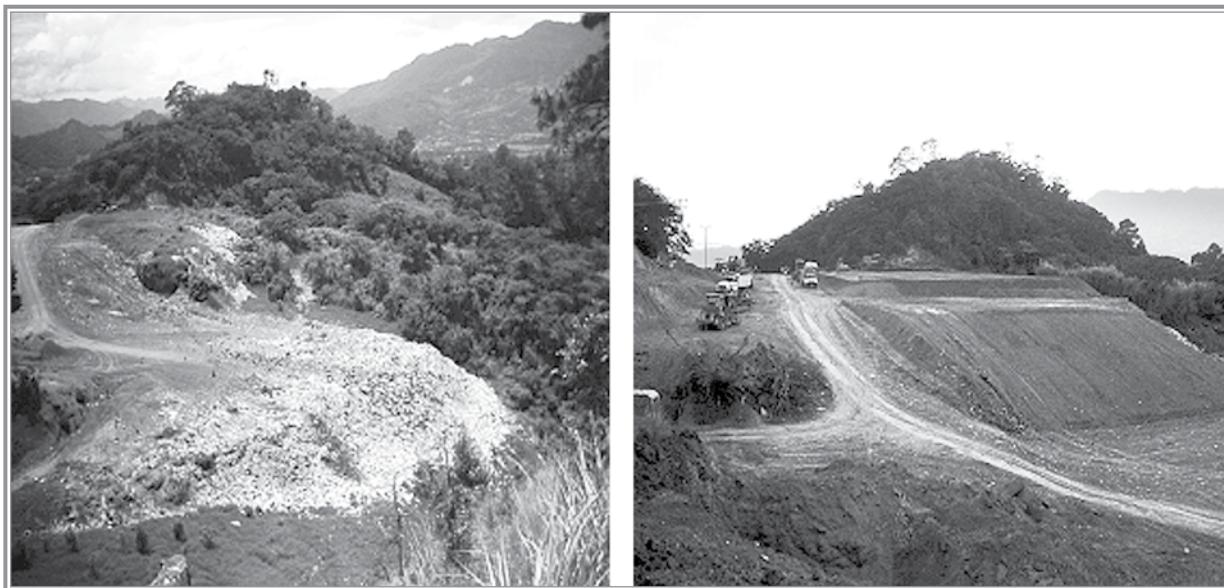


Figura 5 ■

Las fotografías muestran un antes (junio 2006) y un después (diciembre 2007), de las obras y acciones para saneamiento y control del impacto ambiental negativo, provocado por la inadecuada disposición de residuos sólidos en el sitio de disposición final del municipio de Ocosingo, Chiapas. Fotografías Pedro Vera Toledo, 2006-2007.

BITRÁN, O., 2003. *Estudio de políticas de abatimiento de gas de efecto invernadero y desarrollo económico: sinergias y desafíos en el sector de los rellenos sanitarios en el caso de Chile*, Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, Chile.

COMISIÓN INTERSECRETARIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, 2007. *Estrategia nacional de cambio climático*, México.

CORTINAS, N. C., 2001. *Hacia un México sin basura, bases e implicaciones de las legislaciones sobre residuos*, Talleres Gráficos de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, D.F.

_____, **2003.** *Los contaminantes orgánicos persistentes: una visión regional*, Talleres Gráficos de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, D.F.

COSSU, R., HAARSTAD, E., LAVAGNOLO, M. y LITTARU, P., 2001. *Removal of Municipal Solid Waste Cod and NH_4-N by Phyto-Reduction: a Laboratory-Scale Comparison of Terrestrial and Aquatic Species at Different Organics Loads*, Elsevier Science Ltd.

DING, A., ZHANG, Z., FU, J. y CHEN L., 2001. *Biological Control Leachate from Municipal Landfill*, Elsevier Science Ltd.

GRANADOS, J., 2006. *Las selvas tropicales y el cambio climático*, Mérida, Yucatán, México.

INSTITUTO DE HISTORIA NATURAL Y ECOLOGÍA DEL ESTADO DE CHIAPAS, 2008. *Situación de los sitios de disposición final de residuos sólidos en Chiapas*, tercer ciclo de seminarios, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas (no publicado).

INSTITUTO DE HISTORIA NATURAL Y ECOLOGÍA DEL ESTADO DE CHIAPAS, SECRETARÍA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA, SECRETARÍA DE TURISMO, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, 2003. *Manual de manejo adecuado de los residuos sólidos municipales*, México.

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM, 2006. *Manejo de lixiviados y biogás generados en un relleno sanitario (generación, control, tratamiento y aprovechamiento)*, s.l.

NÁJERA H. y P. VERA, 2006. *Diagnóstico ambiental del sitio de disposición final de residuos sólidos de San Crisóbal. con clave: CHIS-2005-c03-070*, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas.

OLEA N., FERNÁNDEZ, M., ARAQUE, P. y F. OLEA-SERRANO, 2002. *Perspectivas en disrupción endócrina*, Laboratorio de Investigaciones Médicas, Hospital Clínico, Universidad de Granada, Gac Sanit; 16 (3):250-6.

ORRIS, P., KAATZ, L., y K., PERRY, 2000. *Persistent Organic Pollutants and Human Health. Persistent Organic Pollutants Project*, World Federation of Public Health Association, s.l.

PLAN DE DESARROLLO CHIAPAS SOLIDARIO 2007-2012, 2007. Talleres Gráficos, Gobierno del estado de Chiapas.

SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, 2001. *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*, 1a reedición, México, Secretaría de Desarrollo Social, 2007, Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, Rellenos Sanitarios, México, D.F.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, 1999. *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*, México, D.F.

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, 2009. Documento electrónico, consultado en febrero de 2010, localizado en: <http://www.semarnat.gob.mx/estados/chiapas/temas/Paginas/ManejoIntegraldeContaminantes.aspx>

SENADO DE LA REPÚBLICA, 2006. Documento electrónico, consultado en febrero de 2010, localizado en: <http://www.senado.gob.mx/gace2.php?sesion=2005/06/01/1&documento=56>

TCHOBANOGLIOUS, G., THAISEN, H. y S. VIGIL, 1997. *Gestión integral de residuos sólidos*, Editorial McGraw Hill, vol. I, pág. 130.

VOLKE-SEPÚLVEDA, T. y J. A. VELASCOTREJO, 2002. *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pág. 62.



