

Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo

Ay Robertos, F.A.¹, Brinckmann, W. E.², Ayllón Trujillo, M.T.³

Fecha de recepción: 10 de noviembre de 2010 – Fecha de aprobación: 10 de enero de 2011

RESUMEN

La fragilidad de la zona norte del estado de Quintana Roo está determinada por sus características edafológicas, geológicas y climáticas, convirtiéndolo en un lugar altamente vulnerable a los potenciales efectos que las actividades antrópicas, ocasionan en el ecosistema. Entre estas actividades encontramos la generación excesiva de residuos sólidos urbanos y la construcción de sitios de disposición final, que sin un manejo y clausura adecuados, pueden ocasionar impactos sobre la flora y fauna cercanas, así como daños a la salud de los individuos que habitan las zonas aledañas a estos sitios. Surgiendo la necesidad de elaborar esquemas de manejo adecuados a las características del lugar y del tipo de residuos que se generan, en un sitio determinado; para asegurar la sustentabilidad de las actividades humanas, sin comprometer los recursos naturales.

Palabras clave: composición de residuos sólidos, reciclaje, relleno sanitario, residuos sólidos.

Final disposition of solid waste in the counties of Benito Juárez and Isla Mujeres in Quintana Roo

ABSTRACT

The fragility of the northern zone of the Quintana Roo state is determined by its soil, geological and climatic characteristics, which make it highly vulnerable to disturbances caused by anthropogenic activities in the ecosystem. Among these activities are the excessive generation of solid waste and construction of disposal sites; which without adequate management and closing, they may cause negative impacts on flora and fauna, as well as harm the wellbeing of the inhabitants of the surrounding disposal areas. Therefore it is necessary to find adequate management schemes according to the waste and disposal site characteristics in order to ensure the sustainability of human activities without compromising the natural resources.

Key words: landfill, recycling, solid waste, solid waste composition.

¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Av. Manuela Nava 201 Zona Universitaria, 78210 San Luis Potosí México. flor.ay83@gmail.com

² Universidad de Santa Cruz do Sul, Brasil.

³ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Av. Manuel Nava 201 Zona Universitaria, 78210 San Luis Potosí, México

INTRODUCCIÓN

El estado de Quintana Roo se ubica al este de la Península de Yucatán y tiene colindancia con los estados de Yucatán hacia el noroeste y Campeche al oeste; mundialmente es conocido como el Caribe Mexicano, por la colindancia que tiene al este con el Mar Caribe. La historia del estado de Quintana Roo ha estado marcada por acontecimientos políticos y ambientales. Los primeros, la situaron en varios pasajes como un anexo a los estados de Yucatán y Campeche hasta que en 1971 se le otorgó la condición de zona libre por ocho años y es la industria turística, con la gestación de Cancún, lo que permitió que reuniera las condiciones constitucionales para pasar de la categoría de Territorio a la de Estado. En el aspecto ambiental, la presencia de huracanes ha marcado también su historia, como por ejemplo, el huracán Janet en 1955 que ocasionó la destrucción de algunas poblaciones como Chetumal y Xcalak. Otros

huracanes han sido parte de la historia del Estado, como Gilberto (1988), Emily (2005), Stan (2005), Wilma (2005) y el más reciente Dean (2007) (Pacheco 2008).

La fragilidad del territorio del estado de Quintana Roo, especialmente en la zona norte (municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres) está directamente relacionada con sus características edafológicas, geológicas y climáticas (Tabla 1), que lo hacen altamente vulnerable a los efectos que las actividades antrópicas ocasionan en el ecosistema. Por otra parte, el territorio está formado principalmente por material no consolidado con espesores reducidos por lo que no tiene capacidad de formar cuencas; presentando un acuífero de un espesor muy pequeño, suelos someros formados por material de textura gruesa y con gran influencia del mar, debido a su cercanía (INEGI 2005).

Tabla 1. Características físicas del territorio en el estado de Quintana Roo

Factor	Características
Hidrología de la Costa Baja	• Recarga: 1,960 mm³/año • Extracción: 1,954 mm³/año • Profundidad de acuífero: desde 1 hasta 10 metros de la superficie • Espesor: 19 m. • Calidades de aguas predominantes: sódico cloruradas y sódico clorurada-sulfatada. • Otros: alta permeabilidad de las calizas, poca altitud y delgado espesor del agua dulce por encima del nivel del mar.
Clima [Aw0 (X')]	• Tipo climático: Cálido subhúmedo (Aw0) • Regiones de lluvias de verano • Temperatura anual media: 26.6°C • Variación media mensual: 5°C • Tipo: Isotermal • Precipitación media anual: 1,012.87 mm³

Fuente: Modificado de INEGI (2005)

La industria turística, por ser una industria sin chimeneas, se ha considerado como una actividad de bajo impacto, pero en el caso de Cancún, que se encuentra dentro del municipio de Benito Juárez (Figura 1), la disposición de residuos sólidos urbanos se ha desarrollado de forma descontrolada y con las mínimas regulaciones, sobre todo de carácter ambiental. Esto ha creado que el manejo inadecuado de los grandes volúmenes de residuos generados sea un problema incontrolable en los lugares en donde se desarrolla.

En el municipio de Isla Mujeres, compuesto por una zona insular y otra continental (Figura 1), se pudo observar un impacto desde el año de 1996 hasta el 2007, ya que durante este periodo el relleno sanitario conocido como “Norte” y posteriormente en su celda

emergente “*Sufre y calla*”, funcionaron como sitios de disposición final tanto de la zona insular del municipio de Isla Mujeres como del municipio de Benito Juárez, por lo que la cantidad de desechos sólidos superaba por mucho el volumen de los de la ínsula.

Son muchos los autores que han escrito acerca de los impactos ambientales que la actividad turística ejerce sobre el medio (FCVS-ESTM 1987; Fullana y Ayuso 2002; y Santander 2005 entre otros).

El estilo de vida de las sociedades actuales, ya sea por el incremento de la población en los centros urbanos o por la modificación en los patrones de consumo, han contribuido para que el problema de los residuos sólidos urbanos se agrave, pues el consumo de

productos con envolturas y embalajes desechables es cada vez más frecuente e incide directamente en la

degradación ambiental y el deterioro de la salud pública (Minuzzi et al. 2002; BID 1997).



Figura 1. Municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en el estado de Quintana Roo
Fuente: Elaboración propia

Debido a que las actividades turísticas se consideran de bajo impacto, su desarrollo se lleva a cabo con mínimas regulaciones. El resultado de este fenómeno administrativo y político-social es que ahora se observan sitios turísticos con fuertes problemas ambientales; uno de ellos es el ocasionado con disposición final de los residuos sólidos. Encontramos que los rellenos sanitarios son una forma común y para disposición final, sin embargo, cuando se carece de espacio suficiente y de un manejo adecuado se generan problemas tanto ambientales como sociales.

La implementación de programas y tecnologías para el manejo eficiente y transformación de residuos depende en gran medida del involucramiento de los diversos sectores de la sociedad para una gestión integral que, además de la recuperación de los materiales reciclables, promueva la modificación de los patrones de consumo, reduciendo la generación de residuos sólidos urbanos.

Debido al acuerdo existente entre los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres con respecto a la disposición conjunta de los residuos sólidos, el propósito de este trabajo fue analizar la problemática en torno al tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos urbanos, así como las alternativas viables para un manejo más eficiente.

La gestión de los residuos sólidos

Una de las definiciones aceptadas para el residuo sólido es la del Banco Interamericano de Desarrollo (BID 1997) que establece: “*un residuo sólido es cualquier producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana o de la naturaleza, que ya no tiene más función para la actividad que lo generó*”.

Los principales problemas en la gestión de los residuos sólidos son la falta de espacio suficiente para la disposición final o la falta de un sistema de recolecta adecuado. Cuando estos problemas están presentes debido al incremento en el volumen de residuos sólidos urbanos generados principalmente en las zonas más urbanizadas, ya sea por el crecimiento poblacional o por el exceso en el consumo, los tiraderos a cielo abierto se vuelven una práctica común originando un problema de control, ya que por lo general son clandestinos.

En México, la generación de residuos sólidos urbanos aumentó de 30,000 toneladas al día en el año 1950 a 88,100 toneladas en el 2000. De las 32 millones de toneladas anuales generadas aproximadamente, el 53% está constituida por residuos orgánicos, 14% es papel y cartón, 6% vidrio, 4% plástico, 2% textiles y el 3% hojalata; el 18% restante se integra con madera, cuero, hule, envases de cartón encerado, trapo y fibras diversas (GTZ 2003).

El destino final de los residuos sólidos urbanos generados en los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez es el relleno sanitario, el cual se define con base en la Norma NOM-083-SEMARNAT-2003, como una *“obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructuras adicionales, los impactos ambientales”*; considerando además la existencia de una adecuada impermeabilización del suelo antes de iniciar la operación, sistemas de drenaje de lixiviados, de captación del biogás producido y una correcta compactación y cobertura de las capas con tierra (Fallenberg, citado por Minuzzi et al. 2002).

A este respecto, se considera que los lixiviados se generan principalmente con aguas meteóricas que se han percolado a través de la masa de residuos cargándose a su paso de microorganismos, pero sobre todo, de sustancias químicas minerales y orgánicas, cuyas concentraciones son difíciles de determinar debido a que los rellenos sanitarios son considerados como “reactores complejos” al contener una mezcla heterogénea de residuos que cambian de forma espontánea como consecuencia de la actividad microbiológica (Robles 2005). Asimismo, el biogás está formado principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), seguido por diferentes componentes que incluyen el hidrógeno (H_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S) y trazas de vapor de agua, dependiendo de la presión, la temperatura y el contenido de humedad, las concentraciones de estos gases (Colmenares y Santos 2007), así como de la composición de los residuos, de la forma de explotación y de la edad del relleno sanitario (Robles 2005). Se considera que el metano representa la mayor contribución al efecto invernadero y por consiguiente, al calentamiento global ya que supera 21 veces al CO_2 , según información obtenida de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Modalidad Particular del proyecto de “Extracción de BIOGAS del Relleno Sanitario Norte y su Celda Emergente del Municipio de Isla Mujeres, Quintana Roo” (Abarmar 2010).

Los lixiviados y el biogás representan los principales riesgos de contaminación de los rellenos sanitarios hacia el medio ambiente, por lo cual es necesario que el manejo de estos sitios sea de forma integral con el fin de disminuir en la medida de lo posible los impactos al ecosistema (Robles 2005).

Cada tipo de desecho tiene un ciclo de vida diferente, el cual depende de sus características y composición;

el manejo inadecuado, o la mezcla de diferentes tipos de residuos, puede generar diversos impactos en los medios físico, biológico y antrópico (BID 1997). Un tiradero no controlado o un relleno sanitario manejado de forma inadecuada genera contaminación del suelo lo cual causa daños a la flora y fauna aledaña, y contaminación de aguas subterráneas en caso de encontrarse cerca del manto freático; causa también contaminación de aire por el metano que es uno de los principales gases de efecto invernadero producido por la descomposición de los residuos orgánicos (BID 1997). De esta forma, se puede decir que la inexistencia de un programa de manejo de residuos sólidos en una región dada compromete todo un ecosistema, pues la naturaleza debe ser vista como un sistema (Minuzzi et al. 2002).

La transmisión de enfermedades puede darse ya sea por exposición a ciertas sustancias volátiles que emanan de los desechos o a las condiciones que se crean en los hogares cercanos a los sitios de disposición, debido a que a los contaminantes químicos y biológicos pueden ser transportados por aire, agua y suelos pudiendo contaminar residencias y alimentos. Así, las comunidades más susceptibles a ser afectadas son las situadas en áreas periféricas. Usualmente, éstas son áreas marginales urbanas y casi siempre en situación de pobreza que además no cuentan con un sistema adecuado de recolección. También afectan a los que viven en áreas continuas a los basurales clandestinos o vertederos abiertos. Asimismo, el polvo es uno de los vectores más dañinos, su diseminación porta organismos patógenos y materiales peligrosos. Los gases emitidos durante la biodegradación, o quema de la materia orgánica, generan gases orgánicos volátiles, tóxicos y algunos carcinógenos, así como subproductos típicos de la biodegradación; el humo puede ser irritante para el sistema respiratorio causando en la gente mayor sensibilidad a enfermedades de las vías respiratorias. No es raro que un gran número de enfermedades esté relacionado directamente con los residuos y puedan transmitirse por contacto directo o bien por vectores (BID 1997) (Tabla 2).

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se usó un diseño de tipo cualitativo el cual, según Bernal (2006), se aplica a la investigación que busca “explicar”, “cualificar” y “describir”, por medio de las percepciones, los elementos presentes en la situación de estudio y que puede incorporar herramientas cuantitativas y cualitativas; en resumen, profundizar en la temática de estudio.

La metodología utilizada fue la denominada "Investigación – Acción Participativa" (IAP), que es un proceso que consiste en conocer-actuar-transformar, comenzando con una caracterización del problema a estudiar y compartirlo con los actores

locales, sensibilizándolos sobre sus propios problemas, encaminándolos a la movilización y por consiguiente ser los responsables del proceso de cambio de la realidad (Bru y Basagoiti 2002).

Tabla 2. Enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con residuos sólidos

Vectores	Forma de transmisión	Principales enfermedades.
Ratas	• A través del mordisco, orina y heces • A través de las pulgas que viven en el cuerpo de la rata	Peste bubónica, Tifus murino, Leptospirosis
Moscas	• Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) • A través de las heces y saliva	Fiebre tifoidea, Salmonelosis, Cólera, Amebiasis, Disentería, Giardiasis
Mosquitos	• A través de la picazón del mosquito hembra	Malaria, Leishmaniosis, Fiebre amarilla, Dengue, Filariosis
Cucarachas	• Por vía mecánica (a través de alas, patas y cuerpo) y por las heces	Fiebre tifoidea, Cólera, Giardiasis
Cerdos y ganado	• Por ingestión de carne contaminada	Cisticercosis, Toxoplasmosis, Triquinosis, Teniasis
Aves	• A través de las heces	Toxoplasmosis

Fuente: BID (1997)

Con base en esta metodología, en primer lugar se identificó la situación que se quería investigar y se determinó quiénes eran las personas, colectivos e instituciones implicados en el tema para hacer los contactos oportunos con ellos. Lo anterior se realizó a partir de la misma experiencia de los participantes en donde un contacto llevó a otro y así sucesivamente (Colectivo IOÉ 2003).

La técnica de IAP con la que se abordó esta investigación fue el estudio de caso, ya que como parte del proceso participativo era indispensable un primer análisis de la realidad y conocer a los actores que tienen la capacidad de intervenir en su transformación. Según Rotondo (2008), esta técnica “Capta y describe la singularidad y complejidad de un caso de especial interés, tal como funciona en la realidad y en su propio contexto, y aplica una combinación de técnicas para múltiples evidencias, para explicar causalidad y describir procesos”. Básicamente, el estudio de caso puede ser realizado en cuatro pasos básicos (pudiendo insertar otros durante el proceso de elaboración) y consisten en 1) identificación del caso, 2) recolección de la información, 3) registro y 4) escritura del caso como historia (Rotondo 2008).

En este estudio, se aplicaron las siguientes herramientas:

- Observación, dividida en tres fases: recolección de la información, observación

con bitácora de campo y elaboración tanto de las conclusiones como de las aportaciones correspondientes.

- Entrevistas con los actores que contaban con información de calidad, es decir, personas conocedoras del tema; para esto, se prepararon los guiones y se validaron con expertos. Las entrevistas realizadas fueron de los tipos semiestructurada y no estructurada.
- Análisis de documentos basados principalmente en fichas bibliográficas, con el propósito de analizar el material impreso que se usó principalmente en la elaboración del marco teórico, pero que también fue útil para la fase de observación y para la información recabada por medios electrónicos, material periodístico y documentos oficiales de las instancias de gobierno.

GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS EN LAS CIUDADES TURÍSTICAS.

En el área de estudio, que comprende los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en los que se tiene gran afluencia turística, se genera un exceso de residuos sólidos urbanos como resultado de las actividades de la población local, de los turistas y de los servicios turísticos que prestan los comercios, restaurantes, hoteles, etc.

Los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres han

compartido el lugar de disposición de residuos desde hace casi 15 años, primero en el territorio de Isla Mujeres en el “Relleno Sanitario Norte” junto con su celda emergente “Sufre y Calla” (ambos ya clausurados) y después con el de la parcela 1113 (aún en funcionamiento), ubicado en el municipio de Benito Juárez. En este municipio, el manejo y la recolección de residuos sólidos ha sido concesionado a empresas privadas; mientras que en Isla Mujeres, es el propio municipio quien se hace cargo la recolección, el depósito de los residuos sólidos municipales en el centro de transferencia y finalmente, su traslado en ferri al relleno sanitario.

El manejo inadecuado del primer relleno sanitario trajo como consecuencia el escurrimiento de los lixiviados hacia la laguna y posteriormente, la contaminación del suelo a causa de los fenómenos

hidrometeorológicos que son bastante frecuentes en esta zona. En ambos rellenos sanitarios se excedió su capacidad, convirtiéndose en focos de infección al estar ubicados cerca de la población (Figura 2).

Quintana Roo cuenta desde el 2007 con la Ley Para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo que, junto con su Reglamento, tiene entre sus objetivos el fomento a la separación, reutilización, reciclaje y co-procesamiento de materiales contenidos en los residuos sólidos, haciendo efectiva la corresponsabilidad de los distintos sectores involucrados. Estos objetivos fueron elaborados para que los grandes generadores de residuos (que son los que generan diez o más toneladas por año), cuenten con un plan de manejo, adecuado al volumen de generación de sus residuos sólidos (LPGIRSEQROO 2007).

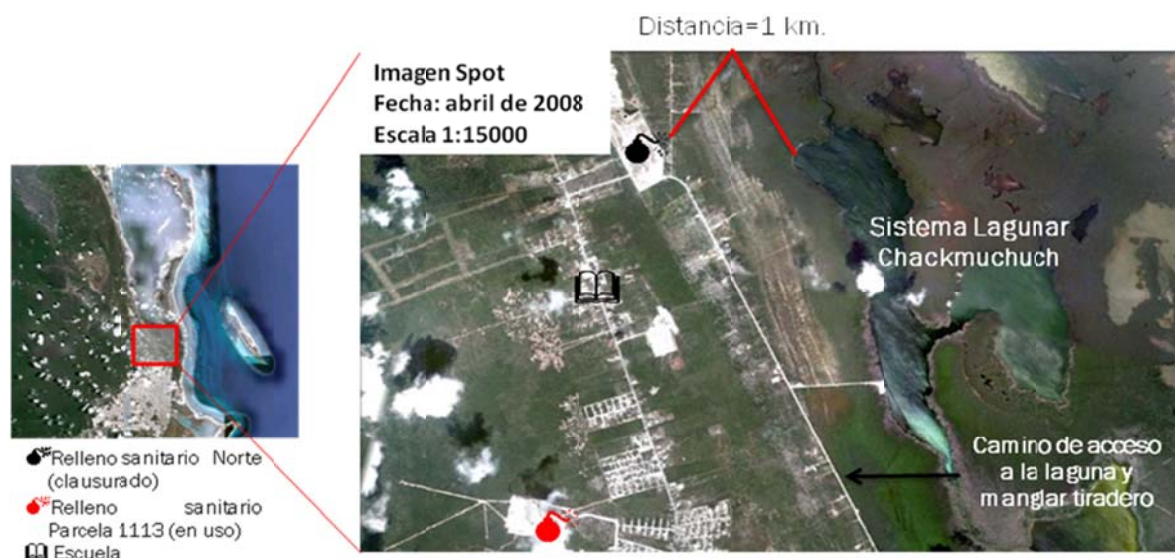


Figura 2. Ubicación de los rellenos sanitarios en la zona con población
Fuente: Modificado de Google Earth (2010)

Hasta el momento, esta ley no se está aplicando, pues aún no se exigen los planes de manejo. Por lo cual, la recolección de residuos sólidos urbanos aún no es selectiva y en su mayoría, los residuos sólidos que se generan en los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez llegan al relleno sanitario sin algún tipo de tratamiento previo.

Según información oficial proporcionada por la Dirección de Servicios Públicos Municipales del municipio de Benito Juárez, encargada de la gestión de residuos sólidos que llegan al sitio de disposición final, en este caso el relleno sanitario (Oficio No. DGSPM/593/10 de fecha 19 de mayo de 2010), se encontró que el comportamiento en el patrón de

residuos sólidos era el esperado conforme a la actividad turística que se desarrolla: a) en la mayoría de los casos, la cantidad de residuos sólidos generados está muy cerca del valor medio, ya que todo el año existe gran afluencia turística y los meses de mayor generación de residuos son los meses conocidos como de “temporada alta” por el alto porcentaje de ocupación hotelera, que en Cancún e Isla Mujeres son los meses de marzo, abril, julio y agosto. También se observó que estos patrones se modificaron en función de diversos acontecimientos de índole internacional, como lo fueron la crisis económica en los Estados Unidos y la epidemia de Influenza AH1N1.

Patrones de generación de los residuos sólidos en el área de estudio.

De manera general, para los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres se tienen los siguientes comportamientos en la generación de residuos sólidos municipales en el periodo comprendido de 2005 a 2010 (Tablas 3 y 4):

- a. En el año 2005, el comportamiento fue conforme a lo predecible, los meses de mayor generación de residuos fueron marzo, abril, julio y agosto, que coinciden con los meses vacacionales.
- b. En el 2006, el relleno sanitario se clausuró y los desechos comenzaron a destinarse en un nuevo sitio, notándose un aumento en la generación de los residuos para los meses de julio, agosto, noviembre y diciembre.
- c. Para el 2007, la generación de residuos en los meses de julio y agosto también aumentó, sin embargo, la cantidad de residuos fue mayor con respecto al año anterior. Durante el mes de abril, según información obtenida de la Dirección de Ecología Municipal del Municipio de Benito Juárez, fue implementado el programa “Reciclatón”, en el cual se recolecta papel y cartón, PET, vidrio y electrónicos.
- d. En el 2008, se notó un aumento en la generación de residuos sólidos correspondiente al mes de abril y principalmente en el verano (julio y agosto), en donde la cantidad total anual, también

tuvo un aumento con respecto al año anterior.

- e. En el año 2009, a pesar de que fue el año en que tuvo lugar la crisis financiera estadounidense, se observó una generación elevada de residuos durante los meses de febrero y marzo, que fue la temporada de “spring break”; pero a partir de abril, comenzó a disminuir para tener una caída bastante marcada en los meses de mayo y junio, que fueron los meses en que la alerta epidémica de Influenza AH1N1 se había extendido no sólo en el país sino en el mundo. Esta situación ocasionó que en Cancún e Isla Mujeres fueron cerrados varios hoteles por falta de ocupación; sin embargo, en el verano (principalmente durante el mes de julio) se notó un incremento. Se observó para este año, una disminución en el tonelaje de residuos sólidos con respecto al año anterior que fue aproximadamente de 72 mil toneladas.
- f. Finalmente en el año 2010, la empresa concesionaria del servicio de recolección y manejo de residuos sólidos entró en un estado de conflicto con el Ayuntamiento, al recibirse quejas de que operadores de los vehículos recolectores no estaban cumpliendo con las rutas y que era excesivo el cobro que se quería hacer por el depósito de desechos en el relleno sanitario, observándose una disminución de la generación media con respecto a los años anteriores.

Tabla 3. Residuos sólidos urbanos dispuesto en el relleno sanitario (kg) correspondiente al municipio de Benito Juárez

FECHA	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Enero	11,467,120	19,002,540	25,421,355	31,078,445	30,020,440	22,624,940
Febrero	18,413,220	16,598,385	21,284,790	23,769,660	26,281,540	21,874,830
Marzo	21,449,150	20,156,460	23,854,340	27,794,255	28,593,190	23,954,530
Abril	21,062,695	15,352,790	23,224,985	32,937,800	25,219,165	24,432,640
Mayo	21,050,520	21,253,845	26,460,230	31,536,625	20,190,245	
Junio	20,908,450	20,971,415	25,623,570	33,004,274	22,443,870	
Julio	22,017,095	23,239,617	28,119,305	35,926,715	27,559,015	
Agosto	21,336,390	23,014,035	30,735,960	36,052,610	25,594,535	
Septiembre	20,432,410	23,627,740	30,134,590	30,899,455	22,388,830	
Octubre	18,672,560	21,298,665	30,580,620	29,831,500	25,099,985	
Noviembre	17,413,625	24,558,830	29,099,295	30,625,380	22,964,970	
Diciembre	18,685,030	25,078,340	31,191,710	30,982,701	25,108,230	
TOTAL	232,908,265	254,152,662	325,730,750	374,439,420	301,464,015	92,886,940
Media	19,409,022	21,179,389	27,144,229	31,203,285	25,122,001	23,221,735

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Servicios Públicos Municipales del Municipio de Benito Juárez

Tabla 4. Residuos sólidos urbanos dispuesto en el relleno sanitario (kg) correspondientes al municipio de Isla Mujeres

FECHA	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Enero	259,210	982,005	713,060	756,545	1,079,525	730,790
Febrero	491,080	543,475	631,725	783,945	1,117,700	845,400
Marzo	700,105	738,055	825,135	1,140,485	1,472,095	769,650
Abril	646,540	305,945	841,275	1,263,395	938,510	972,520
Mayo	720,765	618,320	812,775	4,832,845	669,410	326,580
Junio	572,270	916,210	647,315	24,595	783,440	
Julio	573,290	942,102	704,190	1,475,805	995,490	
Agosto	508,905	720,810	958,860	1,158,650	1,001,410	
Septiembre	685,045	675,820	625,200	976,210	835,660	
Octubre	293,085	789,410	743,160	1,090,820	837,935	
Noviembre	278,800	936,720	578,625	1,064,650	754,080	
Diciembre	691,790	831,410	689,115	984,120	826,830	
TOTAL	6,420,885	9,000,282	8,770,435	15,552,065	11,312,085	3,644,940
Media	535,074	750,024	730,870	1,296,005	942,674	911,235

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Servicios Públicos Municipales del Municipio de Benito Juárez

Los patrones de generación de residuos se modifican conforme a la afluencia de visitantes, sin embargo, es tema de debate la cuestión del incremento significativo en la generación de residuos y por tanto su impacto al ecosistema, o si este impacto es mínimo.

Composición porcentual de los residuos generados en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres

En cuanto al origen de los residuos, se realizó una comparación y los cálculos correspondientes entre el

volumen total de lo dispuesto en el relleno y el volumen de lo que se genera en Isla Mujeres y se obtuvo que en promedio, sólo el 3% corresponde al municipio de Isla Mujeres.

La composición porcentual de los residuos sólidos municipales, que se generan en ambos municipios, está conformada en su mayor parte con residuos de origen orgánico, seguidos por el plástico y el papel (Figuras 3 y 4).

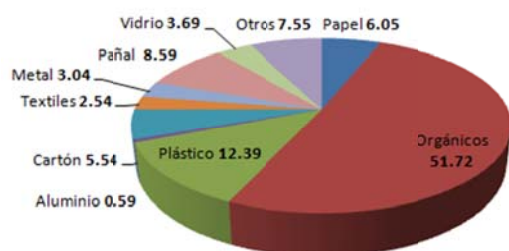


Figura 3. Composición de los residuos en el municipio de Isla Mujeres

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cuellar (2006)

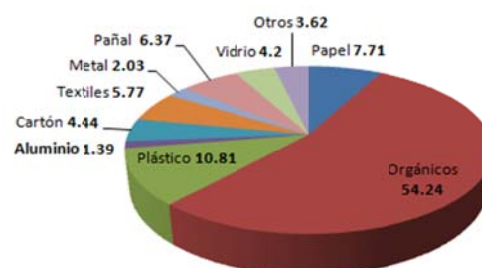


Figura 4. Composición de los residuos en el municipio de Benito Juárez

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cuellar (2006)

Situación actual del sitio de disposición final

Con el fin de disminuir la generación de residuos y de mitigar sus impactos, los municipios de Benito Juárez

e Isla Mujeres han creado programas para incentivar el reciclaje. En el municipio de Benito Juárez, el programa de acopio de materiales reciclables se lleva

a cabo cada mes; sin embargo, según datos de la Dirección de Servicios Públicos Municipales y la Dirección General de Ecología del Municipio de Benito Juárez, en el 2007 se recuperaron en total 63,133 kg de material reciclable; en 2008 fueron 167,977 kg; en 2009, fueron 152,216 kg y para 2010, de enero a abril fueron 408 kg. Con base en lo anterior, se deduce que el volumen de lo que se está recuperando en este Programa no representa ni el 0.01% de lo que llega al sitio de disposición final.

Por otra parte en la zona insular del municipio de Isla Mujeres, ya existe un Programa de acopio de material reciclable. En este caso, el material se recibe en diversos puntos de la isla dos días a la semana y después, los vehículos recolectores pasan por ellos. En este Programa también participan de manera voluntaria algunos hoteles y restaurantes. Desde el año de 2007 hasta el mes de abril de 2009, la recolección estuvo a cargo de la Asociación Civil Amigos de Isla Contoy, logrando recuperar un total de 12,100 kg en 2007; 15,050 kg en 2008 y de enero a abril de 2009, se recuperó un total de 6,900 kg. Por lo anterior, el volumen que se recuperó en este período representó aproximadamente el 0.13% del total de residuos sólidos urbanos que se enviaron al relleno sanitario. Actualmente la recolección está a cargo del Municipio con el apoyo de la Organización Civil Amigos de Isla Contoy, y además se llevan a cabo diversas actividades de educación ambiental, como son la capacitación en las escuelas y en los centro de trabajo (hoteles y restaurantes) para homogenizar la manera en que se debe entregar el material reciclado, así como la impartición de talleres comunitarios para la potencial reutilización de material reciclable.

Otra de las medidas que se está llevando a cabo para mitigar algunos de los efectos del “Relleno Sanitario Norte”, consiste en el drenaje activo de gases, para lo cual se está construyendo una planta de extracción de biogás que toma en cuenta que el elevado porcentaje de materia orgánica presente en los residuos sólidos y el tiempo que ha transcurrido desde su clausura (aproximadamente 4 años), ya que se estima que aún se está produciendo biogás de acuerdo con Lacoste y Silguy, citados por Robles (2005). Este proceso consiste en la colecta del biogás por medio de pozos horizontales (tuberías colocadas a lo largo de la celda) y el bombeo hacia un modulador de gas (con un soplador que consigue controlar la migración lateral del gas), pasando antes por un filtro para eliminar principalmente los lixiviados y la humedad, separando el metano para su aprovechamiento en la generación de energía, disminuyendo de esta manera la emisión a la atmósfera de este gas de efecto invernadero.

El proceso de extracción de biogás y la generación de energía eléctrica se han contemplado como proyectos a mediano plazo (alrededor de 15 años), dependiendo del volumen de los residuos sólidos y las condiciones ambientales. El biogás que ocupa espacio dentro del montículo será extraído acelerando la degradación de la materia orgánica, por lo cual al término del proyecto, el tamaño habrá disminuido en un 30% aproximadamente.

Los lixiviados generados en el relleno sanitario no recibían tratamiento alguno antes de la puesta en marcha el proyecto de extracción de biogás. Según pláticas sostenidas con personal de la empresa encargada del proyecto de la planta de extracción del biogás, cuando ésta se haya terminado y entre en funcionamiento, los lixiviados resultantes del proceso de filtración serán tratados para su reutilización en el riego de las áreas de jardines, de acuerdo a la normativa vigente (NOM-003/1997 SEMARNAT).

Un esquema de gestión que combine la planta de separación para una posterior explotación de biogás, incluyendo un sistema de tratamiento adecuado de lixiviados, resulta conveniente ya que de esta forma se obtendrá el mayor beneficio de los residuos y se maximizará el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios y se reducirán los impactos a la población y la biota de las zonas aledañas.

CONCLUSIONES

Actualmente existen acciones encaminadas a mitigar el problema de los residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en el estado de Quintana Roo; sin embargo, resulta indispensable para el éxito de las mismas la elaboración de un plan a largo plazo que incluya tecnologías viables y eficientes para el tratamiento de residuos y la participación de la comunidad.

Un buen programa de colecta selectiva o separación de residuos en combinación con tecnologías de extracción de biogás puede ser una alternativa sostenible, toda vez que más de la mitad de los residuos sólidos que se producen en ambos municipios son de origen orgánico.

En la actualidad, los programas de separación implementados en ambos municipios no se han hecho obligatorios, por lo que se requiere mayor difusión y más actividades de educación ambiental que tengan un impacto significativo en la disminución de la generación de residuos sólidos, especialmente en el municipio de Benito Juárez, cuya población es aproximadamente cuarenta veces mayor a la de Isla

Mujeres, produciendo un mayor impacto en el sitio de disposición final de residuos sólidos.

AGRADECIMIENTOS:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por: a) la beca concedida para el estudio de la Maestría en Ciencias Ambientales del Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y b) por la beca mixta para la estancia de investigación en la Universidad de Santa Cruz do Sul, bajo la asesoría de la Dra. Wanderleia Brinckmann.

REFERENCIAS

Bernal T.C.A. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson Educación.

BID (1997). Banco Interamericano de Desarrollo. *Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental Para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales Procedimientos Básicos*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Bru M.P. & Basagoiti R.M. (2002). *La Investigación-Acción Participativa como metodología de mediación e integración socio-comunitaria*.

Colectivo IOÉ. (2003). *Propuestas para un ejercicio activo de ciudadanía*.
<http://www.investigaccio.org/www.investigaccio.org/ponencias/IAP.pdf> Recuperado el 20 de noviembre de 2009.

Colmenares M.W. & Santos B.K. (2007). *Generación y manejo de gases en sitios de disposición final*.
http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitario Recuperado el 3 de mayo de 2010.

Cuellar S.S.R. (2006). *Análisis de mercado del acopio, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos generados por el sector turístico de los Municipios de Benito Juárez y Solidaridad del Estado de Quintana Roo*.

FCVS-ESTIM. (1989). Fundación Conde del Valle Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. *"Impactos del Recreo de las Áreas Naturales"*. En S. (. Ecología), Turismo y Medio Ambiente - Antología. México, D.F.: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

Fullana, P. & Ayuso, S. (2002). *Turismo Sostenible*. Sisilia, Barcelona, España. Rubes Editorial, S.L.

Abarmar (2010). Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Modalidad Particular del proyecto de "Extracción de BIOGAS del Relleno Sanitario Norte y su Celda Emergente del Municipio de Isla Mujeres, Quintana Roo" Grupo Empresarial Abarmar, S.A. de C.V.
<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qroo/estudios/2009/23QR2009G0014.pdf> Recuperado el 17 de junio de 2010.

GTZ (2003). Agencia de Cooperación Alemana en México. Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental y Agencia de Cooperación Técnica Alemana. *La basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos*. México: Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental.
INEGI (2005). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. *Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo*. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

LPGIRSEQROO (2007). *Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Quintana Roo*, Mexico, D.F.: Publicado en el POE el 17 de diciembre de 2007.

Minuzzi D.D., Brinckmann, W. E., Bonnenber, F., Borges V.V., & Brinckmann, C.A. (2002). *A Producao de Residuos Sólidos na Regiao da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo*. Anais do III Seminario Regional de Educacao Ambiental: Lixo & Sustentabilidade . Santa Cruz do Sul , RS, Brasil: EDUNISC.

NOM-003-SEMARNAT-1997. *Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998.

NOM-083-SEMARNAT-2003, *Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y manejo especial*. Mexico, D.F.: Publicado en el POE el 20 de octubre de 2004.

Pacheco A.J. (2008) Prólogo a la obra "Estudio geohidrológico del norte de Quintana Roo, México". Gutiérrez-Aguirre M.A. y Cervantes Martínez A (Compiladores). Universidad de Quintana Roo (UQROO), Unidad Cozumel.
Robles M.F. (2005). Generación de biogás y lixiviados en loss rellenos sanitarios . México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.

Rotondo E. (2008). Metodologías Participativas. Recuperado el 13 de julio de 2009, de:
<http://www.preval.info/programa/wp-content/uploads/2008/08/004-programacion-con-enfoque-de-derechos.pdf>
Santander, L.C. (2005). Desarrollo y turismo sustentable: Paradigmas, ideología y práctica social. (O. F. Martínez, Ed.) Cozumel, Quintana Roo, México: Universidad Autónoma de Quintana Roo.

Este documento debe citarse como:

Ay Robertos, F. A., Brinckmann, W. E., Ayllón Trujillo, M. T., (2010). **Disposición final de residuos sólidos en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres en Quintana Roo**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 14-3, pp 179-207, ISSN: 1665-529-X.

