



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

INVESTIGACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS

Hugo Alejandro Nájera Aguilar¹

Pedro Vera Toledo¹

* Ma. Nefthalí Rojas-Valencia²

RESEARCH OF THE SITE FOR THE FINAL DISPOSAL OF SOLID
RESIDUES IN THE CITY OF SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS,
CHIAPAS

Recibido el 30 de mayo de 2011; Aceptado el 2 de diciembre de 2011

Abstract

This research project set out to discover the characteristics of the site currently being used for dumping rubbish produced in the city of San Cristobal de las Casas, Chiapas; the conditions under which the dump operates; and how closely said conditions comply with the stipulations laid down in Official Mexican Standard. To estimate the volumes of rubbish at the Municipal Dump, 5 vertical electrical probes were sunk into the underlying matter to assess its depth. Results show that the per capita generation of solid waste is 1.215 Kg; that according to official regulations the dump is classed as Category A; that the rubbish is covered over every 3 months; that the average depth of the residues is in the order of 15 metres, thus being approximately equivalent to 1,050,000 m³ volume and 655 kg/m³ volumetric weight. This means an overall total of 687,434 tons of rubbish has been dumped at the site, and there was found to be no control whatsoever over the leachates and biogas this waste matter generates. The fauna consists mainly of colonies of stray dogs, rats and flies; the local flora is mainly *Pinus sp.*, *Quercus sp.* and *Crataegus sp.*, with very few bushes, and none of the species is in danger of extinction. This study still recommends the taking of measures necessary to prevent further damage to the local environment, and the permanent closing of the dump.

Key words: damage, environment, final disposal, standards, solid residues.

¹ Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

² Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor correspondiente: Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Ed. 5. Cubículo 212. Coordinación de Ingeniería Ambiental. Apto. Postal 70-472. Coyoacán C.P. 04510, México, DF. Email: nrov@pumas.iingen.unam.mx

Resumen

El objetivo de esta investigación fue conocer las características del sitio donde se disponen los residuos sólidos urbanos y de manejo especial de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, además de las condiciones de operación teniendo como referencia los lineamientos de la Norma NOM-083-SEMARNAT-2003. Para ello se realizaron visitas de campo y entrevistas con personal de las áreas: Departamento de limpia, operación del sitio y segregación de subproductos. Para estimar los volúmenes de residuos dispuestos, se realizaron 5 sondeos eléctricos verticales. Asimismo, se realizó una revisión de los aspectos climatológicos de la zona y levantamientos de flora y fauna. Los resultados mostraron una generación *per-cápita* de 1.215 Kg con 190 ton/día depositadas; un espesor promedio de residuos de 15 metros, con un volumen de 1,050,000 m³, un peso volumétrico aproximado de 655 kg/m³, lo que arroja 687,434 ton dispuestas; se generan lixiviados y biogás sin control alguno; en lo relacionado a la fauna destacan las jaurías de perros; con respecto a la flora, en los alrededores se observó *Pinus sp*, *Quercus sp*; pocos arbustos de acuerdo con la normatividad correspondiente y ninguna de las especies se encuentra en peligro de extinción. Se recomienda tomar las medidas necesarias para evitar más daños al ambiente y clausurar el sitio.

Palabras clave: ambiente, daño, disposición final, sitio controlado, residuos sólidos.

Introducción

El mal manejo de los residuos sólidos genera serios impactos al ambiente y pone en inminente riesgo a la salud pública, específicamente en su disposición final, actividad en la que los residuos son descargados y como su nombre los indica “dispuestos” en forma definitiva.

Desafortunadamente, la disposición final de los RSU y RME en nuestro país, se lleva a cabo predominantemente mediante tiraderos a cielo abierto (TCA), donde los residuos se depositan sobre el suelo sin control alguno, estos, 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, la calidad del aire, la calidad paisajística del sitio, el impacto hacia el suelo y subsuelo, además de la posible afectación a los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos. Según la NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004), el sitio donde se disponen los residuos de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, es un sitio inadecuado de disposición final que cumple parcialmente con los requisitos establecidos, sobresaliendo la falta de impermeabilización en la base.

El Relleno Sanitario (RS), es una obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicional, los impactos ambientales (SEMARNAT, 2004).

Robles (2008), menciona que todos los sitios de disposición final se pueden considerar como grandes reactores complejos y heterogéneos cuyos principales productos son el biogás y los

lixiviados. Estos últimos son los principales flujos de contaminación que emanan de los TCA y que representan los principales riesgos de contaminación de los RS hacia el ambiente.

Los lixiviados arrastran a su paso material disuelto, en suspensión, fijo o volátil que provoca que tengan elevadas cargas orgánicas, metales pesados, ácidos, sales y microorganismos. Estas últimas características forman una corriente altamente agresiva al ambiente con un potencial contaminante mayor que muchos desechos industriales.

Algunos autores como Wiszniowski *et al.* (2006) definen al lixiviado como el agua de lluvia que pasa a través del sitio de disposición final (SDF) además del líquido que se genera en la degradación de los desechos dentro de un relleno sanitario. Otros autores definen a estos líquidos como aguas residuales complejas generadas cuando el contenido de humedad o de agua de los residuos sólidos en un RS, es mucho mayor a su capacidad de campo (Wang, *et al* 2003), finalmente la NOM-083-SEMARNAT-2003, los define como: líquido que se forma por la reacción o arrastre de los materiales que constituyen los residuos y que contienen; en forma diluida o en suspensión sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios donde se depositan los residuos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua, provocando su deterioro y representando un riesgo a la salud humana y de los demás organismos vivos.

Cabe mencionar, que tanto el biogás como los lixiviados se generan tanto en un sitio controlado como en uno no controlado, con la única y gran diferencia, de que en este último los subproductos quedan fuera de control.

La disposición final de los residuos sólidos al menos en México se realiza mediante la utilización de TAC o en rellenos controlados, métodos que no cumplen con los requisitos técnicos para lograr una adecuada disposición, a nivel nacional se reporta que a estos sitios ingresan alrededor del 50 por ciento (SEMARNAT, 1999), en el estado de Chiapas para el 2008 la SEDESOL (2008), reportó 3 rellenos sanitarios, y la SEMAHN (2010) 15. El porcentaje de disposición en TCA ascendía a 69 % (SEMAHN, 2010).

Hasta hace dos años, no se conocían cuáles eran las condiciones reales de operación del SDF de la ciudad de San Cristóbal de las Casas Chiapas (SCLC), las características físicas y biológicas que envuelven al sitio, el grado de cumplimiento con la NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004), el grado de afectación a comunidades cercanas, el posible impacto a sus fuentes de abastecimiento de agua, la situación de las personas encargadas de la segregación de subproductos en el sitio, entre los principales. En el presente trabajo se realiza un estudio de las condiciones reales de operación del SDF y las características que envuelven al sitio. Indudablemente, la generación de esta información representa el punto de partida para la regularización de cualquier SDF que opere como un sitio controlado.

Materiales y métodos

La metodología se dividió en 4 partes, en la 1^{ra} parte se hizo el diagnóstico de operación del SDF, en la 2^{da} parte se delimitó el sitio en estudio, superficie impactada y estimación de los volúmenes de residuos dispuestos por prospección geofísica, en la 3^{ra} parte se efectuó el levantamiento de flora y fauna en el SDF y su entorno, y finalmente en la 4^{ta} parte se analizó el grado de cumplimiento del SDF respecto de las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004).

Primera parte: Diagnóstico de operación del SDF

Se realizaron 6 visitas distribuidas en el lapso de un año al SDF, se entrevistó al personal que labora en el sitio, al encargado del mismo para obtener datos de las condiciones de operación del SDF y a personas dedicadas a las actividades de segregación de subproductos, con la finalidad de conocer qué y cuánto de cada subproducto separan, bajo qué condiciones lo realizan, el número de personas dedicadas a esta tarea, sus condiciones de vida, los mercados de comercialización de los subproductos, etc.

Paralelamente se elaboró una lista de la situación del lugar de estudio en cuanto a operación, infraestructura, grado de contaminación y obras complementarias. Todos estos puntos se desarrollaron tomando como referencia las especificaciones de la Norma NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004).

Segunda parte: Delimitación del área de estudio, superficie impactada y estimación de los volúmenes de residuos dispuestos por prospección geofísica

El municipio de SCLC se localiza en el Altiplano Central, siendo dos tercios de su superficie montañosa, el resto lo ocupa un extenso valle. Las coordenadas geográficas son 16°45' Latitud Norte y 92°38' Longitud Oeste con una altitud de 2,120 msnm (INEGI, 2005). Referente al SDF, sus coordenadas geográficas son las siguientes: 16° 41' 35.92'' Latitud Norte y 92° 33' 50.48'' Longitud Oeste. Se encuentra localizado a una distancia de 15 km en línea recta hacia el sureste de la mancha urbana de la ciudad de SCLC, Chiapas, colinda al Norte con la localidad del Aguaje y Agua de pajarito (2.5 km), al Este con Corazón de María (3.5 km), al Oeste con el Arcotete y al Sur con la localidad del Cagual (1.25 km) y Rancho Nuevo (2.5 km).

Con el apoyo de un equipo geoposicionador GPS navegador marca GARMIN modelo MAP, se recorrió todo el perímetro del sitio para determinar el área impactada, realizando el registro de puntos a cada 10-20m de distancia, hasta cerrar el polígono del terreno. En la determinación de los espesores de residuos, el equipo utilizado para la prospección geofísica consistió de un transmisor-Receptor Scintrex modelo SARIS, con una potencia de salida de hasta 500 watts y corriente de salida máxima de 1 ampere provisto de una caja interelectrónica para sondeos tipo Schlumberger. Como equipo complementario se utilizaron electrodos de cobre y electrodos impolarizables; cable de cobre acerado necesario para las conexiones, carretes móviles y herramienta accesoria.

El levantamiento de campo se inició con el registro de datos para cada uno de los 5 sondeos eléctricos verticales (SEV's), tal como se ejemplifica en la Figura 1. Posteriormente, se obtuvieron los valores de resistividad aparente en cada estación y se graficaron en papel bilogarítmico. Se procedió al procesamiento de la información y la interpretación cuantitativa de cada SEV por medios automáticos (Winsev 6.0).

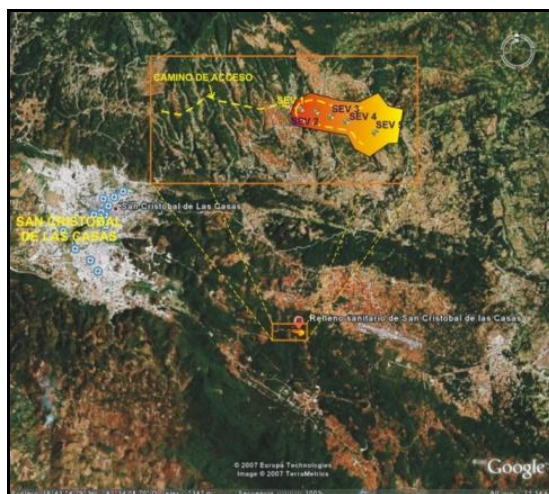


Figura 1. Ubicación del lugar de estudio y de los SEV's realizados

Tercera Parte: Levantamiento de flora y fauna en el SDF y su entorno

En cuanto a la identificación de las especies vegetales en general, se utilizaron claves dicotómicas y el conocimiento que los campesinos tienen sobre su entorno natural, corroborado con referencias bibliográficas (Breedlove, 1986 y Miranda, 1975). Asimismo, para determinar la estratificación, dominancia, abundancia y distribución de las especies en el sitio del proyecto, se utilizó la metodología de Miranda *et al.* (1967). En el caso de la identificación de la fauna, especies de valor comercial, de interés cinegético, microorganismos y su posible situación migratoria, se utilizaron referencias de los campesinos del área de estudio, así como referencias bibliográficas (Álvarez, 1952 y Álvarez, 1977). Por otra parte, el estatus ecológico de las especies de fauna fue cotejado con la lista que se señala en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.

Cuarta parte

Finalmente se hizo un análisis del lugar para evaluar el grado de cumplimiento del SDF con las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004).

Resultados y discusión

Resultados de la primera parte: Diagnóstico de las condiciones de operación del SDF

De acuerdo con lo observado en campo y a las encuestas, no existe una supervisión propia que regule el acceso de los vehículos recolectores, por lo que hay la posibilidad de que ingresen residuos peligrosos. Actualmente al sitio arriban 16 camiones recolectores de residuos a cargo del Municipio, los cuales operan todos los días de la semana, excepto el día domingo cuando únicamente se recolecta y transporta los residuos generados en la zona de mercados. De las 16 unidades recolectoras, 10 de ellas con capacidad de 10 ton, de carga trasera y provistas de sistema de compactación. El resto de vehículos son de menor capacidad (4-6 ton). Asimismo, alrededor de 10 a 15 unidades de particulares de lunes a sábado depositan sus residuos en el SDF. La capacidad de las unidades va desde $\frac{3}{4}$ de ton, hasta camiones tipo volteo de 7 m³ de capacidad.

De la maquinaria existente en el sitio, se cuenta con un tractor D-5 con hoja topadora para el acomodo y compactación de los residuos. Este equipo tiene operando 2 $\frac{1}{2}$ años en el SDF y en general se encuentra en buenas condiciones trabajando de 5-6 hrs/día. Cuando la acumulación de residuos es cercana a las 50 ton, la maquinaria entra en operación distribuyendo y compactando los residuos en capas de 50 cm, en un tiempo estimado de 30 min. Los residuos se cubren cada 2-3 meses, y queda expuesta alcanzando una superficie de 1.15 Ha, con espesores promedio de 3m de altura, por lo que únicamente es acomodada, esparcida y compactada con maquinaria pesada.

Por tanto la generación de olores ofensivos en el frente de trabajo es continua, acentuándose por las mañanas y afectando a la comunidad más cercana denominada Predio Santiago, ubicada a escasos 1000 m en dirección noroeste del SDF.

En cuanto a la presencia de lixiviados, para cualquier época del año y hacia el centro del SDF, aflora una laguna de estos líquidos la cual sólo para la época de estiaje puede cubrir una superficie de 0.15 Ha (Figura 2), con un tirante estimado de 0.8 m cuantificándose un volumen cercano a los 1,200 m³, este afloramiento, en la época de lluvias aumenta considerablemente su volumen, pudiendo alcanzar prácticamente el doble de este volumen, sin que lleguen a escurrir, porque la topografía del sitio no lo permite, finalmente se infiltran o evaporan.

Paralelo a la operación de descarga, se permite la participación de gente dedicada a las actividades de segregación de sub-productos (Figura 3). Ellos se encargan de la separación y recolección de los residuos que posteriormente los comercializan con intermediarios que llegan directamente al SDF. Teniendo ingresos de \$35 a \$40 USD semanales. Asimismo, los pepenadores no cuentan con equipo de seguridad mínimo como: cubre-boca, guantes, zapatos cerrados, etc.



Figura 2. Laguna de lixiviados hacia el centro del SDF. 0.15 Ha de superficie



Figura 3. Frente de trabajo, operación de descarga de los vehículos recolectores y actividades de “pepena”

Resultados de la segunda parte: Superficie impactada y estimación de los volúmenes de residuos dispuestos por prospección geofísica

Generación y volumen de RSU y de ME dispuestos en el SDF. En un día normal de operación, el SDF recibe alrededor de 190 ton/día. Esto incluye tanto los residuos que recoge el sistema de recolección del Ayuntamiento como la dispuesta por particulares. En temporada vacacional, por la afluencia turística en la ciudad, se estima que la cantidad dispuesta puede alcanzar las 250 ton/día, esto conociendo el peso volumétrico de los residuos, los volúmenes de los camiones recolectores y cuantificando de los vehículos particulares que ingresan a depositar los residuos al sitio.

Considerando el dato de generación para un día normal de operación y teniendo en cuenta una población de 148,137 habitantes para la ciudad de SCLC (valor proyectado al 2009, partiendo de los datos tomados del INEGI, 2000 e INEGI, 2005), se tiene una generación per-cápita de 1.215 Kg, valor similar al 1.12 Kg. proyectado para la ciudad por el Instituto de Historia Natural y

Ecología. La generación per-cápita para la ciudad se encuentra por arriba del promedio estatal, el cual se ubica en 0.865 Kg/ (SEMAHN, 2010). Cabe señalar, que el dato de generación per-cápita reviste gran importancia por el simple hecho de representar el punto de partida en la proyección del diseño del futuro Relleno Sanitario para la ciudad de SCLC, así como de cualquier otro proyecto relacionado con el manejo de los RSU y de ME.

Por otro lado, de acuerdo con los 5 SEV practicados al sitio, se determinaron los espesores de los residuos acumulados, los cuales oscilaron entre los 5 y 20m tal y como puede apreciarse en la figura 4, donde además se describe la relación de cada subunidad geoelectrónica determinada con las capas de residuos. Esta información es de gran utilidad porque permite en primera instancia, determinar el número de pozos de venteo necesarios para el desalojo del biogás producido, así como la posible ubicación de ellos considerando las zonas donde puede existir un mayor acumulamiento de materia orgánica y espesores mayores de residuos en general. La literatura reporta que cuando los residuos alcanzan los 6m de altura, deben colocarse sistemas de extracción de biogás, en este caso, deberá considerarse la superficie total del SDF (SEMARNAT-GTZ, 2005).

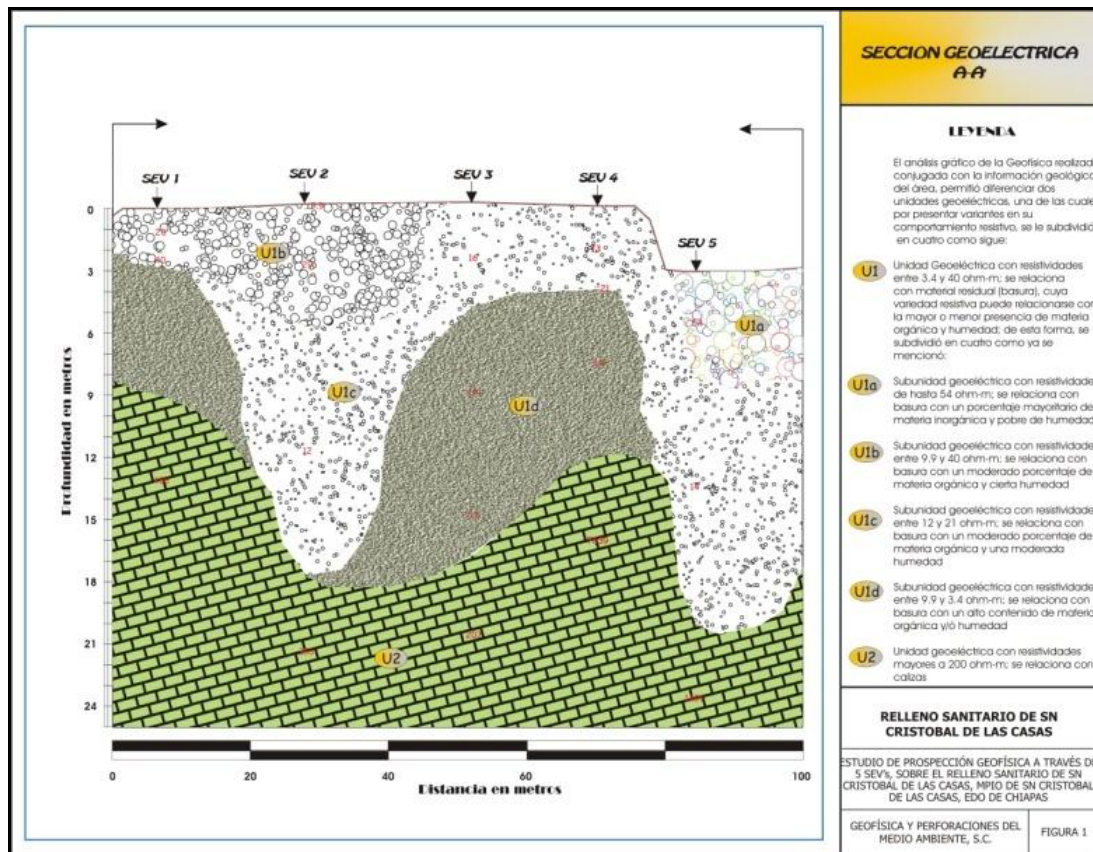


Figura 4. Sección geoelectrónica del SDF de RSU y de ME de la ciudad de SCLC

Asumiendo que prácticamente las 7 Has. del sitio se encuentran ocupadas e impactadas, además de estimarse un espesor promedio en los residuos dispuestos del orden de los 15 m de acuerdo con la figura 4, se tiene que los residuos actualmente puede estar ocupando un volumen cercano a 1,050,000 m³. Con este dato y tomando en cuenta la cantidad de residuos acumulados en los años que lleva operando el SDF (687,434 ton), se obtiene un peso volumétrico en los residuos de 655 kg/m³. Nuevamente, este dato es importante porque con él puede establecerse el nivel de compactación promedio que han alcanzado los residuos, además de ser útil en la estimación del volumen de lixiviados producidos (Tchobanoglous, *et al* 1993).

Resultados de la tercera parte

Los resultados mostraron que la fauna considerada como nociva, es la que comúnmente se ha encontrado en otros SDF, tales como jaurías de perros, ratas, moscas entre los principales. Llama la atención las agrupaciones de los primeros, los cuales pueden estar conformados hasta por 40-60 ejemplares. Lo que llega a representar un peligro para los pobladores de las comunidades cercanas.

De acuerdo con los avistamientos realizados y referencias de personas que permanentemente se desplazan dentro del área de estudio, las especies silvestres que existen en el predio, son escasas, se limitan a algunos ejemplares de tortolita común *Columbina inca*, zopilotes *Coragyps astratus* y ratas *Oryzomys a Angusticeps*.

Con respecto a la presencia de especies de interés cinegético, migratorias, o bien, ubicadas dentro de algún estatus de acuerdo a la Norma NOM-059-SEMARNAT-2001: en primer lugar, aún cuando el hábitat natural inmediato al sitio de estudio se encuentra en regular estado de conservación, las intensas actividades antropogénicas y la presencia de animales semi-salvajes, específicamente de jaurías de perros, no permiten que existan en la zona, especies de animales silvestres que sean de interés cinegético, los cuales anteriormente, con seguridad persistían en el entorno, debido a una menor presencia humana; en segundo lugar, ninguna de las especies

que se encuentran cercanas al predio de estudio se consideran como migratorias, toda vez que las especies existentes son residentes (Álvarez,1980).

El análisis de la carta topográfica y datos estadísticos del INEGI, muestran que el sitio de estudio no se localiza dentro del polígono de ninguna área natural protegida, que pueda limitar las actividades de disposición final de residuos sólidos provenientes del municipio de SCLC.

Por lo que toca a la flora, el estrato arbóreo de los bosques de pino-encino contiguos al sitio está dominado por *Pinus patula ssp. recunumanii*, *P. pseudostrobus*, *F. protuberans*, robles *Quercus castanea* y *Quercus rugosa*. El dosel más bajo de los árboles está integrado por especies como la manzanilla *Crataegus pubescens*, *Crataegus nelsoni* y capulín *Prunus capuli*. Los arbustos casi no tienen presencia, reduciéndose en los lugares más abiertos a algunos

ejemplares de *Verbesina myriocephala*, *Buddleia americana*, pero sobre todo de mesté *Baccharis vaccinioides*. Las herbáceas más comunes son: el zacate colorado *Heteropogon contortus*, pata de gallo *Cynodon dactylon*, zacatón *Muhlenbergia macroura*, *Paspalum humboldtianum*, *Digitaria sanguinalis* y *Paspalum notatum*.

De las especies levantadas, ninguna de ellas se ubica como amenazado, rara, en peligro de extinción o que deba ser sujeto a protección especial, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, denominada como “de protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo que determina las especies de flora y fauna con alguna categoría de riesgo”.

Resultados de la cuarta parte: Grado de cumplimiento del SDF respecto de las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003

La NOM-083-SEMARNAT-2003 establece 4 categorías de SDF, encontrándose el de SCLC dentro de la Categoría A, por recibir diariamente arriba de 100 ton de residuos. Comparando las características que tiene el sitio, con las especificaciones generales que establece la Norma para que un SDF opere como un sitio controlado, tales como las relacionadas a las especificaciones para la selección del sitio y las características constructivas y operativas, se observa el incumplimiento en prácticamente todas las especificaciones, excepto para algunas de las obras complementarias contempladas dentro del inciso B de la Norma, las cuales se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Obras complementarias requeridas de acuerdo al tipo de disposición final

OBRAS COMPLEMENTARIAS	CATEGORÍA DEL SITIO			GRADO DE CUMPLIMIENTO
	A	B	C	
Camino de acceso	X	X	X	Cumple
Camino interiores	X	X		Cumple
Cerca perimetral	X	X	X	Parcial
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X	Nulo
Báscula	X	X		Nulo
Agua potable, electricidad y drenaje	X	X		Nulo
Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X	Nulo
Franja de amortiguamiento (mínimo 10 m)	X	X	X	Cumple
Oficinas	X			Nulo
Servicio Médico y Seguridad Personal	X			Nulo

Conclusiones

El SDF de RSU y de ME de SCLC, opera como un sitio controlado o como un “entierro sanitario” cubriéndose los residuos bimestral o trimestralmente, distando mucho de las especificaciones que establece la Norma NOM-083-SEMARNAT-2003, destacando la falta de pozos de venteo o cualquier otro dispositivo para el desalojo y control del biogás, la inexistencia de un sistema para la conducción, almacenamiento y tratamiento de lixiviados además de un sistema de impermeabilización, entre otros.

Se encuentra toda su superficie impactada, con espesores que van desde los 5-20m y un volumen estimado de 687,434 toneladas de RSU recibidos durante sus 12 años de operación.

El SDF presenta una fauna típica de lugares parecidos como son: jaurías de perros en agrupaciones entre 40-60 ejemplares, ratas, moscas entre otros.

Es muy importante señalar que las especies silvestres que existen en el predio, son escasas, las cuales se limitan a algunos ejemplares de tortolita común *Columbina inca*, zopilotes *Coragyps astratus* y ratas *Oryzomys a angusticeps*.

Por lo que respecta a la flora, ninguna de las especies identificadas, se ubica como amenazada, rara, en peligro de extinción o que deba ser sujeto a protección especial.

Recomendaciones

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en la norma “NOM-083-SEMARNAT-2003”, y por ende, reducir las afectaciones al entorno, se recomienda la clausura del SDF de RSU y de ME de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

El Ayuntamiento de San Cristóbal de las Casas debe de regularizar la operación del SDF en apego a la Norma referida y tomar las medidas necesarias para la clausura del sitio.

Agradecimientos. Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas (COCYTECH) por el financiamiento a través de los Fondos Mixtos (FOMIX) al proyecto CHIS-2005-C03-070.

Referencias bibliográficas

- Álvarez del Toro, M (1952). Los animales silvestres de Chiapas. Gobierno Constitucional del Estado de Chiapas. México. 247 pp.
- Álvarez del Toro, M (1977). Los Mamíferos de Chiapas. UNACH. México. 147 pp.
- Álvarez del Toro, M (1980). Las Aves de Chiapas. 2ª ed. UNACH. México. 272 pp.
- Breedlove, D. (1986). Listados florísticos de México. IV. Flora de Chiapas. California Academy of Sciences. San Francisco, California, USA. Instituto de Biología. UNAM. México. 246 pp.

- IHNE, Instituto de Historia Natural y Ecología (2004). Diagnóstico de la generación, manejo, recolección y disposición final de residuos sólidos. 15, 23-24 pp.
- INEGI (2005). Anuario Estadístico Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas. Tomo I.
- INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.
- INEGI. II Conteo de Población y Vivienda, 2005.
- Miranda F., Gómez-Pompa A. y Hernández X. E. (1967). "Un método para la investigación ecológica de las regiones tropicales". Anales del Instituto de Biología, (38) 1. UNAM. México. 101 – 110 pp.
- Miranda, F. (1975). La Vegetación de Chiapas. Tercera Edición. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Chiapas. Chiapas, México.
- Robles, M. F. (2008) Generación de biogás y lixiviados en los rellenos sanitarios. IPN Impreso en México. ISBN: 970-36-0214-2. 108 pp.
- SEMAHN, (2010). <http://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/index.php/residuos/diagnostico>
- SEMARNAP, INE, Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas. (1999), Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos, México.
- SEMARNAT (2004) Norma Oficial Mexicana 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 de Manejo Especial. 1-16 pp.
- SEMARNAT-GTZ. (2005). Guía para la realización de planes de regularización conforme la NOM-083-SEMARNAT-2003. México. 78 pp.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1993): Integrated Solid Waste Management Issues. McGraw-Hill., pp 361-538.
- Wang, F., Smith, D., & El-din, M. (2003). Application of advanced oxidation methods for landfill leachate treatment – A review. Environmental Eng. Sci. **2**: 413.127 pp.
- Wiszniewski, J., Robert, D., Gorska, J., Miksch, K., Weber, J. (2006). Landfill leachate treatment methods: A review. Environ Chem Lett. **4**: 51-61 pp.