

# Los sig aplicados a la localización de zonas potenciales para la disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

José Armando Velasco Herrera<sup>1</sup>, Iván de Jesús Vázquez Montoya<sup>2</sup>  
 Hugo Alejandro Nájera Aguilar<sup>1</sup>, Lucía Aguilar Gómez<sup>3</sup>  
 Silvano Andrés Mendoza Escobar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PTC, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas | <sup>2</sup> PA, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.  
<sup>3</sup> Estudiantes de Posgrado en Ciencias del Desarrollo Sustentable, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente núm. 1150, col. Lajas Maciel, C.P. 29099, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. E-mail: velascoherrera@gmail.com.

## RESUMEN

Se presentan los resultados del uso de técnicas geomáticas para identificar sitios óptimos potenciales de disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU). El estudio se realizó en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. Se modeló información vectorial y *raster* mediante sistemas de información geográfica (SIG). Los criterios establecidos se basaron en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Se identificaron trece zonas óptimas. Los trabajos de campo permitieron descartar las tierras ejidales debido a conflictos sociales existentes. También se descartaron 63-36-91 hectáreas del régimen de propiedad ya que se ubican a 32 km de la cabecera municipal, lo cual obligaría a establecer sitios de transferencia. También se descartaron 264-96-36 hectáreas pertenecientes a treinta propietarios, lo cual complicaría su adquisición. Se identificaron 30-18-68 hectáreas con dos únicos dueños que cumplen con la NOM-083-SEMARNAT-2003. Se concluye que la aplicación de las técnicas geomáticas y los SIG, permiten determinar de manera económica y rápida la ubicación de sitios óptimos para la disposición final de RSU, información imprescindible para la toma de decisiones.

**Palabras Clave:** Geomática, Edafología, Hidrología, Ingeniería, Residuos Sólidos.

## ABSTRACT

This paper presents results of using geomatics techniques for identifying potential optimal spots for final disposal of solid urban waste (SUW). This research was conducted in the Chiapa de Corzo municipality, State of Chiapas, Mexico. It modeled vector and raster information by means of geographic information systems (GIS). Agreed criteria respond to the Mexican Official Norm NOM-083-SEMARNAT-2003. It identifies 13 optimal zones. Field work suggested to discarding *ejido* lands due to existing social conflicts. It discards 63-36-91 private property hectares as well because of its buying complexity. It identifies 30-18-68 hectares belonging to two owners, which fulfill the NOM-083-SEMARNAT-2003. The paper concludes that geomatics techniques along with GIS are a cheap and fast tool for optimal spots location of SUW final disposal, which is quite useful for decision making.

**Keywords:** geomatics, edaphology, hydrology, engineering, GPS, solid waste disposal

## INTRODUCCIÓN

El proceso de urbanización acelerado y la modificación de los patrones de consumo que se suceden en México, determinan que la composición y la cantidad de los residuos sólidos (RS) varíen de acuerdo con la estación, la región, el modo de vida y el ingreso económico (Buenrostro *et al.*, 2001). Por ello, es frecuente que muchas fuentes generadoras de residuos peligrosos en las zonas urbanas, sean depositadas de forma clandestina en los vertederos de los municipios rurales (Buenrostro e Israde, 2003).

En México, la mayoría de la disposición final de los residuos sólidos sigue depositándose en el suelo,

en diferentes modalidades: en tiraderos a cielo abierto, rellenos de tierra no controlados y en rellenos sanitarios (SEDESOL, 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 residuos sólidos urbanos. El municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas; presenta esta problemática en cuanto a la disposición final de sus desechos, ya que no cuenta con un relleno sanitario que cumpla con las normas oficiales. Actualmente, la disposición final se realiza en terrenos baldíos, barrancas, cañadas sin ningún control sanitario.

### ANTECEDENTES

Las técnicas SIG combinadas con sistemas de evaluación multicriterio, facilitan encontrar las mejores localizaciones para situar distintos usos del suelo en una región (Barredo, 1999). Asimismo un software especialmente diseñado como un sistema de ayuda en la decisión espacial permite la localización de equipamientos sociales (Palm, 2004).

El municipio de Chiapa de Corzo se ubica en los límites de la Depresión Central y del Altiplano Central, sus coordenadas geográficas son 16° 42' N y 93° 00' W, su altitud es de 406 msnm. Limita al norte con los municipios de Soyaló y Osumacinta; al oeste con Tuxtla Gutiérrez, Suchiapa y Villaflores; al este con Zinacantán, Ixtapa y Acala; y al sur con Villacorzo (INEGI, 2010).

La Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN) en coordinación con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través del Instituto de Ingeniería, realizaron un estudio sobre la recolección y tratamiento de la basura en la zona urbana de la ciudad de Chiapa de Corzo para determinar la factibilidad de la construcción de un relleno sanitario que atendiera al

municipio de Chiapa de Corzo y con ello eliminar los basureros a cielo abierto, esto con la finalidad de obtener el certificado de Municipio Limpio (SEDESOL, 1999). Para ello se analizaron los rubros de Aguas Residuales y Residuos Sólidos Urbanos, encontrándose deficiencias en el seguimiento de las actividades que se implementan en las cuencas hidrográficas de la localidad (SEDESOL, 1999).

En el tema de residuos sólidos urbanos (RSU), el H. ayuntamiento de Chiapa de Corzo analiza la viabilidad de depositar sus residuos en el relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez o invertir en la creación de uno.

### METODOLOGÍA

Utilizando como herramienta el software Arc View GIS 3.2 se realizó una reclasificación de información vectorial consistente en capas de zonas urbanas y rurales, áreas naturales protegidas, infraestructura vial (caminos y autopistas), pendiente del terreno, cuerpos de agua (ríos y lagos), fallas geológicas, permeabilidad del suelo y zonas arqueológicas. Se asignaron valores de: 0= No Óptimo y 1= Óptimo (figura 1).

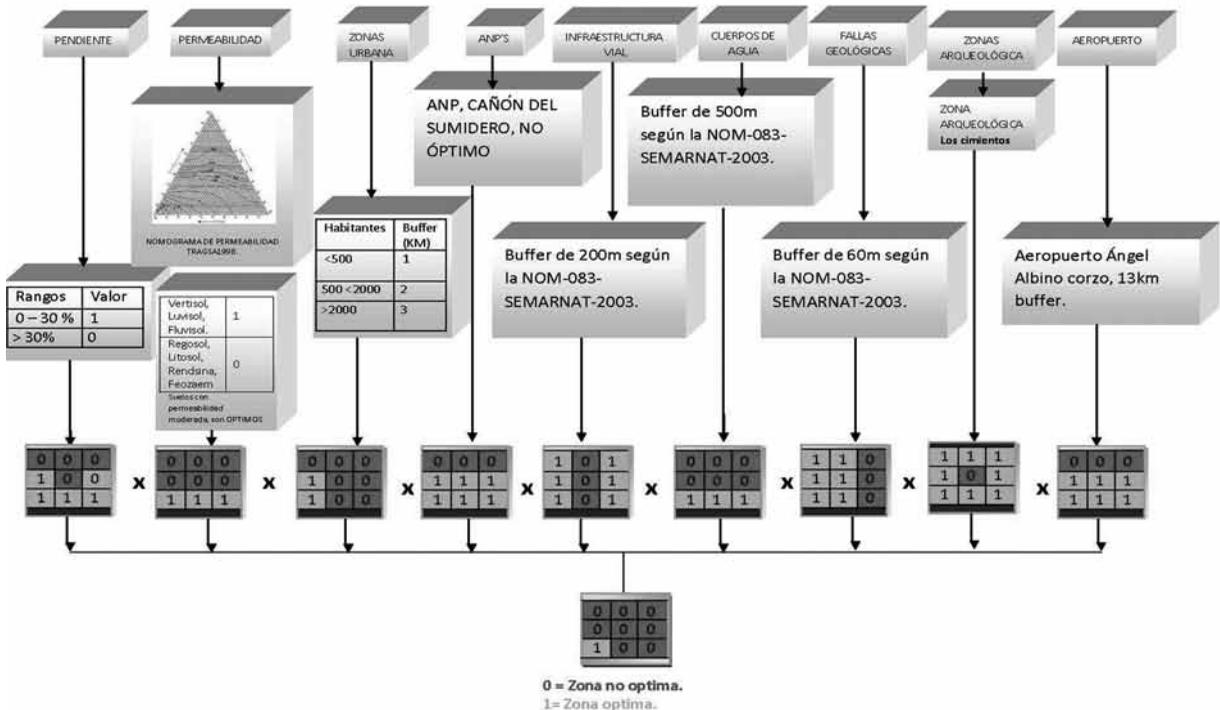


FIGURA 1

Diagrama de flujo que muestra y explica la clasificación realizada.

El establecimiento de los criterios para realizar el modelado estuvo basado en aquellos campos citados en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, mismos que se describen a continuación:

**Zonas urbanas y rurales.** Es un sitio para disposición final de residuos sólidos urbanos está en función de la cantidad de habitantes, esta se puede apreciar en la tabla 1 (Umaña, 2002).

Población Total (habitantes)	Distancia (km)
<500	1
≥500<2000	2
≥2000	3

TABLA 1

Ponderación de la distancia de la zona urbana y rural.

**Áreas Naturales Protegidas:** En el área de estudio se localiza el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) con una superficie aproximada de 5,310.03 ha, de acuerdo a la normatividad vigente las áreas naturales no pueden ser objeto para sitios de disposición final de RS, por ello se consideró como esta superficie como zona no óptima.

**Infraestructura vial (caminos y autopistas).** Los sitios de disposición final deben estar alejados de las vías de comunicación a una distancia mínima de 200 m. En el municipio de Chiapa de Corzo, existe una infraestructura vial de 135.75 km (camino y autopistas). Para el proyecto se creó por lo tanto un búfer de 200 m para cumplir con la norma.

**Pendiente del terreno.** Se realizó una reclasificación de pendientes de acuerdo a la norma (tabla 2).

Pendiente (%)	Zona potencial
<30	Óptima
≥30	No óptima

TABLA 2

Reclasificación de pendientes del terreno.

**Cuerpos de agua (ríos y lagos).** En el municipio de Chiapa de Corzo, los tipos de corrientes que componen los ríos son: corriente perenne tributaria (río Grijalva) y Santo Domingo, corriente que desaparece y corriente

intermitente, se encuentran lagunas perennes, la distancia considerada fue de 500 m.

**Fallas geológicas.** La distancia mínima recomendada para el establecimiento de los sitios de disposición final de RSU fue de 60 m.

**Permeabilidad del suelo.** El tipo de permeabilidad *poco permeable (moderada)*, es la idónea según la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, para poder determinar esta capa se utilizó la carta edafológica 1:250,000 del estado de Chiapas (ECOSUR, 2005), las características físicas de los suelos (INEGI, 2002) y el triángulo de textura de la permeabilidad del suelo (TRAGSA, 1998).

De acuerdo al triángulo de textura el valor correspondiente a la permeabilidad moderada es igual a tres, por lo cual se graficaron los porcentajes de áreas, limos y arcillas obtenidos de las características físicas del suelo.

**Zonas arqueológicas.** Se identificó que tres de las cuatro zonas arqueológicas se encontraban dentro del radio de zona no óptima, por lo cual fueron descartadas, siendo la excepción la de Los Cimientos, para ubicar un sitio de disposición final de RSU con respecto a un sitio arqueológico la distancia mínima debe ser de 200 m.

**Aeropuertos.** Se deben ubicar a no menos de 13 km de un sitio de disposición final de RSU. En este caso se ubica el aeropuerto internacional Ángel Albino Corzo.

## RESULTADOS

De acuerdo a las consideraciones explicadas en la metodología, se utilizó la plataforma SIG, Arc View 3.2 para desarrollar el algebra de mapas, como lo muestra el siguiente diagrama, Los resultados obtenidos permitieron la localización de trece zonas óptimas (figura 2). Diez en el lado norte y tres en el lado sur del Municipio, de estas 731-94-02 ha corresponden a tierras ejidales y 358-54-95 ha a propiedades, las áreas ejidales en la actualidad y de acuerdo a estudios de campo presentan conflictos sociales para su adquisición, por tanto estas tierras se descartan del proyecto, por otro lado 63-36-91 ha de tierras con el régimen de propiedad se ubican a una distancia de 32 km de la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, esto hace incosteable utilizar estas tierras para sitios de disposición final de RSU, lo que obligaría a establecer sitios de transferencia; por tal motivo estas tierras fueron descartadas del proyecto, quedando los sitios que pertenecen al régimen de propiedad y que se ubican en la parte norte del municipio, con una superficie aproximada de 295-15-04 ha de esta se observa mediante la sobre posición de car-

tografía vectorial que 264-96-36 ha son tierras de cultivo y que pertenecen a treinta propietarios lo que complica más aún su posible adquisición sin embargo se pudo identificar un polígono con una superficie de 30-18-68 ha con dos únicos dueños y que reúnen las condiciones para su posible utilización como un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos (figura 3).

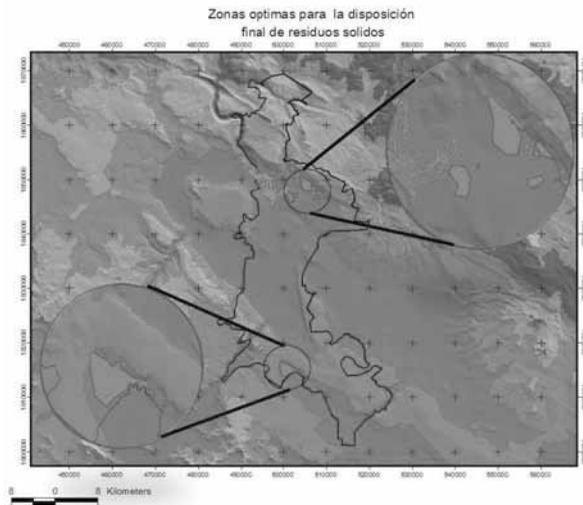


FIGURA 2

Zonas Potenciales para disposición de RS.

Se concluye que la aplicación de las técnicas geomáticas y los sistemas de información geográfica, permiten deducir de manera ágil la identificación de sitios óptimos para la disposición final de RSU, trayendo como consiguiente la generación de una cartografía capaz de permitir a los tomadores de decisiones facilitar su labor en proyectos de esta naturaleza.

## LITERATURA CITADA

- BARREDO, J., 1999.** *Los SIG en la ordenación del territorio: Posibilidades y desarrollo utilizando evaluación multicriterio, Sistemas de información geográfica y teledetección espacial aplicadas a la ordenación del territorio y el medio ambiente.* Universidad de Talca, Talca, Chile. Pp. 105-115.
- BUENROSTRO, O. & I. ISRADE, 2003.** La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* 19, 161-169.
- BUENROSTRO, O., G. BOCCO & G. BERNACHE, 2001.** Urban solid generation and disposal in México. A case study. *Waste Management & Research.* Pp. 169 – 176.

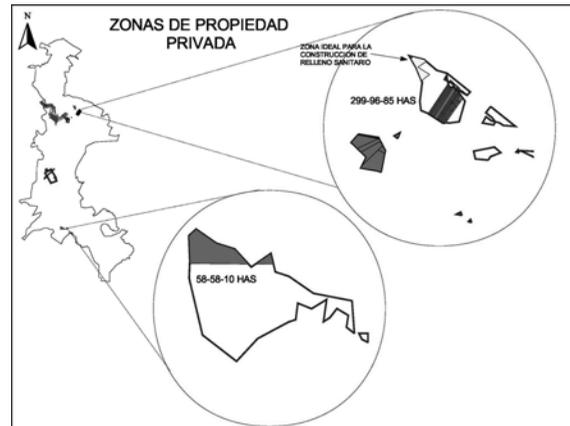


FIGURA 3

Sitio ideal para la construcción del relleno sanitario para la disposición final de RSU.

## CONCLUSIÓN

La metodología propuesta para la selección de sitios óptimos en la disposición final de residuos sólidos urbanos puede considerarse como una opción adecuada para proyectos futuros, toda vez que de acuerdo a los resultados esperados se concluye mediante los trabajos de campo que la modelación es válida. En ella se debe tener especial cuidado en la información vectorial utilizada ya que los resultados del álgebra de mapas es producto de la calidad de esta, la aplicación de las técnicas geomáticas y los sistemas de información geográfica, dieron como resultado información digital, misma que se administró, procesó y analizó, obteniendo nuevos escenarios probables para la correcta planificación en la elección de alternativas en la construcción del relleno sanitario que resuelva la problemática del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. Para ello será necesaria la participación de otros especialistas.

- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 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.* P. 16.
- ECOSUR, 2005.** *Carta edafológica 1:250,000 del estado de Chiapas.*
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2010.** *Censo de Población y Vivienda 2010.* México. Consulta interactiva en: [www.inegi.org.mx/](http://www.inegi.org.mx/)
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2002.** *Carta con las características físicas de los suelos.* México.
- PALM, F., 2004.** *Estructura general del programa localiza.* Bosque Sendra J y Moreno Jiménez A. Sistemas de información geográfica y localización óptima de instalaciones y equipamientos. Ra-Ma, Madrid, España, Pp 117-145.
- SEDESOL, 1999.** *Manual Técnico Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal.* P. 79.
- TRAGSA, 1998.** *Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de Erosión,* Ministerio de Medio Ambiente, Mundi-Prensa, 945 p.
- UMAÑA, G. J., 2002.** *Método para la evaluación y selección de sitios para relleno sanitario.* San Salvador. P. 7.

