

UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ÁNGEL



Implementación del análisis espacial en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos para la selección de un sitio potencial de disposición final en el municipio de San Pedro Pochutla, Oaxaca

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Ambiental

Presenta:

Carlos Andrés Arellano Hernández

Director:

M.A.I.A. Eduardo Juventino Ramírez Chávez

Puerto Ángel, Pochutla, Oaxaca

Junio 2022

*Para Ana Valeria
porque quiero que siempre
estés orgulloso de Papá.*

*A mi madre
porque te darás cuenta de que todos
tus esfuerzos no fueron en vano,
este logro también es tuyo.*

*A mi padre, mi abuela y Andy
porque a pesar de que ya no están conmigo siempre
estarán en mi corazón.*

*“No importa como nacemos, sino en lo que nos convertimos”
J. K. Rowling*

*“Tú sueñas. Tú planeas. Tú alcanzas. Habrá obstáculos. Habrá escépticos. Habrá
errores. Pero con el trabajo duro, con convicción y con confianza
en ti mismo y de los que te rodean no hay límites”
Michael Phelps*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fuerza para salir cada día a dar lo mejor de mí, y nunca dejarme solo en mi travesía. Gracias por tantas bendiciones padre.

A mi madre, Nancy, tú eres el pilar que se mantuvo firme aun cuando creíamos que todo se caía a pedazos. Madre no hay palabras para decirte lo mucho que te admiro ¡GRACIAS!

A mi esposa Zuleyma, por tu amor, paciencia, apoyo y por la fuerza que me imprimes para seguir cada día, Te Amo.

A mis abuelos Manuel y Agustín, que siempre estuvieron ahí para mí cuando más los necesite.

A mi tía María, que siempre vio la manera de darme una mano aun estando lejos.

A mis hermanos Ana Isela, Gerardo, Eduardo y Omar, por los buenos y malos momentos a su lado, en los que cada día era una nueva aventura. Siempre los llevare en mi corazón.

A mis compañeros Diana, Noé, Miry, Jorge, Jaque, Quero e Iván, y a todos aquellos que formaron parte de esos 5 años de universidad.

A mi director, M.A.I.A. Eduardo Ramírez Chávez por tenerme paciencia y ayudarme a que esto fuera posible. Agradezco a mis revisores: M.C. Luis Antonio López García, M.C. Cervando Sánchez Muñoz, M.C. María del Rocío Gutiérrez Ortiz, M.C. Cristóbal Santos Santos, por el tiempo que han dedicado a la revisión de este trabajo, así como sus observaciones y comentarios para mejorarlo de alguna manera.

A mis maestros, aquellos que a través de sus clases supieron compartir parte de sus conocimientos y experiencias, brindando en cada momento su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Generación de RSU	10
2.1.1 México.....	10
2.2 Manejo y disposición final de los RSU	11
2.2.1 Recolección de RSU.....	12
2.2.2 Disposición final de los RSU	13
2.3 Selección de un Sitio de Disposición Final de RSU	13
2.3.1 Legislación ambiental	13
2.3.2 Criterios establecidos para la selección de un sitio de disposición final en México.....	14
2.4 Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) para la selección de un sitio de disposición final	16
2.4.1 Análisis multicriterio interconectado al SIG.....	16
3. ANTECEDENTES	18
4. JUSTIFICACIÓN.....	20
5. HIPÓTESIS	21
6. OBJETIVOS.....	21
7. METODOLOGÍA	22
7.1 Área de estudio	22
7.2 Diseño metodológico para la selección de un SDF	22
7.2.1 Definición de los criterios a variables espaciales.....	23
7.2.2 Evaluación de las variables espaciales para el análisis multicriterio	24
7.2.3 Evaluación de la aptitud del territorio utilizando la herramienta de superposición ponderada (<i>Wheighted Oeverlay</i>) para llevar a cabo el análisis multicriterio.....	34

8. RESULTADOS	38
8.1 Evaluación de los criterios de selección establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003	38
8.1.1 Análisis Multicriterio	48
9. CONCLUSIONES	50
10. BIBLIOGRAFÍA.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación de RSU, producto interno bruto (PIB) y gasto de consumo final privado en México 2013-2017. Tomado de SEMARNAT (2018).....	11
Figura 2. Jerarquía de la legislación mexicana en materia de RSU. Fuente: Olan-Benítez, 2016	14
Figura 3. Municipio de San Pedro Pochutla. Elaboración propia	22
Figura 4. Metodología para la selección de un SDF usando la herramienta Superposición Ponderada.	23
Figura 5. Procedimiento para la ejecución del análisis multicriterio, herramienta <i>Weighted Overlay</i>	36
Figura 6. Ingreso de datos para la ejecución del análisis multicriterio.....	37
Figura 7. Mapa del criterio de distancia a los aeropuertos. Elaboración propia.....	38
Figura 8. Mapa de ubicación de ANP's con respecto al área de estudio. Elaboración Propia.....	39
Figura 9. Mapa del criterio de localidades con población mayor a los 2,500 habitantes. Elaboración Propia.	40
Figura 10. Mapa del criterio de humedales, lagos y lagunas. Elaboración Propia.....	41
Figura 11. Mapa del criterio de planicies aluviales. Elaboración propia	42
Figura 12. Mapa del criterio de Recarga de Acuíferos. Elaboración Propia.....	43
Figura 13. Mapa de ubicación de Zonas Arqueológicas con respecto al área de estudio. Elaboración propia.....	44
Figura 14. Mapa del criterio de cavernas, fracturas y fallas geológicas.....	45
Figura 15. Mapa del criterio de Acumulación de Flujo. Elaboración Propia.....	46
Figura 16. Mapa del criterio de Cuerpos de Agua Superficiales. Elaboración Propia...	47
Figura 17. Mapa del criterio de pendientes. Elaboración propia.....	48
Figura 18. Análisis Multicriterio realizado para la selección de un SDF en el municipio de San Pedro Pochutla. Elaboración propia	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de los SDF. Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003 (DOF, 2015)	15
Tabla 2. Criterios establecidos para la ubicación de un sitio de disposición final de RSU. Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003 (DOF, 2015)	15
Tabla 3. Rangos de distancia con el aeropuerto para cada tipo de emplazamiento.	24
Tabla 4. Rangos de distancia con las localidades para cada tipo de emplazamiento.	26
Tabla 5. Rangos de distancia con los humedales para cada tipo de emplazamiento.	27
Tabla 6. Rangos de distancia para los criterios de planicie aluvial para cada tipo de emplazamiento.	28
Tabla 7. Porcentaje de importancia para cada criterio que compone una planicie aluvial.	29
Tabla 8. Rangos de distancia para los criterios de recarga de acuíferos para cada tipo de emplazamiento.	31
Tabla 9. Porcentaje de importancia para cada criterio que compone la recarga de acuíferos (Matus et al, 2009).	31
Tabla 10. Rangos de distancia para los criterios de recarga de acuíferos para cada tipo de emplazamiento.	32
Tabla 11. Porcentaje de importancia para cada criterio que compone el criterio de Cavernas, Fracturas o Fallas Geológicas.	33
Tabla 12. Rangos de distancia con los cuerpos de agua superficiales para cada tipo de emplazamiento.	33
Tabla 13. Rangos de porcentaje que debe tener la pendiente para cada tipo de emplazamiento.	34
Tabla 14. Discriminación de criterios que no se encuentran dentro del área de estudio	35
Tabla 15. Porcentaje de importancia para cada criterio asignado por cada uno de los expertos consultados.	36

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos se clasifican en tres grupos de acuerdo con sus características y origen, estos son: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP). Comúnmente los RSU son generados en las casas habitación como producto de la eliminación de materiales utilizados en las actividades domésticas, pero también pueden proceder de actividades desarrolladas en establecimientos comerciales o en la vía pública, aunque claramente, estos deben de poseer características domiciliarias para ser considerados RSU, así como no entrar en ninguna de las otras clasificaciones (LGPGIR; DOF, 2003).

La generación de residuos en el mundo se debe al incremento inevitable en la producción de bienes y servicios. Los residuos que se generan pueden ser del tipo sólido (orgánicos o inorgánicos), líquido o gaseoso. Estos residuos tienen un efecto sobre el medio ambiente y la salud pública en función de cómo se encuentren compuestos, la tasa de generación que tengan y el manejo que se les dé a cada uno de ellos. Estos efectos pueden ser muy graves cuando se involucran compuestos tóxicos (los cuales son sustancias químicas que pueden lesionar o matar a los seres vivos) que son manejados de manera inadecuada, o bien son vertidos de manera accidental o a propósito en el ambiente (SEMARNAT, 2018).

Los residuos pueden llegar a tener un efecto sobre el uso de los recursos naturales, resultado del mal manejo que se les da durante la generación, separación, tratamiento, recolección y disposición final. Es por esto que una gestión adecuada, así como la reducción de su generación y la implementación del reúso y reciclaje, aunado a una adecuada disposición, contribuye a disminuir la extracción de recursos evitando su agotamiento, esto debido a que se evita continuar con la extracción de recursos. De igual forma existe una disminución en el uso de energía y agua usada en la producción de bienes y servicios, lo que lleva a una disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que a la postre se ven reflejados en beneficios económicos, sociales y ambientales (SEMARNAT, 2018)

Una de las causas de contaminación a nivel mundial es el aumento de la generación de los RSU, el cual es ocasionado por diversos factores, entre las que destacan el crecimiento acelerado de la población, cambios de hábitos en el consumo, la migración o las nuevas costumbres y un manejo deficiente de los residuos por parte de los organismos encargados de la recolección y la disposición final, así como de la sociedad en general (Buenrostro y Bocco, 2003; Ojeda y Beraud, 2003).

El Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU), es una estrategia que debe emplearse para minimizar el impacto de los residuos sobre el medio ambiente, y de esta forma mejorar la calidad de vida de los centros urbanos. Esto se logra a través de una serie de acciones asociadas con las que se manipulan los residuos desde su generación hasta su disposición final. En muchas ocasiones, entre la generación y la disposición final,

son llevadas a cabo ciertas operaciones intermedias, de las cuales la recolección es la más importante (Tavares et al, 2008).

En México existen diferentes problemáticas que dificultan el manejo de los RSU. Algunos de los problemas que destacan son el establecimiento de rellenos sanitarios que cumplan con la legislación vigente, la difícil recolección de residuos por parte de los gobiernos municipales y la poca participación de los ciudadanos en la separación de los mismos desde el hogar. Los rellenos sanitarios disminuyen en gran medida los impactos al medio ambiente y a la salud pública. Actualmente de los 2,471 municipios del país, la mayoría no cuenta con un sitio de disposición final que cumpla con la normatividad, provocando que los residuos se depositen en sitios controlados o tiraderos a cielo abierto; esto es ocasionado por carencias económicas y falta de personal capacitado, factores que afectan en la operación del relleno sanitario. (Buenrostro y Bocco, 2003).

El presente trabajo se basa en la integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las tecnologías con las que cuenta como sistema de toma de decisiones con el propósito de ubicar en el municipio de San Pedro Pochutla zonas con las aptitudes para albergar un sitio de disposición final. Para realizar dicha selección se utilizó la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual establece las condiciones que debe de tener el sitio que será utilizado para este fin.