

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

NAS JOMÉ

Ingeniería Ambiental

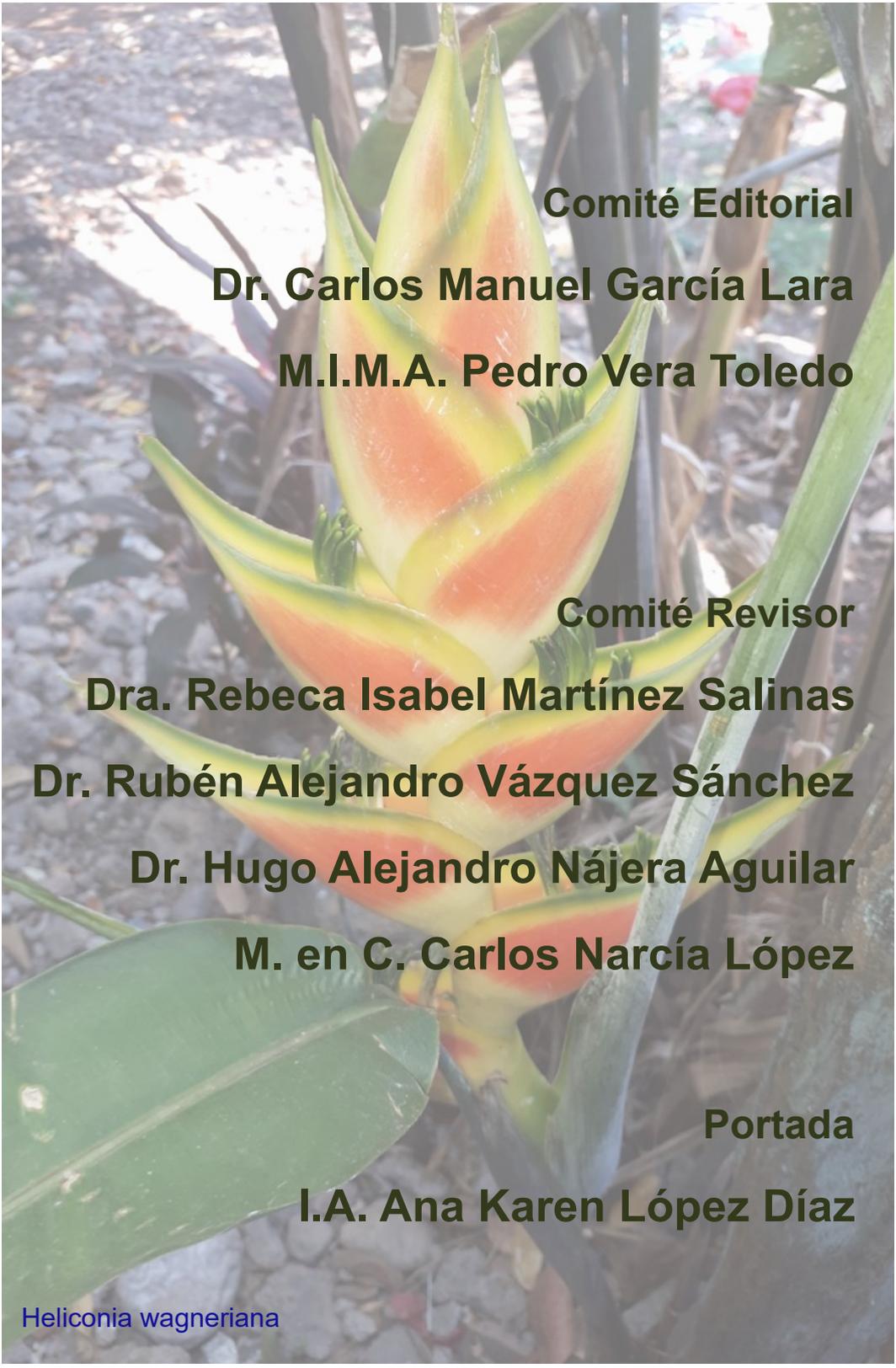
Análisis geoespacial

Teledetección

Residuos sólidos

Sitios de disposición final

Año 16 | Gaceta No XXVII 2023



Comité Editorial

Dr. Carlos Manuel García Lara

M.I.M.A. Pedro Vera Toledo

Comité Revisor

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

M. en C. Carlos Narcía López

Portada

I.A. Ana Karen López Díaz

Carta de los Editores

En esta edición de la Gaceta Nas Jomé XXVII, se presenta trabajos con temáticas en: generación y caracterización de residuos sólidos utilizando herramientas de análisis geoespacial, teledetección y SIG.

Este número fue realizado con aportaciones de estudiantes y docentes que con gran entusiasmo desarrollan investigación académica, con el apoyo del Cuerpo Académico Estudios Ambientales adscrito a la facultad de ingeniería y cuyos miembros forman parte del programa de estudios de ingeniería ambiental.

El comité Editorial agradece la constante participación de la comunidad y extiende su invitación permanente para contribuir y enriquecer con trabajos esta publicación.

Sumario

Análisis Geoespacial del comportamiento de las fuentes de generación de RSU en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, Ramos Gálvez, Luis Fernando	1
Identificación de Plantaciones de Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) con Teledetección en el Sistema Lagunar de Catazajá, Chiapas, Núñez Ortiz, Braulio & Moreno Ceballo, Roberto	9
Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos no peligrosos en CU de la UNICACH, Zepeda Ruiz, Daniel Andrés	17
Generación y Composición de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) en la localidad de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, Santiago Cruz, David	28

Macrolocalización de áreas óptimas para sitios de disposición final en los municipios de Reforma, Juárez y Pichucalco, Chiapas. Gurgua Hernández, Alan Humberto	44
Mapa mental de una UMA. Cruz Alvarado, Karla Ivonne	55
Normas editoriales	56



Exámenes profesionales en 2023

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Evaluación del cumplimiento normativo de la PTAR El Parral, Chiapas"

Presenta

Víctor Adolfo de la Cruz Pérez

Director

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Asesores:

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Mtro. Ulises González Vázquez

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

2023
10 FEB
10:00 HRS

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Tesis Profesional

"Toxicidad aguda en semillas de maíz (Zea mays) expuestas a lixiviados crudo y pretratado en un sistema BEME"

Presenta

Brenda Marisol Pérez López

Director

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salir

Asesores:

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

2023
17 FEB
12:00 HRS

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Aprovechamiento de la efectividad del abono orgánico a base de purín en el rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) producido en granjas porcinas en el Ejido de Pacú, municipio de Suchiapa, Chiapas"

Presenta

Priscila Itamar Pérez Díaz

Director

Dr. Juan Antonio Villanueva Hernández

Asesores:

Dr. Roberto Horacio Albores Arzate

Mtra. Edalí Camacho Ruiz

Dr. Juan Antonio Villanueva Hernández

2023
22 MAR
10:00 HRS

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la Comunidad de Unión Pijijiapan, Municipio de Pijijiapan, Chiapas"

Presenta

Keli Noemi Velazquez Vazquez

Director

Mtro. Ulises González Vázquez

Asesores:

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Ruben Alejandro Vázquez Sánchez

Mtro. Ulises González Vazquez

2023
20 JUN
08:00 HRS

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Tesis Profesional

"Remoción de Coliformes totales en agua utilizando Bixa Orellana L. como fotosensibilizador"

Presenta

Pedro Mendoza Cruz

Director

Dr. Carlos Manuel García Lara

Asesores:

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Dr. Carlos Manuel García Lara

2023
29 JUN
08:00 HRS

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Método de regresión espacial para determinar la generación de RSU en Berriozábal, Chiapas"

Presenta

David Francisco Márquez Pérez

Director

Dr. Juan Antonio Araiza Aguilar

Asesores:

Mtro. Pedro Vera Toledo

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Dr. Juan Antonio Araiza Aguilar

2023
30 JUN
08:00 HRS

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx



Exámenes profesionales en 2023

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Zonificación de metales pesados para el estado de Chiapas"

Presenta

Jesús Alberto Fuentes Pérez

Director

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Asesores:

Mtro. Carlos Narcía López

Dr. Juan Antonio Araiza Aguilar

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

2023
30 JUN
10:00 HRS

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Análisis de Micronúcleos en células de haba (Vicia faba) expuesta a lixiviados"

Presenta

Arelí Jiménez Márquez

Director

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Asesores:

Mtro. Carlos Narcía López

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

2023
30 JUN
12:00 HRS

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Deserción y reprobación escolar en el PE de Ingeniería Ambiental (agosto 2017 - junio 2021)"

Presenta

Daniel Yock Cartagena

Director

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Asesores:

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Mtro. Carlos Narcía López

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

2023
03 JUL
09:00 HRS

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Tesis Profesional

"Caracterización Físico - Química del agua de lluvia, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas"

Presenta

Paola Guadalupe Torres González

Director

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Asesores:

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Carlos Manuel García Lara

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

2023
03 JUL
11:00 HRS

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Diagnóstico del manejo de lixiviados en rellenos sanitarios del estado de Chiapas"

Presenta

Montserrat Guadalupe Álvaro Gutiérrez

Director

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Asesores:

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Carlos Manuel García Lara

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

2023
15 AGO
11:00 HRS

Facultad de Ingeniería

Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

EXAMEN PROFESIONAL

Informe Técnico

"Selección de Alternativas Sustentables para el Tratamiento de Aguas Residuales Aplicando el Proceso Analítico Jerárquico. Caso de Estudio: Zonas Urbanas del Municipio de Santa María Huatulco"

Presenta

José Antonio Lara Elorza

Director

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Asesores:

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Mtro. Úlises González Vázquez

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Sede Tuxtla www.ambiental.unicach.mx

2023
16 AGO
10:00 HRS

Análisis Geoespacial del comportamiento de las fuentes de generación de RSU en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas.

Ramos Gálvez, Luis Fernando

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

Introducción

El crecimiento urbano descontrolado, aunado a la falta de planificación, ha generado en México y en toda América Latina significativas inestabilidades territoriales, diferencias sociales, supresión de grupos, aumento de dificultades de habitabilidad de los espacios urbanos, contaminación por residuos sólidos urbanos e industriales; ocupación anormal del suelo; inseguridad ante desastres, etc. (Hernández, 2010).

La preocupación progresiva por los efectos del crecimiento económico, por el desarrollo y la expansión de las áreas urbanas, así como por el actual modo de vida sobre el medio ambiente y la sostenibilidad ha propiciado la toma de conciencia sobre el problema de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). (Henry y Heinke, 1999).

El manejo ambiental urbano puede ser trabajado mediante los SIG, los cuales pueden integrar características espaciales y estructurales de una ciudad, para tomar decisiones adecuadas con respecto a la planeación o monitoreo de alguna zona en específico, la que después se deberá integrar a un modelo para su análisis (Fedra. 1999).

Con respecto al uso de los SIG para planificar el manejo de los residuos sólidos, (Joshi 2003), elaboró un proyecto denominado "Municipal Level GIS for Resource Mapping and Planning using GIS and GPS", cuyo objetivo principal era establecer una base de datos con los SIG y una preparación de Modelos Digitales que sirvieran como herramientas para el manejo de los RS basándose en las regularizaciones de los gobiernos locales.

(Karadimas et al. 2003) Trabajaron en un sistema que se compone de una base de datos espacialmente georeferenciados y construidos a partir de un SIG, el cual incluyó todos los parámetros requeridos para el manejo de los RS, como es la recolección de residuos, rutas de transporte, datos relacionados con el tráfico en el área bajo el estudio.

Se requieren estudios en torno a mediciones directas a escala local de la generación y composición de los RSU, a dimensión espacial y a la relación de estos elementos con otras variables que inciden en la generación de los residuos. De acuerdo con su ubicación geográfica, es el de posición de los RSU, ya que inci-

den diversos factores, como actividad económica de la localidad, patrones de consumo, cultura de la población, ingresos, entre otros. Así, este documento presenta un análisis espacial territorial de la generación y composición de los RSU por estrato socioeconómico, a través de cartografía elaborada con los datos obtenidos en la base de datos de DENUE e INEGI.

De esta manera, la situación de la disposición final de los RSU es un problema que requiere optimizar los recursos monetarios y naturales con que cuentan los municipios, eliminar los tiraderos a cielo abierto y crear proyectos que den soluciones coherentes y apegadas a la realidad.

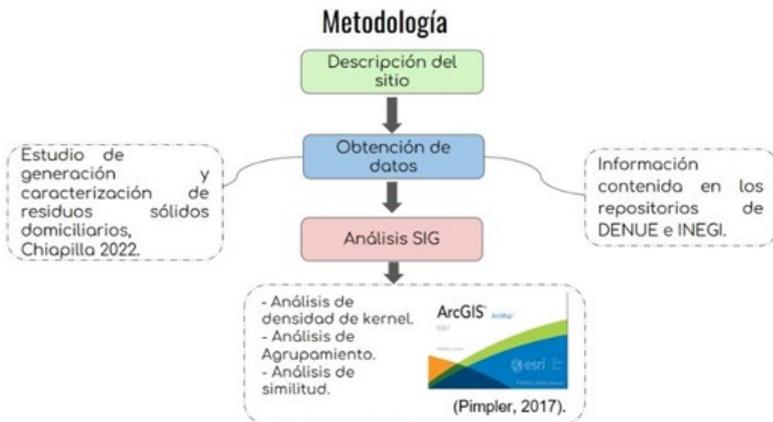


Figura 1. Diagrama esquemático de la metodología empleada.



Figura 2. Mapa del área de estudio.

El municipio de Chiapilla es uno de los 124 municipios que conforman el estado mexicano de Chiapas. Se localiza en las coordenadas geográficas 16° 34.165'N y 92° 43.250'O. Limita al norte con el municipio de San Lucas, al sur con Totolapa y al este con San Cristóbal de las Casas, al oeste con Acala. De acuerdo al censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año de 2020, el municipio tenía una población de 6,156 habitantes, de los cuales 4,329 (70.32%) se encuentran en la cabecera municipal.

Obtención de datos

Los datos de generación fueron obtenidos del Estudio de genera-

ción y caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el municipio de Chiapilla 2022, así mismo se descargaron en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).

De acuerdo a los obtenidos del estudio se cargan los datos a nuestro sistema de información geográfica:

Las variables que se presentan en las capas descargadas del DENUE e INEGI. Utilizando la tabla de atributos: Población total, número de AGEBS, número de Manzanas y las tasas de generación de acuerdo a la clasificación de comercios establecidos en el manual de GTZ (Agencia Alemana de Cooperación Técnica).

Tabla 1. Atributos.

De acuerdo a variables que se presentan en las capas descargadas del (DENUE, 2022). Utilizando la tabla de atributos los cuales son:

nombre_act	GR_SNO	RIG	D	AGEB	MZA	POB_TOT	POBFEM	POBMAS	P_GA2	GEPERC	GEN_RSU	ISSI
Comercio al por menor de art	1.05	0018	001	192	87	105	4	0.7			134.4	31
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	1.05	0037	001	164	95	89	11	0.7			128.0	86
Comercio al por menor de art	1.05	0037	042	165	80	85	9	0.7			115.5	81
Comercio al por menor de art	1.05	0018	030	143	74	69	8	0.7			100.1	26
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	1.05	0018	037	143	77	66	6	0.7			100.1	95
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	1.05	0018	005	136	73	66	3	0.7			97.3	63
Farmacias sin más	1.05	0018	003	136	68	70	6	0.7			96.6	64
Comercio al por menor de art	1.05	0018	024	125	58	67	8	0.7			87.5	56
Comercio al por menor de art	1.05	0018	026	118	63	55	7	0.7			80.5	33
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	1.05	0018	014	115	60	55	6	0.7			79.1	73
Farmacias sin más	1.05	0018	041	113	55	58	6	0.7			74.2	25
Comercio al por menor de art	1.05	0018	031	106	51	55	5	0.7			67.2	58
Comercio al por menor de ropa de cuero y piel y de otros artículos de estos materiales	1.05	0018	027	96	53	43	6	0.7			65.8	96
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	1.05	0018	021	94	45	49	*	0.7			65.1	62
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	1.05	0018	006	93	55	38	4	0.7			49.7	78
Farmacias al por menor de más de un tipo de medicamentos de acción sistémica	1.05	0018	035	91	45	48	4					

TASA DE GENERACIÓN NO DOMICILIARIA

GENERACIÓN PER CÁPITA

TIPO DE UNIDADES ECONÓMICAS

NÚMERO DE MANZANA

POBLACIÓN TOTAL

TAZAS DE GENERACIÓN DOMICILIARIA POR MANZANA

Aplicación de Análisis

Análisis de similitudes: Se selecciona Perfiles de atributos para el parámetro Método de coincidencia, la herramienta estandariza primero todos los Atributos de interés (se requieren como mínimo dos Atributos de interés para este método). A continuación utiliza las matemáticas de similitud de coseno para comparar el vector de los atributos estandarizados de cada candidato con el vector de los atributos estandarizados de la entidad de destino que se busca. La similitud de coseno de dos vectores, A y B, se calcula como:

$$\text{cosine similarity index} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}}$$

Análisis de agrupamiento: El resultado de esta herramienta es la creación de distintos grupos de datos donde las características que forman parte del grupo son lo más similares posible y entre los grupos lo más diferente posible.

Análisis de densidad de Kernel: la densidad calculada se multiplica por el número de puntos o la suma del campo de población si se proporciona alguno. Esta corrección hace que el integral espacial sea igual al número de puntos (suma o campo de población) en lugar de ser siempre igual que 1.

$$\text{Density} = \frac{1}{(\text{radius})^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{\pi} \cdot \text{pop}_i \left(1 - \left(\frac{\text{dist}_i}{\text{radius}} \right)^2 \right)^2 \right]$$

For $\text{dist}_i < \text{radius}$

Resultados

Con los datos de la generación domiciliaria y no domiciliaria obtenidos anteriormente, se puede establecer que la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, actualmente genera 3.200 Ton/día, es decir, un equivalente a 0.733 kg/hab-día, cifra que es elevada respecto a un promedio nacional.

Tabla 2. Generación de residuos.

Fuente de generación	Gen. per cápita (kg/hab-día)	Cantidad (Ton/día)
Casa habitación	0.615	2.684
Residuos de comercios y servicios públicos	0.118	0.516
Total	0.733	3.200

Los datos de las manzanas tomados en consideración para modelar la predicción de la distribución poblacional en relación a la generación de RSU:

- ◇ Número de manzana.
- ◇ Población total por manzana.
- ◇ Generación Per cápita.
- ◇ Tasa de Generación por manzana. Los rangos conforme a las tasas de generación, donde la mayor generación de RSU es de 134.4 kg/día por manzana teniendo así 192 habitantes.

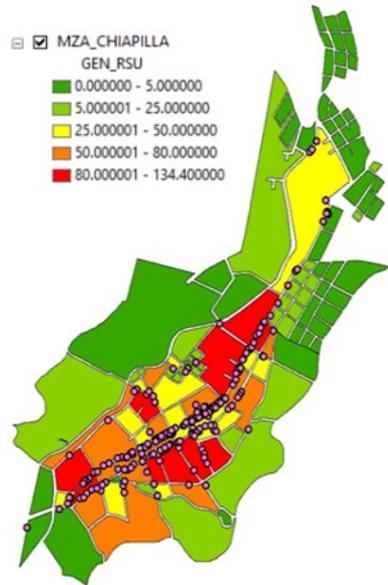


Figura 3. Mapa de generación de RSU.

De acuerdo a la información descrita en el DENUE, la cabecera municipal de Chiapilla cuenta con 205 establecimientos, como se muestra en la gráfica de pastel, los cuales producen una tasa de generación de residuos de alrededor de 516 kg/día.



Figura 4. Número total de unidades económicas.

Las tasas de generación de acuerdo al tipo de unidad económica son:

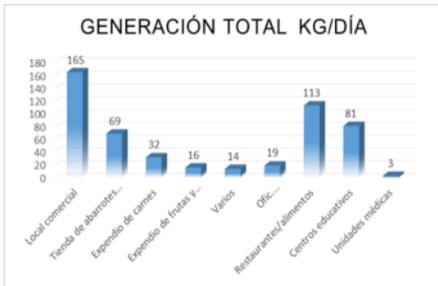


Figura 4. Generación de RSU.

Generación total en Kilogramos al día por el total cada tipo de establecimiento.

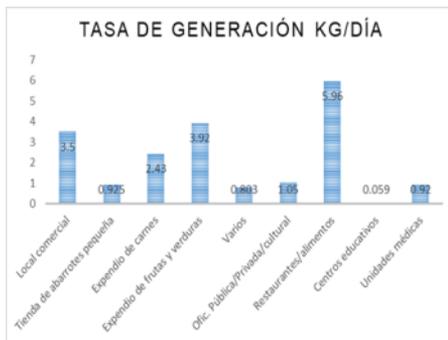


Figura 5. Tasas de generación.

Análisis de densidad de Kernel

De acuerdo a las tasas de generación de las unidades económicas activas el mapa nos presenta cuáles son las zonas con mayor intensidad en la generación de los Residuos sólidos no domiciliarios y la ubicación geográfica y tipología de establecimiento que puede ser una variable fundamental en la generación de RSU.

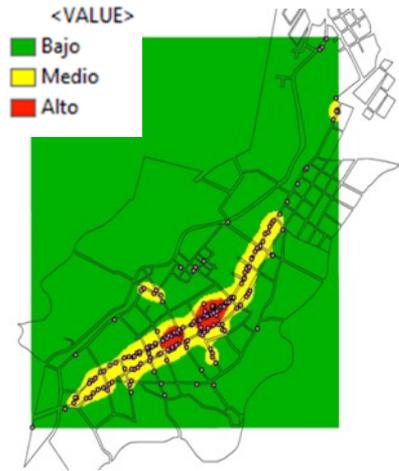


Figura 6. Mapa con tasas de generación por unidad económica.

Conclusiones

En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos de los análisis con apoyo de información obtenida en la base de datos del DENUE e INEGI procesados en el sistema de información geográfica Arc gis con respecto a las tasas de generación de RSU en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas. El objetivo principal fue analizar el comportamiento de las fuentes generadoras de RSU, con apoyo de este trabajo las autoridades municipales puedan diseñar obras, planes o adquirir equipamiento necesario en las labores de manejo de sus residuos.

Los resultados de los análisis mostraron que la estratificación poblacional y socioeconómica sí se corresponde con los patrones de generación. Es evidente que la generación tiene relación con los patrones de registro familiar de la cantidad de población y ubicación. Se ha mostrado que la distribución espacial de las áreas por manzana en la zona de estudio y su relación con actividades económicas y las cantidades de la población influye en la generación total de RSU.

Bibliografía

Henry, G. y Heinke, G. (1999): Ingeniería Ambiental. México: Prentice Hall y Pearson.

Fedra, K (1999). Urban Environmental Management: monitoring, SIG, and modeling (published in: Computer, Environment and Urban Systems. Environmental Software & Services GmbH A-2352 Gumpoldskirchen, Austria. 443-457.

Joshi, K, (2003) Municipal GIS Municipal GIS for Resource Mapping and Planning: A case study from Byass municipal area, Nepal. Baneswore, Kathmandu, Nepal.10 pp.

Hernández, E. (2010). El problema de la vivienda marginal en México. El caso de los asentamientos humanos periféricos en el Sur de Tamaulipas, México. (Tesis doctoral), Barcelona: Universitat de Barcelona.

Karagiannidis, N. Moussiopoulos, G. Diamandopoulos, K. Kaggelides and Perkoulidis, G, (2003). Simulation Modelling Software for Integrated Solid Waste Management at Regional Level a. Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology Lemnos Island, Greece, 8 – 10. pp. 346 – 352.

González, C. (2006). Análisis espacial de la generación de residuos sólidos en Morelia.

Silverman, B. W. (1986) Estimación de densidad para las estadísticas y el análisis de datos. New York: Chapman and Hall.

Pimpler, E. (2017). Spatial Analytics with ArcGIS. Packt Publishing Ltd.

Gutiérrez, F. (2008). Análisis del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el Centro Histórico de Morelia, aplicando sistemas de información geográfica (SIG). Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL



XXXIV CICLO DE SEMINARIOS

Febrero - Junio 2023

- | | |
|--|---------------------------------|
| "Importancia de la seguridad e higiene en obras de construcción en el tren Maya"
Ing. Priscila Itamar Pérez Díaz | 15/03/2023
09:00-11:00 horas |
| "Desarrollo de un sistema de generación y combustión de Biogás"
Dra. Yanhsy Hernández Portillo | 22/03/2023
09:00-11:00 horas |
| "Respuesta a Emergencias Químicas"
Ing. Mg. Alex Rojas Gutiérrez | 28/03/2023
09:00-11:00 horas |
| "Ecotecnologías para el agua y el saneamiento"
Biol. Cynthia Reyes Hartmann | 29/03/2023
14:00-15:00 horas |
| "Arbolado urbano como medida de mitigación a la isla de calor urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas"
Dr. Williams Vázquez Morales | 19/04/2023
09:00-11:00 horas |
| "La implementación y evaluación de una estufa ecológica de doble combustión en condiciones reales de operación"
M. en C. Óscar Martínez Aguirre | 26/04/2023
09:00-11:00 horas |
| "Foro: "Tópicos en Ingeniería Ambiental para proyectos de titulación"
PITC's del Programa Educativo de Ingeniería Ambiental | 03/05/2023
14:00-16:00 horas |

AUDITORIO DEL PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL. EDIFICIO 15. CIUDAD UNIVERSITARIA



Ingeniería Ambiental
Unicach, Sede Tuxtla

FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EDUCATIVO DE
INGENIERÍA AMBIENTAL

IX COLOQUIO DE
PROYECTOS DE
TITULACIÓN

Febrero - Junio 2023

16 y 17 de mayo

09:00 - 12:10
horas

Ingeniería Ambiental
Sede Tuxtla

Auditorio de Ingeniería Ambiental. Edificio 15
Ciudad Universitaria de la Unicach.

Identificación de Plantaciones de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) con Teledetección en el Sistema Lagunar de Catazajá, Chiapas

Núñez Ortiz, Braulio & Moreno Ceballo, Roberto

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar plantaciones de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) utilizando una escena multispectral del satélite Sentinel-2 en el Área Natural Protegida “Sistema Lagunar de Catazajá”, ubicado en el Estado de Chiapas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso de esta constelación satelital permitió obtener una Precisión General de 92.05% en el área de estudio, demostrando el potencial de estas escenas para identificar y cartografiar plantaciones de palma aceitera.

Palabras Clave: Teledetección, Palma de Aceite, Sentinel-2.

Introducción

Las plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) son una fuente crucial de aceite vegetal de alto rendimiento, siendo utili-

zado en diversas industrias, desde la alimentación hasta la producción de biocombustibles^[1]. Es por esto que la demanda de productos derivados de la palma aceitera van en aumento, requiriendo mayores extensiones para el desarrollo de estos.

De forma particular, el aumento de plantaciones de palma ha crecido considerablemente en zonas tropicales, tal es el caso de México, donde ha presentado un incremento en las últimas décadas para el cultivo de la misma, concentrándose en los estados de Veracruz, Campeche, Tabasco y Chiapas^[2].

Sin embargo, la expansión de estos cultivos también ha generado muchas preocupaciones, principalmente por la deforestación y pérdida de la biodiversidad inducida por los cambios de uso de suelo^[1], requeridos para el desa-

rollo de estas actividades.

Ante esta problemática, el uso de información adquirida por medio de sensores remotos permite llevar a cabo el monitoreo y análisis de la Tierra, adquiriendo escenas de la superficie terrestre de forma repetitiva y constante [3]. Particularmente su aplicación en la identificación y mapeo de plantaciones de palma aceitera ha sido de gran interés, debido a la importancia económica y ambiental de este cultivo [4].

En este sentido, la aplicación de teledetección resulta ser una herramienta valiosa para monitorear el estado y desarrollo de plantaciones de palma aceitera, permitiendo adquirir información espacial sobre la distribución de estos cultivos utilizando enfo-

ques de clasificación supervisada a partir de escenas multiespectrales como Sentinel-2 [4,5].

Metodología

Área de Estudio

La zona de estudio comprende el Área Natural Protegida Estatal con categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Sistema Lagunar Catazajá”, ubicada en Latitud 17°49'48.45" Norte y Longitud 91°57'8.13" Oeste, dentro del Municipio de Catazajá, en el Estado de Chiapas.

El relieve del área presenta un gradiente altitudinal que va desde los 0 m.s.n.m hasta los 40 m.s.n.m. y se compone de extensas zonas con llanuras así como lomeríos.

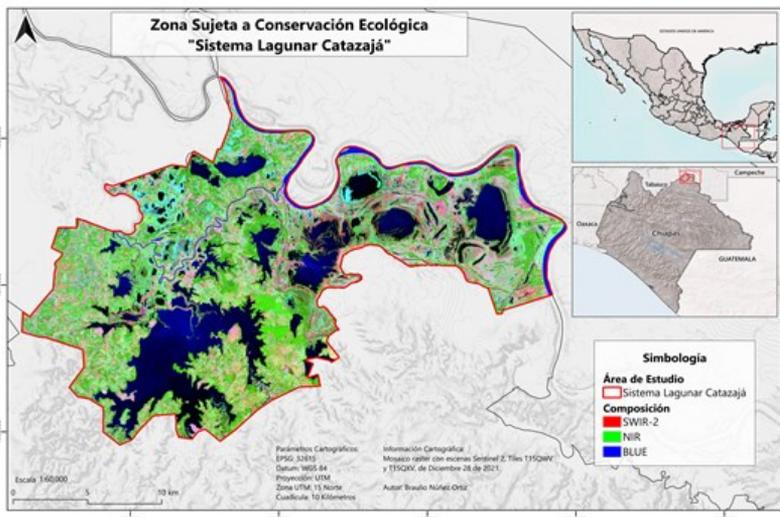


Figura 1. Mapa de Localización del área de estudio.

En cuanto al clima, corresponde a unidades con clave A_m y A_{fm} de tipo Cálido Húmedo.

La hidrología presente en el área se encuentra conformada por sistemas riverinos, los cuales son abastecidos por el Río Usumacinta, sus ramificaciones y tributarios; así como por sistemas de tipo lacustres, y palustres, que forman extensas lagunas y pantanos.

Respecto a la vegetación que se presenta, se encuentran formaciones asociadas a selvas húmedas y vegetación acuática.

Materiales y Métodos

El estudio fue llevado a cabo a través de un enfoque de Clasificación Supervisada en el Software QGIS versión 3.28.4, y usando los complementos Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) y Accuracy Assessment of Thematic Maps (AcATaMa), desarrollados por Congedo^[6] y Llano^[7], respectivamente.

Para realizar la identificación de plantaciones de palme, el estudio se desarrolló en tres etapas:

1.- Pre-procesamiento

Se adquirieron dos escenas Multiespectrales de los satélites Sentinel-2 (S-2) por medio de la pla-

taforma web Copernicus de la Agencia Espacial Europea. Las características de la escena utilizada se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las Escenas Sentinel-2 utilizadas.

Características	
Cuadrículas	T15QWV T15QXV
Nivel de procesamiento	L1C
Fecha de captura	28/12/21
Resolución espacial (m)	10 y 20

Posteriormente, se llevó a cabo la corrección atmosférica de las bandas en ambas escenas usando el método de Substracción de Objetos Oscuros propuesto por Chávez^[8]; y se realizó el remuestreo de las bandas, homologando

la resolución espacial de todas a 10 m.

Concluyendo este proceso, se creó un mosaico raster de ambas escenas, para posteriormente efectuar el recorte de las bandas, acotándolas al área de estudio.

2.- Procesamiento

En esta fase, se realizó la clasificación de la escena. Como primer paso, se llevó a cabo la interpretación visual de las Coberturas de Suelo (CS) con información auxiliar obtenida en Google Earth Pro (GEP) y composiciones en falso color de la escena S-2.

Al definir las clases de las coberturas de suelo (Tabla 2), se precedió a delimitar las Áreas de Entrenamiento, seleccionando muestras representativas de cada CS digitalizando polígonos a lo largo de la escena.

Posterior a eso, se analizó la separabilidad espectral de las áreas de entrenamiento utilizando el método de Jeffries-Matusita^[9], estableciendo un umbral mínimo ≥ 1.8 , de acuerdo con lo sugerido por López-Caloca et al.^[10].

Tabla 2. Clases en el área de estudio.

Clave	Clase
CA	Cuerpos de Agua
VA	Vegetación acuática
SS	Selva Subperennifolia
IA	Infraestructura antropogénica
PA	Pastizales
SD	Suelos Desnudos
PP	Plantaciones de Palma

Concluido el análisis de la separabilidad espectral, se procedió a realizar la clasificación supervisada utilizando el algoritmo de Máxima Verosimilitud en SCP.

3.- Post-procesamiento

Esta fase involucró la depuración del ráster generado por el algoritmo de clasificación, eliminando los píxeles aislados utilizando la herramienta de Filtrado (Sieve), estableciendo un arreglo de 3x3 píxeles (90 m²) y una conectividad de ocho.

Concluida la corrección, se evaluó la precisión del producto final utilizando una Matriz de Error^[11]. Para realizar eso, se empleó el complemento AcATaMa^[7], que permitió llevar a cabo el diseño de muestreo, protocolo de respues-

ta y calcular las medidas de precisión.

El diseño de muestreo fue aleatorio estratificado, de acuerdo con lo sugerido por Stehman y Foody^[12]. En cuanto al protocolo de respuesta, se utilizó un arreglo de 3x3 píxeles^[12] como unidad de muestreo; y como información de referencia, se consultaron imágenes satelitales de alta resolución obtenidas de la escena S-2.

Las medidas de precisión fueron estimadas de acuerdo con Olofsson et al.^[11], obteniéndose los parámetros de Precisión General (PG), de Usuario (PU) y de Productor (PP).

Resultados

La clasificación utilizando el algoritmo de Máxima Verosimilitud presentó buenos resultados, obteniéndose una Precisión General de 92.05% para el área de estudio, como se observa en lo reportado por medio de la Matriz de Error (Figura 2).

		Matriz de Error							Total
		Datos de Validación							
Datos de Clasificación	Clases	CA	VA	SS	IA	PA	SD	PP	
	CA	78	1	0	0	1	0	0	80
	VA	2	67	0	0	2	2	0	73
	SS	0	0	54	0	0	0	0	54
	IA	6	1	0	10	2	11	0	30
	PA	0	7	1	0	91	0	0	99
	SD	0	2	0	0	0	28	0	30
	PP	0	0	8	0	2	0	20	30
	Total	86	78	63	10	98	41	20	396

Precisión General = 92.05%

Figura 2. Matriz de Error derivada del Proceso de clasificación.

En cuanto al mapa obtenido por el proceso de clasificación, se puede apreciar en la Figura 3.

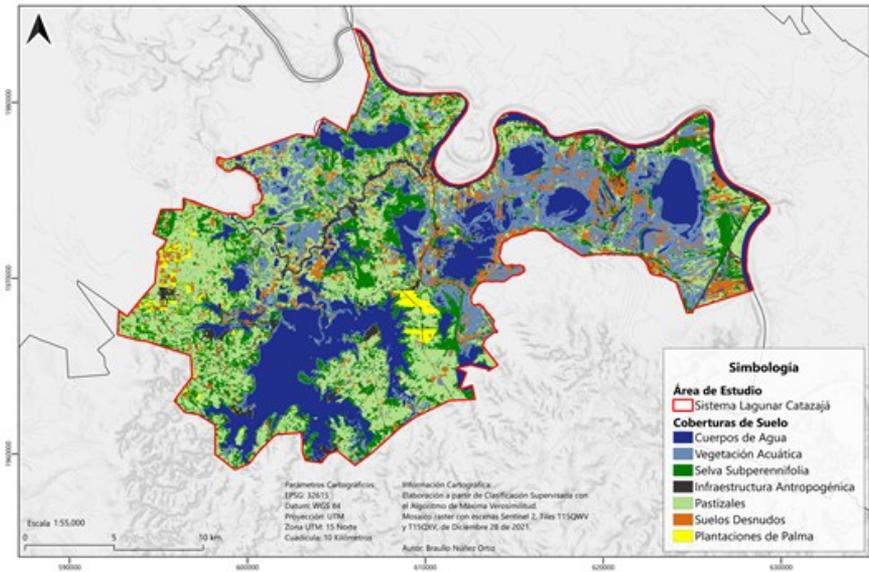


Figura 3. Resultado de la clasificación temática.

Particularmente para la clase de Plantaciones de Palma (PA), la Precisión de Productor fue del 100%, mientras que la de Usuario reportó un 66.67%, como puede apreciarse en la Figura 4.

Figura 4. Precisión de Usuario y Pro-

Clases	Precisión de Productor	Precisión de Usuario
CA	94.57%	97.50%
VA	86.96%	91.78%
SS	95.65%	100.00%
IA	100.00%	33.33%
PA	95.57%	91.92%
SD	78.06%	93.33%
PP	100.00%	66.67%

ductor reportada en la clasificación.

La baja exactitud reportada en la Precisión de Usuario para PP, se debe a la inclusión de esta clase

en áreas en las cuales no correspondían, como es apreciado en la Matriz de Error, en donde estas fueron asignadas en zonas correspondientes a Pastizales (PA) y Selva Subperennifolia (SS). De forma particular, la mayor proporción de píxeles asignados de forma errónea corresponden a la clase SS; esto debido a que ambas categorías presentan una respuesta espectral similar, exhibiendo comportamientos afines, con menor absorción de reflectancia en la región del Visible (VIS) y mayor en el Infrarrojo Cercano (NIR), como puede apreciarse en la Figura 5. Por lo que esta similitud espectral ocasionó ambigüedad en el proceso de clasificación.

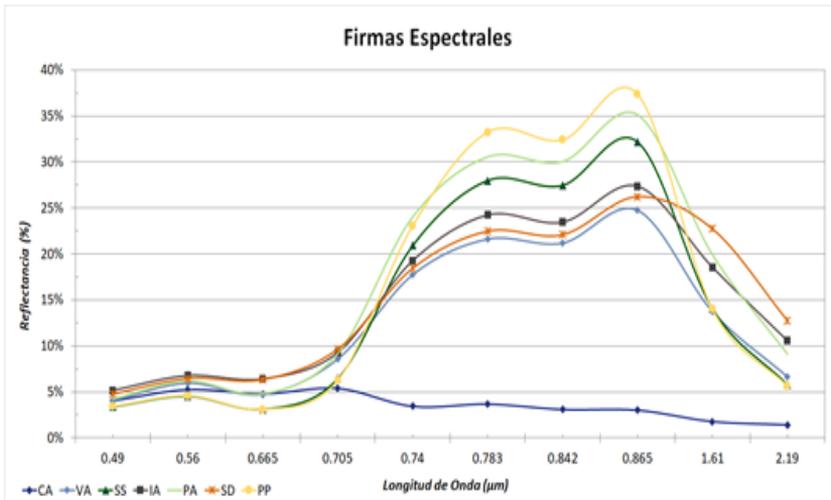


Figura 5. Firmas espectrales de las clases.

Conclusiones

En el presente estudio, se llevó a cabo la identificación de Plantaciones de Palma dentro del Sistema Lagunar Catzajá, a partir de la aplicación de técnicas de tele-detección con un enfoque de clasificación supervisada utilizando una escena del satélite Sentinel-2.

De acuerdo con la Matriz de Error, la exactitud obtenida en la clasificación fue alta, con una precisión general de 92.05%, demostrando el potencial de esta constelación para la identificación y mapeo de plantaciones de palma aceitera.

Referencias

- Vijay V, Pimm SL, Jenkins CN, Smith SJ. The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss. *PLoS One*. 2016;11(7).
- Hernández D, López F, Bonilla M. Análisis Preliminar de la Dinámica de Uso del Suelo Asociada al Cultivo Palma de Aceite (*Elaeis guineensis*) en México. *Agrociencia* [Internet]. 2018;52(6) (September):875–93. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n6/2521-9766-agro-52-06-875.pdf>
- Chuvieco E. *Fundamentals of Satellite Remote Sensing* [Internet]. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2016. 486 p. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781498728072>
- Chong KL, Kanniah KD, Pohl C, Tan KP. A review of remote sensing applications for oil palm studies. *Geo-spatial Inf Sci* [Internet]. el 3 de abril de 2017;20(2):184–200. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10095020.2017.1337317>

5. Nurmasari Y, Wijayanto AW. Oil Palm Plantation Detection in Indonesia Using Sentinel-2 and Landsat-8 Optical Satellite Imagery (Case Study: Rokan Hulu Regency, Riau Province). *Int J Remote Sens Earth Sci* [Internet]. el 7 de septiembre de 2021;18(1):1–18. Disponible en: <http://jurnal.lapan.go.id/index.php/ijreses/article/view/3537>.
6. Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *J Open Source Softw.* 2021;6(64):3172.
7. Llano X. AcATaMa. QGIS plugin for Accuracy Assessment of Thematic Maps [Internet]. 2022. Disponible en: <https://smbyc.github.io/AcATaMa/>
8. Chavez PS. Image-based atmospheric corrections - Revisited and improved. *Photogramm Eng Remote Sensing.* 1996;62(9):1025–36.
9. Richards JA. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction [Internet]. 5th ed. Remote Sensing Digital Image Analysis. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013. 173–189 p. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-30062-2>
10. López-Caloca AA, Morales Gamas A, López Aguilar MG. Wetland landscape based on Sentinel-2 images and geotagged photographs in Centla, Tabasco. *Terra Digit* [Internet]. el 31 de octubre de 2021;5(2):1–14. Disponible en: http://terradigitalis.igg.unam.mx/html/ojs3/index.php/terra_digitalis/article/view/88
11. Olofsson P, Foody GM, Herold M, Stehman S V., Woodcock CE, Wulder MA. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sens Environ* [Internet]. mayo de 2014;148:42–57. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
12. Stehman S V., Foody GM. Accuracy Assessment. En: Warner TA, Nellis DM, Foody GM, editores. *The SAGE Handbook of Remote Sensing* [Internet]. 1st ed. SAGE Publications, Inc.; 2009. p. 297–309. Disponible en: <http://methods.sagepub.com/book/the-sage-handbook-of-remote-sensing/i2784.xml>



FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EDUCATIVO DE
INGENIERÍA AMBIENTAL

XXXII EXPO AMBIENTAL

Febrero - Junio 2023

CURSOS | TALLERES | SPELLING BEE | CARTELES |
CONFERENCIAS | PROTOTIPOS | ACTIVIDADES
DEPORTIVAS Y CULTURALES | EXPOSICIÓN
FOTOGRAFICA

23 y 25 de mayo

AUDITORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL,
EDIFICIO 15, CIUDAD UNIVERSITARIA



Ingeniería Ambiental
Unicach, Sede Tuxtla

EXPO Ambiental

23 MAYO

08:30 - 09:30 horas

Conferencia: "Manejo de Residuos Peligrosos"

- **Imparte: Mtro. Alex Rojas**
Universidad de Valparaíso, Chile (Modalidad virtual)

09:30 - 10:20 horas

Inauguración

10:20 - 12:00 horas

Cursos - Talleres

- Tecnologías Hídricas aplicadas en comunidades rurales - Sala de docentes
 - **Imparte: Biol. Luis Andrés Gómez Urieta**
Instituto Estatal del Agua (INESA)
- Ecotecnias en restauración de suelo - Auditorio
 - **Imparte: Biol. Pablo Amir Bonilla Sánchez**
Instituto Estatal del Agua (INESA)

- Diseño y operación de una planta de tratamiento de agua - Salón 01
- Mapa digital de México en línea - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
 - **Imparte: Jose Luis Ovilla Cordova**
INEGI
- Descarga de mapas - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
 - **Imparte: Sergio Samuel Ovando Molina**
INEGI

11:30 - 12:00 horas

Coffee break

12:00 horas

Exposición fotográfica



09:00 - 11:30 horas

Concurso de Carteles y prototipos

10:00 - 12:00 horas

Spelling Bee Contest

Auditorio del Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

10:00 - 12:00 horas

Torneo de Ajedrez

Explanada del Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

12:00 - 13:00 horas

Espacio cultural

Concierto de Marimba

Erika Osanaya Ruiz

12:30

Comida

13:00 - 15:00 horas

Premiación y clausura

25 MAYO

www.ambiental.unicach.mx



Ingeniería Ambiental Unicach Sede Tuxtla

Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos no peligrosos en cu de la UNICACH

Zepeda Ruiz, Daniel Andrés

Facultad de ingeniería ambiental

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Introducción

En la actualidad, es evidente el aumento de la contaminación originada por las distintas actividades que se realizan en el día a día. Esto se debe a que la población no deja de crecer, mientras que los recursos naturales disminuyen progresivamente para satisfacer las demandas de cada persona.

Hablamos de contaminación ambiental cuando existe una presencia en el aire, suelo y agua de sustancias que pueden afectar la salud y el bienestar de las personas o animales e incluso el entorno físico donde estos van a disposición final (Encinas, 2011).

Generalmente uno de los factores con mayor influencia en el medio ambiente son los residuos sólidos que pueden definirse como aquellas sustancias, materiales y objetos que son eliminados luego de haber concluido su vida útil o cuando pierden su valor (Barba & Urcelay, 2018). Estos residuos sólidos se pueden clasi-

ficar en Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP), (SEMARNAT, 2021).

La alta demanda de generación de estos residuos esta asociada e influenciada por las variables de crecimiento poblacional, ineficiencia en los procesos productivos, cambios en los patrones de consumo e Índice de Desarrollo Humano (IDH), (Sáez & Urdaneta, 2014).

La problemática en conjunto con una incorrecta disposición final de residuos resulta en impactos como la liberación de contaminantes y efectos negativos en la salud de la población (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2012).

Estudios realizados indican instituciones educativas son consideradas un importante sector generador de este tipo de residuos. Particularmente las universidades ya que generan entre el 10-20% de los residuos generados

de este tipo de residuos. Particularmente las universidades ya que generan entre el 10-20% de los residuos generados en sus localidades, que se componen principalmente por cartón, papel, plásticos y desechos de comida (Ibarra & Redondo, 2011).

En México, existen algunos estudios acerca de la generación, caracterización y manejo de los residuos en el nivel superior, por ejemplo, en Universidades como la Iberoamericana, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco (UAM-A) y Universidad Autónoma de Baja California (UABC), estos estudios revelan que la composición de los residuos está conformada principalmente por residuos orgánicos (50%) y que en conjunto con papel y cartón equivalen al 70% del total de los residuos generados (Ruiz-Morales, 2011; Alcántara, et. al., 2005; Espinosa, et. al., 2008; Armijo, et. al., 2008)

Una de las principales alternativas para disminuir el impacto del aumento de los residuos, es implementar un plan para la gestión integral de los residuos sólidos (GIRS). Por otra parte, los estudios de caracterización de

los residuos sólidos urbanos también son una alternativa ya que se pueden recolectar los datos que permitan determinar las cantidades de residuos, su composición y propiedades en una localidad y tiempo determinado a partir de la determinación de generación, composición y densidad (Runfola, 2009).

Con lo anterior presente trabajo pretende diagnosticar la generación y el manejo de los RSU, en una institución educativa de nivel Medio Superior UNICACH en el Estado de Chiapas, aplicando las normas técnicas en materia de residuos. Los resultados obtenidos a través de este estudio permitirán proponer estrategias para el manejo de los residuos que se producen en mayor cantidad y reducir su impacto ambiental.

Metodología

Con el propósito de evaluar la gestión de residuos sólidos en ciudad universitaria de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), se realizó un estudio durante un lapso de 5 días (del lunes 22/08/2022 al viernes 26/08/2022). La metodología empleada consistió en la recolección de los residuos sólidos no

peligrosos por parte del personal encargado de la limpieza, los cuales fueron almacenados en contenedores o cestos previamente designados dentro de la institución. Las bolsas utilizadas para la disposición de los residuos sólidos fueron mayoritariamente de polietileno. Las muestras obtenidas tomaron muestras de residuos de tres puntos de generación diferentes para su posterior análisis:

1. Edificios académicos y administrativos.
2. Jardines y corredores.
3. Centro comunitario (área de tiendas, comedor y cafetería).

Posteriormente a la recolección, los residuos son transportados al sitio de almacén temporal, cuidando que el almacén no contara con residuos de días anteriores por lo que fue necesario esperar que el servicio de limpia municipal realizara la recolección, el día viernes, para comenzar el estudio el lunes próximo inmediato.

Una vez se lograron estos aspectos, para obtener un conocimiento específico de las características cuantitativas que identifican a los residuos sólidos de la fuente generadora (UNICAH), se reali-

zaron los estudios con base a la siguiente normatividad:

- NMX-AA-61-1985 Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Determinación de la generación.

- NMX-AA-15-1985 Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Muestreo – Método de Cuarteo.

- NMX-AA-19-1985 Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Peso volumétrico “In Situ”.

- NMX-AA-22-1985 Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Selección y cuantificación de subproductos.

Dentro de los estudios a este respecto, se deben realizar una serie de actividades encaminadas a la obtención de ciertos parámetros necesarios para la investigación y para el establecimiento de actividades posteriores. Los parámetros básicos para ejecutar este proyecto son:

- Generación.
- Composición.
- Peso volumétrico.
- Cuantificación.

Determinación de la generación per cápita en CU de la UNICACH. residuos sólidos resultantes del estudio de generación.

Para determinar la generación per cápita de los residuos sólidos provenientes de la UNICACH, se empleó la norma técnica NMX-AA-61-1985. se contabilizaron y pesaron la totalidad de las bolsas de los residuos que se encontraron en el almacén temporal, referencia para obtener la generación promedio de residuos sólidos por persona kg/persona-día.



Imagen 1. Determinación de la generación.

Aplicación del método del cuarteo.

Se realizó conforme a la NMX-AA-015-1985.

1. para la realizar este método se tomaron las muestras de

2. la muestra representativa se vacía formando un montón en la zona donde se efectuará dicho método (zona plana de 4x4 m).

3. la muestra de residuos sólidos se traspalea de manera que tengamos una muestra homogénea.

4. una vez obtenida la muestra se procede a dividir los residuos en partes iguales las cuales se representarán con las letras A-B-C-D de las cuales se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg, para selección de subproductos.



Imagen 2. Método del cuarteo

Determinación del peso volumétrico.

Para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos generados en la universidad se empleó la norma mexicana: NMX-AA-019-1985.

1. Verificar que el recipiente esté limpio y libre de abolladuras (tambo de 100 L); así como también que la báscula esté nivelada.

2. Pesa el recipiente vacío, tomando este peso como la tara del recipiente.

3. En caso dado de no conocer la capacidad del recipiente, ésta se determina a partir de las formulaciones aritméticas existentes, según sea la geometría de dicho recipiente.

4. Llenar el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados, obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo según la Norma Mexicana NMX-AA-15; golpee el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm.

5. Nuevamente agregue residuos sólidos hasta el tope, teniendo cuidado de no presionar al colocarlos en el recipiente;

esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.

6. Para obtener el peso neto de los residuos sólidos, se pasa el recipiente con estos y se resta el valor de la tara.

7. Cuando no se tenga suficiente cantidad de residuos sólidos para llenar el recipiente se marca en éste, la altura alcanzada y se determina dicho volumen.

8. El peso volumétrico del residuo sólido se calcula mediante la siguiente fórmula

$$P_v = P / V = \text{kg/m}^3$$



Imagen 3. Determinación del peso volumétrico

Caracterización de los residuos sólidos.

estudio se utilizó la norma las NMX-AA-22-1985. Este método es de gran importancia para determinar la información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para evaluar las necesidades de equipo, los sistemas y los programas y planes de gestión.

La caracterización depende del enfoque de cada estudio por lo general la clasificación para los subproductos se dividen en: papel, cartón, metales, vidrio, madera, cuero, plásticos en sus distintas presentaciones, trapo, Tetrapak, materia orgánica y los residuos finos.

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado en la balanza granataria y se anota el resultado en la hoja de registro. El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calcula con la siguiente expresión:

$$PS = (G1/G) \times 100$$

En donde:

PS es el Porcentaje del subproducto considerado, G1 es el Peso del subproducto considerado, en Kg; descontando el peso de la bolsa empleada y G es el Peso total de la muestra.

Resultados

Determinación de la generación.

Los datos básicos para cada una de las muestras (identificación, pesos diarios, generación per cápita diaria y promedio), se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Generación de residuos

Día	Kg/día	Promedio kg/día
1	258.76	336.93
2	307.40	
3	335.80	
4	457.00	
5	325.67	
TOTAL	1684.63 kg / semanales	

Fuente propia

En este estudio se recopiló y analizó el universo de residuos generado diariamente durante un periodo de 5 días consecutivos.

Los resultados indican que en CU de universidad se, está generando una cantidad promedio de 336.93 kg de residuos sólidos por día. Sin embargo, se observa una variación en la generación diaria a lo largo de los 5 días, lo cual atribuye a los factores climáticos que causaron un exceso de humedad en los residuos, afectando este mismo su peso.

Determinación de la generación per cápita.

Conforme a los datos anteriores y de acuerdo con la tabla I, se indica que se genera en promedio 336.93 kg de residuos sólidos no peligrosos por día en CU de la UNICACH, lo que reporta 1684.63 kg semanales y existen un total de 5694 habitantes frecuentes en la universidad .

La generación per cápita se calcula dividiendo la cantidad total de residuos generados durante el periodo determinado de estudio entre el número de personas que utilizan las instalaciones de la universidad.

$$\begin{aligned} \text{Generación per capita} &= \frac{\text{total de los residuos generados kg/día}}{\text{total de alumnos y personal (habitantes)}} \\ &= \frac{336.93 \text{ kg/día}}{5694 \text{ hab}} = 0.059 \text{ Kg/Hab/día} \end{aligned}$$

Peso volumétrico.

Tabla 2. Peso volumétrico

Día de la semana	Peso volumétrico Kg/m³
1	134.75
2	157.25
3	229.59
4	114.09
5	128.98
Promedio total	152.93

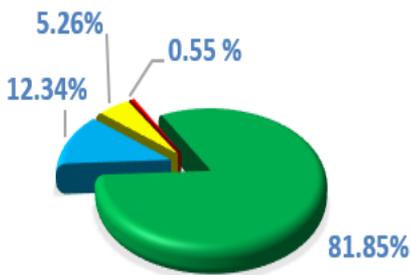
Fuente propia

Selección y cuantificación de los subproductos.



Grafica 2. Composición porcentual de los subproductos

La gráfica 2, representa 10 componentes de residuos sólidos. El componente más abundante es la mezcla, que representa el 61.15% de la muestra. En segundo lugar, se encuentra la materia orgánica, que representa el 20.71 %. Los plásticos representan el 8.86%, la fibra natural el 2.21%, los desechos sanitarios el 2.06%, los trapos el 1.91%, el vidrio el 1.29%, metales el 0.71%, los envases plastificados el 0.56% y, por último, los residuos peligrosos con el 0.55 %. En conjunto, estos componentes representan el 100% de la muestra estudiada.



Gráfica 3. Potencial reciclable

Conclusiones

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos sobre el estudio de generación y caracterización de residuos sólidos no peligrosos en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). El objetivo principal de este trabajo fue contribuir al conocimiento actual sobre la generación y manejo de residuos sólidos no peligrosos en la universidad y proporcionar información valiosa para el diseño de planes y programas de gestión de residuos en la universidad .

De acuerdo al estudio realizado en las instalaciones de la universidad se concluye que la generación per cápita es de 0.059Kg/hab/día, la cual podría presentar un aumento significativo en ciclos escolares posteriores debido a que este estudio fue realizado en tiempo de pandemia por CO-

VID 19 donde la universidad no laboraba en su totalidad. La generación per cápita de la universidad se encuentra en el promedio con respecto a los otros estudios realizados por Ruiz-Morales, 2011; Alcántara et. al., 2005; Armijo et. al., 2008 quienes reportan una generación per cápita está en que oscila entre los 0.05 y 0.11 kg/día.

Los residuos sólidos que se generan en ciudad universitaria están compuestos en un 81.85 % en materia orgánica los cuales podrían servir para procesos de compostaje , lumbricultura o la obtención de metano a partir de la materia orgánica putrescible . Residuos como el papel, vidrios, latas, metales, cartón, etc., podrían ser reciclados, con el fin de lograr una reducción significativa del total de residuos que son dispuestos en el tiradero a cielo abierto o sitios de disposición final , obteniendo así un beneficio para la universidad en el aprovechamiento de estos residuos.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda:

- Implementar medidas de gestión de residuos sólidos en la universidad, tales como la separación en la fuente de los diferentes componentes de la basura y la promoción de prácticas de reciclaje y compostaje.
- Se sugiere la implementación de programas de sensibilización y educación para la comunidad estudiantil, con el fin de promover una cultura de reducción y manejo adecuado de residuos. De esta manera, se podría lograr una reducción significativa en la cantidad de residuos destinados a vertederos y, por ende, contribuir a la protección del medio ambiente y la salud pública.
- Implementar una planta piloto de compostaje en donde la universidad aproveche la materia orgánica de los residuos generados.
- Efectuar contratos con Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos, específicamente de los residuos altamente reciclables (PET, vidrios, latas, etc.), a fin de obtener beneficios económicos.
- Informar a los alumnos acerca de los impactos negativos en la salud y medio ambiente por la inadecuada disposición de los residuos.
- Agilizar los permisos necesarios para proyectos de este tipo, esto debido a que se tienen que presentar permisos en coordinación o servicios escolares para la solicitud de información, hacer usos de los residuos o la solicitud de materiales necesarios para la caracterización.

Referencias

1. Encinas, M. M. D. (2011). Medio Ambiente y Contaminación Principios Básicos. Madrid, España: Autor-Editor.
2. SEMARNAT. (2022). Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Gob.mx. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>
3. Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia*, 121-135.
4. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos[OCDE], (2012) OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction, OECD. Obtenido de <https://doi.org/10.1787/9789264122246>

5. Ibarra, D., & Redondo, J. (2011). Encuentro Colombiano de dinámica de sistemas :Modelo Sistemático para el manejo de Residuos sólidos en Instituciones educativas en Colombia. Bogotá: Universidad del Rosario.
6. Ruiz-Morales, M. (2011). Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, XXVIII, 93-97.
7. Armijo, D. C., Ojeda, B. S., Ramírez, B. M. E. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Management*. (28) 21-26.
8. Runfola, A. (2009). Evaluación de residuos sólidos urbanos. Buenos Aires, Argentina: CYTED.
9. SECOFI (1985a). Norma mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – muestreo – método de cuarteo. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 18 marzo de 1985.
10. SECOFI (1985a). Norma mexicana NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – muestreo – peso volumétrico “in situ”. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 18 marzo de 1985.
11. SECOFI (1985a). Norma mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – muestreo – selección y cuantificación de subproductos. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 18 marzo de 1985.
12. SECOFI (1985a). Norma mexicana NMX-AA-61-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – muestreo – determinación de generación. Dirección general de normas. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial de la federación, México, 18 marzo de 1985.

En el marco de la XXXII expo ambiental, realizada del 23 al 25 de mayo de 2023, se llevó a cabo el primer concurso de fotografía Arte y Naturaleza, en el que participaron estudiantes del programa educativo de ingeniería ambiental. Los ganadores se presentan a continuación:



Ana Cristina García Gómez
Aquí estoy



Rubí Esmeralda Hernández Zenteno
La esquina resplandeciente



Arley Michelle Torres Lara
Mosaico



Jobanna García Prado
Reino fungi

Generación y Composición de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) en la localidad de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas

Santiago Cruz, David

Escuela de Ingeniería Ambiental

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Introducción

El manejo de los residuos sólidos constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades, factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de residuos sólidos en los pueblos y ciudades (Ojeda et al, 2008; Buenrostro y Bocco, 2003).

Los problemas de recolección, disposición y los riesgos ambientales asociados con los residuos sólidos continúan siendo un desafío para muchas localidades (Benton y Short, 2013). En la mayoría de poblaciones el manejo de los residuos ha prevalecido bajo el esquema de "recolección y disposición final" dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambiental-

mente adecuada (Urduaneta et al, 2014).

La generación de residuos producto de las actividades antrópicas que el ser humano desarrolla diariamente siempre han existido, sin embargo; su problemática ambiental es reciente (Guzmán y Macías, 2012), actualmente gran parte de las municipalidades no disponen de información básica sobre la generación de residuos sólidos y su aumento debido a dichas actividades humanas en la gestión de los mismos; según Urduaneta et al. (2014) la generación de residuos sólidos ha venido incrementándose en la variedad de pueblos y ciudades y por ende se da una gestión y manejo incorrecto de los mismos convirtiéndose así en problema sanitario y ambiental, y que se agrava por los desmesurados hábitos de consumo.

En el marco de la legislación mexicana se establece que los municipios son responsables de realizar una gestión integral de los residuos

sólidos urbanos (RSU), que contemple una planeación estratégica en la que es indispensable contar con información confiable de la generación y composición de los RSU (SEMARNAT 2007).

En la actualidad, este fenómeno es muy notable en el país, presentando nuevos retos para los encargados de prestar los servicios de aseo municipal en su búsqueda de servicios más eficientes. Sin embargo, antes de resolver estos problemas relacionados con los RSU, es fundamental conocer las cantidades producidas, por lo que se utilizan los llamados estudios de generación y cuantificación de subproductos de RSU (Araiza et al, 2022).

Estos estudios son fundamentales ya que permiten cuantificar los equipos necesarios a adquirir, como camiones recolectores y contenedores. También sirven como base de planificación para estructuras de ingeniería como sitios de disposición final, plantas de separación y otros sistemas de manejo.

Como expresan Castillo y De Medina (2014), especialmente en las localidades urbanas de mayor densidad poblacional se ha identificado que los principales problemas asociados a la gestión de

residuos, consisten en ausencia de sitios de disposición final que cumplan con la normatividad ambiental vigente, falta de departamentos de limpieza pública en los municipios, aplicación inadecuada de recursos municipales para equipos e infraestructura y falta de reglamentación municipal para el servicio.

Es por ello, la importancia de destacar que el conocimiento de la generación y composición de los RSU es esencial para la correcta gestión de estos. Pues con dicha información, conlleva a encontrar soluciones para reducir y utilizar los residuos de manera que puedan identificarse las opciones de tratamiento y disposición final o el potencial para reciclarse; adaptándose a las condiciones locales y que determinen los requerimientos de equipo y personal (Castillo y De Medina, 2014).

En el estado de Chiapas es importante resaltar que se han publicado trabajos de estudios de generación o diagnósticos de manejo de RSU en diversos municipios (principalmente cabeceras municipales). Estudios como los de Araiza et al. (2022) en municipio de Chiapilla, Araiza et al. (2017) realizado en Berriozábal,

Alvarado et al. (2009) efectuado en Chiapa de Corzo, Esquinca et al. (1997) llevado a cabo en 5 localidades de la costa del estado de Chiapas, Escamirosa et al. (2001) en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

En este sentido, el presente trabajo presenta los resultados de un estudio de generación y cuantificación de subproductos de los RSU, elaborado en la cabecera municipal de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Lo anterior, pretende que la información presentada sobre la cantidad y composición de los mismos sea confiable y pueda ser empleada por los tomadores de decisiones dentro del municipio, para que les permita hacer las proyecciones para el diseño de sistemas de manejo, nuevos programas de recolección y disposición final de los residuos.

Descripción del área de estudio

El municipio de Ocozocoautla de Espinosa es uno de los 124 municipios que conforman el Estado de Chiapas, ocupa el puesto número 12 dentro de los municipios con mayor población con 97,397 habitantes (49.4% hombres y 50.6% mujeres). Tiene una superficie de 2,109.67 km², lo que representa el 2.87% de la

superficie total del Estado Federal de Chiapas.

Se encuentra entre las coordenadas 93° 22' longitud oeste y 16° 46' latitud norte, a una altura de 820 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). Está ubicado en la parte occidental del Estado, abarcando parte de la Depresión Central y de las Montañas del Norte. Colinda al norte con Tecpatán, al este con Berriozábal, Tuxtla Gutiérrez y Suchiapa.



Figura 1. Área de estudio

La división política territorial del municipio comprende 708 localidades, de las cuales 2 localidades son urbanas y el resto se encuentran caracterizadas como rurales; de acuerdo, al criterio establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020). Entre sus principales localidades encontramos: la ciudad de Ignacio Zaragoza, Guadalupe Victoria, Vicente Guerrero, Ocui-

lapa de Juárez y Ocozocoautla de Espinosa que es la cabecera municipal.

Como muchas otras ciudades del país, la cabecera municipal de Ocozocoautla de Espinosa ha experimentado un considerable crecimiento demográfico en los últimos años, que se refleja en la construcción de nuevas zonas residenciales.

Esto ha repercutido en la cantidad de residuos generados en la localidad, ya que además del aumento del número de zonas residenciales, también ha aumentado el número de establecimientos comerciales y de servicios, sobre todo dentro de la cabecera del municipio.

Metodología

Selección de las viviendas a muestrear

El presente estudio de generación y caracterización de RSD se llevó a cabo durante ocho días (6 días de recolección regular y 1 día de operación limpieza aunado a 1 día de labor de convencimiento) de acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma mexicana de referencia NMX-AA-61-1985 "Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo

– Residuos Sólidos Municipales– Determinación de la Generación" (SECOFI, 1985d).

El universo de trabajo para el análisis de muestras fue únicamente la cabecera municipal, en el que se consideraron debido a su magnitud dos estratos socioeconómicos de la población (zona media "M" y baja "B" de la cabecera del municipio).

Con esta preselección, se procedió a seleccionar a las colonias de cada zona que fueran representativas del área. Las características de análisis, son las que se mencionan a continuación:

- Se subdividió a la zona de estudio en cuatro cuadrantes para recolectar muestras que provenían de los alrededores de las calles de Ocozocoautla.

- Se consideró analizar al menos 120 muestras, para obtener un nivel de confianza de $\alpha=0.10$ al momento de efectuar el análisis estadístico de los datos de campo.

- Se buscó que las vialidades fueran de fácil acceso para una camioneta o camión recolector.

- Se buscó que las distancias entre cada una de las viviendas fueran considerables, y también con respecto al centro de operaciones

del estudio (sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos).

- Se buscó que la población fuera accesible a participar en programas que requieren de colaboración ciudadana.

Encuesta de campo

Una vez determinado el tamaño de la muestra, el siguiente paso es estimar la generación per cápita (GPC) y la composición de los RSD producidos en la localidad, para lo que se elaboró una herramienta de evaluación basada en la "cédula de encuesta de campo para el muestreo de generación de RSU" incluida en la norma mexicana NMX-AA-61-1985 (SECOFI,1985d), para conocer el número de habitantes y datos de las viviendas.

En virtud de que no existe un criterio unificado para la clasificación socioeconómica de la población en los estratos medio y bajo, para el caso de este estudio resultó conveniente utilizar los criterios que indica el Censo de Población y Vivienda de INEGI (2020) de acuerdo a los datos presentados que figuran en la Tabla 1.

Determinación de la generación

Se utilizó la norma técnica NMX-

AA-61-1985 (SECOFI, 1985d) para determinar la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios. Esta norma especifica un método para determinar la cantidad de residuos sólidos urbanos generados a partir de un muestreo estadístico aleatorio.

Tabla 1. Clasificación socioeconómica de viviendas.

Clase socioeconómica	Descripción del tipo de vivienda
Media	Está conformada por la clase trabajadora. Si bien no tienen libertad financiera ya que dependen de sus ingresos para vivir, tienen un nivel de vida superior a la clase baja y acceso a la posibilidad de tener una propiedad (auto o casa).
Baja	Son las viviendas que se encuentran en una situación de vulnerabilidad debido a la ausencia de ingresos estables o a la falta de acceso a los servicios básicos (agua, electricidad, internet, educación, salud).

Fuente: INEGI, 2020

Previo a la semana de muestreo, se efectuaron diversas actividades correspondientes a la determinación de la GPC domiciliaria. La primera de ellas consistió en la aplicación de encuestas a los habitantes de las casas habitación seleccionadas. La segunda actividad fue identificar a las viviendas por estratos socioeconómicos de la población.

La última actividad consistió en realizar la operación limpieza mediante la entrega de una bolsa de polietileno para que se depositaran los RSD producidos y asegurarse que los desechos que se generen después sean equivalentes a un día.

En la semana de muestreo, se entregó en cada una de las viviendas una nueva bolsa de polietileno identificada con el número correspondiente, para que depositaran sus residuos generados durante las siguientes 24 horas.

A partir del segundo y hasta el último día de muestro, a partir de las 7:00 horas de la mañana, se recolectaron las bolsas con los residuos del día anterior, entregándose una nueva bolsa etiquetada, para que se depositaran en ella los residuos generados las siguientes 24 horas.

Las bolsas recolectadas se cerraron con ligas y se depositaron en la camioneta proporcionada por las autoridades del H. Ayuntamiento de Ocozocoautla para trasladarlas al sitio donde se realizó la caracterización de las muestras.

Todas las bolsas recolectadas se llevaron diariamente al espacio de trabajo asignado por las auto-

ridades del H. Ayuntamiento de Ocozocoautla. Se verificó que la báscula estuviera nivelada y se pesó cada bolsa, anotando los datos obtenidos en la cédula de campo correspondiente.

Una vez registrado el peso de los RSD de cada vivienda, se restó el peso de la bolsa utilizada para recolectar los residuos. La GPC diaria de RSD se obtuvo al dividir el peso de los RSD entre el número de habitantes de la vivienda y se expresó en kg/hab-día, aplicando la fórmula 1:

$$\frac{\text{Generación per cápita}}{\text{kg de RSD recolectados por vivienda}} = \frac{\text{Núm. de habitantes por vivienda}}{\text{por vivienda}} \quad (1)$$

Determinación del peso volumétrico

Posterior al pesaje de las muestras, los residuos de cada bolsa se vaciaron y homogeneizaron de acuerdo a la norma NMX-AA-015-1985 (SECOFI 1985a) y basados en la norma NMX-AA-019-1985 (SECOFI 1985b) se determinó el peso volumétrico de los residuos a través de un recipiente de 200 L.

Para determinar la densidad de los residuos provenientes de casas habitación sin compactar, se tomaron los residuos de las partes opuestas de la operación de

cuarteo.

Determinación de la composición

La clasificación de residuos es el proceso de selección y agrupación de residuos sólidos y líquidos generados en las diferentes actividades humanas. Esta clasificación facilita su manejo, tratamiento y aprovechamiento (SDS, 2020).

La composición de los residuos sólidos de todas las fuentes, excepto la industrial, se determina de acuerdo con las normas mexicanas NMX-AA-15-1985 Método de cuarteo (SECOFI, 1985a) y NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos (SECOFI, 1985c).

Sin embargo, debido a que la cantidad diaria de residuos fue de aproximadamente mayor a 100 kg, la realización del cuarteo indicado en la norma NMXAA-015-1985 se adecuó respecto a tomar de las partes porciones iguales sin eliminar para la determinación de la densidad y composición de los RSD, en virtud de que la misma establece que como mínimo deben dejarse 50 kg.

Una vez pesadas todas las bolsas, se abrieron para separar los RSD

mismos que se caracterizaron con base en las fracciones y componentes enlistadas en la Tabla 2, además de lo indicado por la norma NMX-AA-022-1985 (SECOFI 1985c).

Una vez seleccionado los subproductos, se depositaron en bolsas de polietileno y contenedores de boca ancha para pesarlos en la báscula ya calibrada, después se anotaron los resultados en una cédula de registro de campo. Finalmente se obtuvo el porcentaje de cada uno, mediante la aplicación de la fórmula 2:

$$PS = \frac{G_1}{G} \times 100 \quad (2)$$

En donde:

PS es el Porcentaje del subproducto considerado, G1 es el Peso del subproducto considerado, en kg; descontando el peso de la bolsa empleada y G es el Peso total de la muestra.

Esta actividad se realizó diariamente durante los seis días del muestreo. Una vez registrados los datos de la composición de RSD de cada día, se obtuvieron los porcentajes promedio de cada subproducto para los días correspondientes al muestreo.

Tabla 2. Componentes de las fracciones de los RSU

Fracción	Componentes
Orgánica	Fracción rápidamente biodegradable, que incluye residuos de alimentos y jardinería y piezas de madera.
Papel y cartón	Se incluye al papel de impresión, papel revista o encerado, papel periódico, además de cartón y cartón encerado.
Plásticos ^a	En esta fracción se incorporaron a los plásticos denominados PETE, HDPE, LDPE, PP, PS, PVC y mezclas de ellos.
Vidrio	Se toman en cuenta dos categorías: transparente y color.
Metales	Se incluyen al aluminio en latas y perfil, además de metales tanto en forma de latas como en piezas.
Peligrosos ^b	Aquellos materiales que presentan características CRETIB, como medicamentos, jeringas, pilas y baterías.
Tecnológicos	Se incluye todo aquel equipo o pieza proveniente de algún aparato electrodoméstico.
No aprovechables	En esta fracción se incluye al papel y toallas sanitarias, además de otros subproductos como, hule, piezas de loza y cerámica, materiales de la construcción y residuos finos.

a PETE (Polietileno tereftalato), HDPE (Polietileno de alta densidad), LDPE (Polietileno de baja densidad), PP (Polipropileno), PS (Poliestireno), PVC (Policloruro de vinilo). b CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico - Infeccioso).

Fuente: NMX-AA-22-1985 SECOFI, 1985c

Resultados y discusión

Viviendas muestreadas

Como resultado del recorrido efectuado en la localidad de Ocozacoautla, de las 120 viviendas

preseleccionadas, únicamente se logró trabajar con 101 casas habitación mismas que participaron en la entrega de muestras con residuos durante todo el periodo de estudio (6 días de recolección regular y 1 día de operación limpia).

Posterior a los pesajes, obtención de pesos volumétricos y caracterización de residuos de los siete días de trabajo, se examinó la base de datos con un análisis de exclusión de datos atípicos, específicamente con el criterio de Dixon.

Análisis estadístico en fuentes domésticas

Los datos básicos para cada una de las muestras (identificación, número de habitantes, pesos diarios, generación per cápita promedio), se realizó teniendo como referencia a la norma mexicana NMX-AA-61-1985 (SECOFI, 1985d), de esa forma se obtuvo el promedio total durante una semana (duración del estudio) en cada una de las respectivas fuentes de generación por estrato (Tabla 3).

De acuerdo con los datos obtenidos y no habiendo eliminado ninguno de los datos mediante el criterio de exclusión citado, se

obtuvieron los estadísticos, arrojando una generación per cápita de 0.580 kg/hab-día y un percentil de la distribución t de student correspondiente al nivel de confianza de 90%. una mediana de 0.421 kg/hab-día y desviación estándar de 0.425 kg/hab-día.

Seguidamente, el cálculo del tamaño real de la muestra arrojó un valor de 100, por lo que se aceptaron las 101 premuestras con las cuales se trabajó durante el estudio, lo anterior, considerando un error muestral de 0.07 kg/hab-día y un percentil de la distribución t de student correspondiente al nivel de confianza de 90%. Por último, el análisis de confiabilidad indicó que, con el tamaño de muestra considerado, se tiene más del 90% de confianza en la aceptación de la hipótesis planteada.

Tabla 3. Promedio de GPC en la cabecera Mpal. de Ocozocoautla

Estrato	Población	Representatividad poblacional	GPC total del estrato	% x GPC
B	324	68%	0.537	0.366
M	153	32%	0.668	0.214
Total	477	100%	GPC Domiciliaria	0.580

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Generación de residuos en fuentes no domésticas

Unidad económica	No.	Generación kg/día	Generación Ton/día
Tienda de autoservicio	12	637	7.644
Local comercial	1,068	6.65	7.102
Tienda de abarrotes pequeña	407	1.025	0.417
Expendio de carnes	125	4.43	0.554
Expendio de frutas y verduras	46	7.92	0.364
Varios	1,027	0.803	0.825
Infraestructura pública	81	3.46 kg/local/d 0.43 kg/visitante/d	0.158
Oficinas públicas/privadas/cultural	126	2.05	0.258
Restaurantes/alimentos	420	14.96	6.283
Gasolineras	6	53.12	0.319
Hoteles/posadas	38	16.81	0.639
Servicios educativos	76	0.059alumno/d	0.260
Unidades médicas	117	3.33/consultorio/d	0.390
Terminales terrestres	29	2.103	0.061
Áreas verdes	7800 m ²	0.00993 kg/m ² /d	0.077
Total	3578	Total	25.351

Fuente: Elaboración propia

Generación de residuos no domésticos

De acuerdo a la información descrita en el DENU, la cabecera municipal de Ocozocoautla cuenta con 3578 establecimientos, los cuales pueden clasificarse en 4 unidades económicas generales (comercial, servicios, especiales y otros).

Para la obtención de la totalidad de residuos generados en la fuente no doméstica, se realizó la sumatoria de la generación de RSU asignada a cada tipo de establecimiento, con base en las referencias de Heredia et al. (2007) y Alvarado et al. (2009) (Tabla 4).

Generación per cápita doméstica y urbana

Con los datos de la generación domiciliaria y no domiciliaria obtenidos anteriormente, se puede establecer que la cabecera municipal de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, actualmente genera 81.841 Ton/día, es decir, un equivalente a 0.840 kg/hab-día (Tabla 5), cifra que es elevada respecto

a la estimación de la generación de RSU por municipio en Chiapas reportada por SEMAHN en 2019 donde la generación en Ocozocoautla fue de 62.570 Ton/día.

Composición de los RSD en Ocozocoautla

Una vez efectuado la homogenización de los residuos y seleccionada la totalidad de la muestra para cada una de las determinaciones, se procedió a segregar los subproductos especificadas en la Norma Mexicana correspondiente. La Figura 2 y Tabla 6 muestran la cuantificación de subproductos. Se observa que la fracción orgánica se produce en gran medida, teniendo los porcentajes más altos los residuos orgánicos (alimenticios y de jardín) con 57.75%.

Los subproductos como los plásticos (6.78%) siguen en aumento y como se observa en este estudio no es la excepción, particularmente los componentes PETE (1.10%), HDPE (1.07%) y LDPE (2.62%), motivado por las tenden-

Tabla 5. Generación de residuos por fuente generadora

Fuente de generación	Generación per cápita (kg/hab-día)	Cantidad (Ton/día)
Casa habitación	0.580	56.490
Residuos de comercios y servicios públicos	0.260	25.351
Total	0.840	81.841

Fuente: Elaboración propia

cias de consumo actuales, espe- duos. En menor medida apare- cíficamente la del “usar y tirar” y cen los residuos peligrosos no darle el valor a dicho residuo. (0.41%) y tecnológicos (0.29%) Se destaca también que, de la los cuales en un futuro requeri- totalidad de los residuos, poco rán de algún mecanismo de con- más del 70% son materiales sus- trol o tratamiento, dada las altas ceptibles de recuperación, pu- cantidades que podrían generar- diendo ser aprovechados de al- se en un futuro. Finalmente, los guna manera para no enviarlos residuos considerados como no directamente a disposición final, aprovechables (24.43%) que ne- y con ello alargar la vida útil de cesariamente requieren de ser los sitios de depósito de resi- llevados a disposición final.

Tabla 6. Composición de los RSD de Ocozocoautla

Fracción	%	Componentes	%
Orgánica	59.48%	Residuos orgánicos (alimenticios y de jardín)	57.75%
		Madera	0.19%
		Hueso de animal	0.61%
		Semilla y cáscara dura	0.93%
Papel y Cartón	5.32%	Cartón y papel	3.54%
		Cartón encerado/Tetrapak	0.62%
		Papel encerado/revista	0.12%
		Papel de impresión	1.00%
		Papel periódico	0.00%
		Papel fomi	0.03%
Plásticos ^a	6.78%	HDPE (polietileno de alta densidad)	1.07%
		LDPE (polietileno de baja densidad)	2.62%
		PETE (polietileno de tereftalato)	1.10%
		PP (polipropileno)	0.44%
		PVC (poli-cloruro de vinilo)	0.13%
		PS (Unicel/poliestireno expandido)	0.45%
		Envolturas de frituras	0.66%
		Plásticos varios	0.32%
		Vidrios	2.32%
Vidrio transparente	2.22%		
Metales	0.97%	Aluminio (latas y papel)	0.11%
		Latas de otros metales	0.82%
		Material ferroso	0.05%
Peligrosos ^b	0.41%	Residuos peligrosos (jeringas, pilas, medicamentos, cubrebocas)	0.41%
Tecnológicos	0.29%	Residuos tecnológicos	0.29%
No aprovechable	24.43%	Pañal desechable	9.48%
		Papel sanitario	8.79%
		Cuero/Zapatos de	1.21%
		Trapo/Tela	2.01%
		Loza y cerámica	0.39%
		Hule	0.25%
		Residuos de la construcción	0.26%
		Residuos finos	1.67%
		Etiquetas de envases	0.19%
		Cera	0.02%
		Algodón	0.17%

Fuente: Elaboración propia

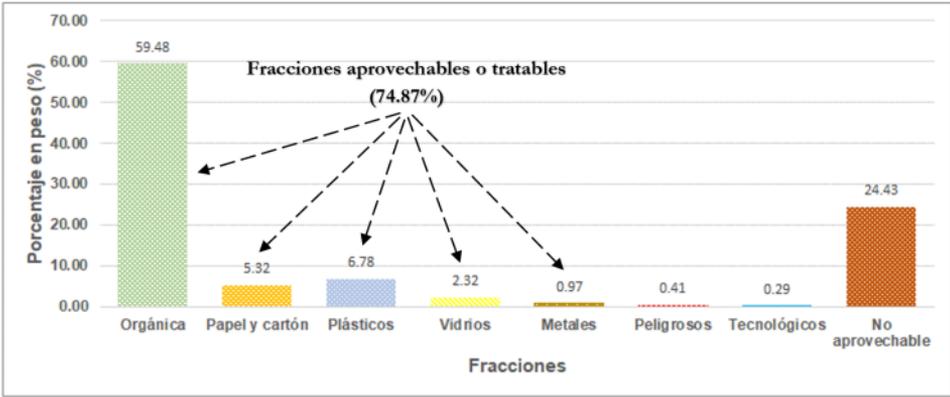
Peso volumétrico de los RSD

La determinación de la densidad se efectuó para los residuos sólidos que proceden directamente de cada fuente anteriormente descrita sin recibir compactación alguna en el desarrollo de la cuantificación.

El peso volumétrico fue de

506.10 kg/m³, siendo este valor relativamente alto respecto a los 153.12 kg/m³ reportados por INECC (2012) como promedio nacional. Lo anterior, debido posiblemente a la época del año en que se realizó el presente estudio de generación (periodo de diciembre).

Figura 2. Fracciones de los RSD generados en Ocozocoautla



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en este estudio se determinó que la generación per cápita domiciliaria de residuos sólidos producidos por habitante al día es de 0.580 kg/hab-día, la densidad promedio es de 506.10 kg/m³ y los valores totales sobre cada una de las fracciones de los RSD fueron los siguientes: materia orgánica (59.48%), papel y cartón (5.32%), plásticos (6.78%), vidrios (2.32%),

metales (0.97%), peligrosos (0.41%), tecnológicos (0.29%) y no aprovechable (24.43%).

En base a estos resultados de composición se aprecia que la fracción orgánica se genera en mayor cantidad, aunque la diversidad y altos porcentajes en otros subproductos encontrados como los plásticos, confirma también la tendencia de un cambio en los patrones de consumo de la población.

Referente a la generación de residuos en fuentes no domésticas arrojó un valor de 0.260 kg/hab-día, que en conjunto con la generación per cápita doméstica equivalen a 0.840 kg/hab-día. Estas cifras aumentarán en los próximos años, influenciados por varios factores por lo que el H. Ayuntamiento tendrá que actuar para aumentar las coberturas de recolección de RSU, ya sea al adquirir un mayor número de vehículos o al implementar otras estrategias de carácter normativo.

Respecto al sitio de disposición final, es importante mencionar que una buena parte de los subproductos encontrados en los RSD (poco más del 70%), podrían ser aprovechados de alguna manera para no enviarlos directamente al relleno sanitario municipal, alargando con ello la vida útil del sitio de depósito de residuos en el municipio.

Con el presente proyecto se logró obtener datos actuales de la generación y propiedades de los residuos sólidos domiciliarios en dicha zona de estudio que son necesarios y va dirigido a las autoridades que conforman el municipio, encaminada a mejorar el

manejo de los residuos sólidos enfocándose al bienestar social, ambiental y económico.

Se plantea que en un futuro será necesario modificar las estrategias de manejo de los RSU en el municipio, incluyendo su normatividad local, de tal manera que el aumento venidero en las cantidades de residuos, pueda ser solventado por el área encargada del manejo de residuos en el municipio de Ocozocoautla.

En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos de un estudio de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios (RSD) elaborado en la cabecera municipal de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Se aplicó normatividad técnica mexicana para la obtención de la tasa de generación per cápita doméstica, cuantificación de subproductos y obtención de pesos volumétricos.

Al contar con el apoyo del H. Ayuntamiento Municipal de Ocozocoautla fue viable la realización del presente estudio por el compromiso y las facilidades brindadas, logrando así culminar con éxito el proyecto para beneficio de la población en general.

Referencias

- Alvarado, H., Nájera, H. A., González, F. M., y Palacios, R. (2009). Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. *Revista Lacandonia*, 3(1), 85-92.
- Araiza, J. A., Chávez, J. C., y Moreno, J. A. (2017). Cuantificación de residuos sólidos urbanos generados en la cabecera municipal de Berriozábal, Chiapas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 691-699.
- Araiza, J. A., Nájera, H. A., y García, C. M. (2022). Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, y estimación de la cantidad de residuos sólidos que arriban al sitio de disposición final. Informe, 50 pág.
- Benton, L., y Short, J. R. (2013). *Cities and Nature*, Estados Unidos: Routledge.
- Buenrostro, O., y Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resour. Conserv. Recy*, 39(3), 251-263.
- Castillo, E., y De Medina, L. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(1), 81-90.
- Escamiroso, L. F., Del Carpio, C. U., Castañeda, G., y Quintal, C. A. (2001). Manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. México: Plaza y Valdés Editores.
- Esquinca, F., Escobar, J. L., Hernández, A., Sánchez, G., y Suárez, H. D. (1997). Estudios de caracterización y generación de residuos sólidos municipales de 5 localidades de la costa del estado de Chiapas, Memorias. XI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales.
- Guzmán, M., y Macías, C. H. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. Colegio de San Luis, A.C. Hermosillo: ISSN 0188-4557. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009
- Heredia, P., Sánchez, J., Rodríguez, M. y Aguilar, R. (2007). Guía para la revisión de proyectos ejecutivos, planes de regularización o evaluación de la conformidad según la NOM-083-SEMARNAT-2003. SEMARNAT-GTZ, México, D.F. 109 pp.
- INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2012). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. INECC-SEMARNAT, México, D.F. 201 pp.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Censo General de Población y Vivienda. Resultados definitivos. México.
- Ojeda, S., Lozano, G., Quintero, M., Whitty, K., y Smith, C. (2008). Generación de residuos sólidos domiciliarios

por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Castellón.

SDS, Secretaría de Sustentabilidad (2020). Gestión Ambiental: Manejo y gestión de residuos sólidos urbanos con características reciclables. UANL

SECOFI, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (1985a). Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Muestreo – Método de Cuarteo. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SECOFI, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (1985b). Norma Mexicana NMX-AA-19-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Peso Volumétrico “In Situ”. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SECOFI, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (1985c). Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales– Selección y Cuantificación de Subproductos. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SECOFI, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (1985d). Norma Mexicana NMX-AA-61-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales– Determinación de la Generación. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SEMAHN (Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural). (2019). Estima-

ción de la generación de Residuos Sólidos Urbanos por municipio en Chiapas. Disponible en: https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/descargas/residuos_solidos/GeneracionRSUChiapasTablagraficos2019.pdf

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. 19 de junio, 2007. México D. F, 214 pp.

Urdaneta, G., Joheni, A., y Sáez, A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20 (3), 121-135.



AMBIENTA DATOS

UN PODCAST DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Publicación periódica de contenido digital

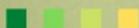
Curiosidades sobre el medio ambiente

El quehacer del ingeniero(a) ambiental



Escanea el código y Escúchalo cada viernes

Si deseas participar escribe a roberto.moreno@unicach.mx



Ingeniería Ambiental Sede Tuxtla



CÁPSULA INFORMATIVA
LUNES 11:00AM DE 2-5 MINUTOS

AMBIENTA DATOS

- ACTIVIDADES - DIVULGACIÓN - INVESTIGACIÓN - TEMAS ACTUALES -



INGENIERIA AMBIENTAL UNICACH, SEDE TUXTLA



Radio Universidad
102.5 UNICACH FM



Miércoles 02 de agosto | 1:00 PM

"El quehacer en los laboratorios de docencia e investigación de la Facultad de Ingeniería"

Invitadas:

- Ing. Ana Karen López Díaz
- Ing. Fabiola Velasco Ortíz
- Mtra. Irina del Carmen Camacho Ruíz
- Ing. Ana Laura Gómez Cortés



Conducción:

Roberto Moreno

Producción: Mario Coutiño

Facultad de Ingeniería
UNICACH



Macrolocalización de áreas óptimas para sitios de disposición final en los municipios de Reforma, Juárez y Pichucalco, Chiapas

Gurgua Hernández, Alan Humberto

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

Introducción

El término residuo, La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en el artículo 5, fracción XXIX lo define como “material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

La disposición final de estos residuos es un problema serio, ya que es el punto crítico para el control de la contaminación ambiental de los suelos y fuentes de aguas locales (Duran & González, 2019).

En Chiapas la generación de los residuos sólidos ha tenido un crecimiento exponencial del 60% en los últimos 17 años esto se debe al crecimiento de la población y el económico (Ríos, 2017). Así también, el manejo de los

residuos en Chiapas se complica por la orografía, la dispersión poblacional y la alta marginación, según las estadísticas y estudios de SEMAHN (2018). Al conocer los datos anteriores existe una gran problemática de la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). En el Estado, las mayorías de las localidades no cuentan con un buen manejo de los residuos por lo cual optan por depositar los RSU en los Tiradero a Cielo Abierto (TCA), por lo tanto no están acondicionados para dicha actividad o contar con una infraestructura adecuada para controlar los daños ambientales hacia el agua, el suelo, el aire y la vegetación cercana a la área tomada para disponer los residuos. Nájera et al., (2009) señala que desafortunadamente, la disposición final de los RSU y residuos de manejo especial en nuestro país, se lleva a cabo predominantemente mediante TCA.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son una herra-

mienta útil en la selección de sitios adecuados para ubicar rellenos sanitarios municipales, a partir de información ambiental tales como geología, hidrogeología, uso del suelo y distancia hacia asentamientos, cuerpos de agua superficiales, áreas protegidas (ecológicas, científicas o históricas) y criterios económicos como carreteras, pendientes y elevaciones (Zamorano et al. 2008; Guiqin et al. 2009; Khan y Samadder 2014; Chabuk et al. 2016).

Macrolocalización es el estudio que tiene como objetivo determinar la región la región o territorio en la que el proyecto tendrá influencia con el medio (León, 2008).

Por lo tanto, la selección de áreas para un relleno sanitario es un proceso complejo en el que se involucran variables reglamentarias, así como condiciones físicas, ambientales, económicas y de salud, además de impactos socio-culturales (Sadek et al. 2006).

Es valioso este proyecto que se realizará en los municipios de Reforma, Juárez y Pichucalco para dar puntos pautas para construir el Sitio de Disposición Final (SDF) de los RSU, se deben de buscar alternativas idóneas ba-

sándose en los estudios correspondientes, para la construcción de rellenos sanitarios.

Este proyecto se dará la propuesta para sitios óptimos para Sitio de Disposición Final (SDF) con el fin de busca reducir la contaminación ambiental y contribuir a una mejor calidad del ambiente, puesto que, en la actualidad, se ha tenido un crecimiento poblacional y con ello la generación de residuos ha aumentado. Para ello se realizarán diversos estudios para determinar un lugar óptimo que cumpla con las características necesarias para la ubicación del sitio de disposición final de los residuos sólidos. Se utilizará el software ArcGis 10.6 y el recorrido de campo apegado a la restricción que marca la NOM-083 y georreferenciando los puntos tomados, se descartaron los terrenos ejidales accidentados o los que no cumplen con las restricciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Descripción del área de estudio

El área de estudio está integrada por los municipios de Reforma, Juárez y Pichucalco, los cuales se encuentra en las coordenadas extremas lado superior izquierdo 455829.353587m, lado superior

derecho 499745.450287m, arriba 1988579.950090 y abajo 1916254.404098m. Sus colindancias son al norte con los municipios de Cunduacán y Comalcalco; al oeste con el municipio de Huimanguillo y Ostuacán; al este con el municipio de Jalapa y Benito Juárez.

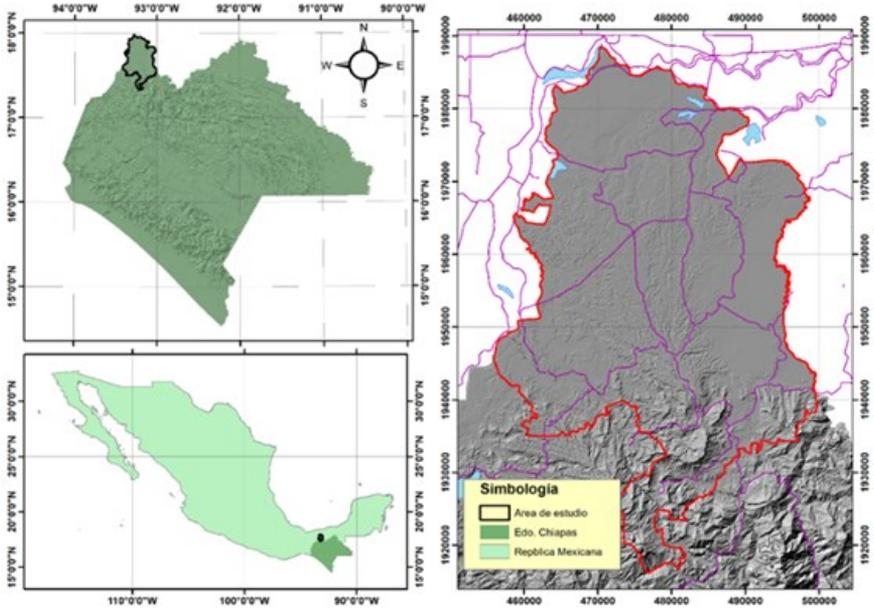


Figura 1. Área de estudio

METODOLOGÍA

La selección del sitio del vertido se realizó con Arcgis 10.5 y la metodología Evaluación Multi-Criterio (EMC) denominada Proceso Analítico Jerárquico (AHP). El AHP divide los problemas de decisión en partes comprensibles; cada una de estas partes se analiza por separado y se integra de manera lógica. La metodología de selección de vertederos

basada en SIG combina las herramientas de análisis espacial para evaluar toda la región, en función de ciertos criterios de evaluación. El modelo de emplazamiento de vertedero se puede dividir en “n” pasos principales según sea su requerimiento (Narcia, 2022).

Base de datos, construcción y codificación de variables.

Base de datos:

Para llevar a cabo esta metodología se empezó con el desarrollo de una base de datos espaciales utilizando información de dependencias como el Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del estado de Chiapas (CEIEG), la comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO), consejo nacional de la población (CONAPO), esto para la creación de mapeo de restricciones utilizando áreas de exclusión. Para preparar una base de datos integral, 13 capas de mapas de entrada. En la tabla 1 se muestra desde las más importantes divididas en tres criterios que son: criterio socioeconómico, criterio ambiental y criterio técnico.

Construcción de variables:

Para realizar la construcción de variables se consultó el rango de distancias y especificaciones establecidas en la NOM-083-SEMARNAT-2003, obtenido esto se empezó por la construcción de las variables, dicha construcción consistió en, la realización de 2 áreas de influencia la primera la otorga la NOM-083-SEMARNAT-2003 y la otra fue consultada en literatura vigente.

Tabla 1. Variables

Variables desde las más importantes al menos.
Criterio Socioeconómico
Compatibilidad de uso de suelo
Distancia a Asentamientos Humanos
Distancia a Zona Industrial
Distancia a Recicladores
Criterio Ambiental
Distancia a Cuerpo de Agua
Profundidad de la capa Freática
Distancia a Pozos
Permeabilidad de Rocas
ÁREA Natural Protegida
Criterio Técnico
Distancia a Vialidades Principales
Distancia a Aeropuertos
Pendiente
Fallas y Fractura

Codificación de variables:

Para la realización de este punto se empezó utilizando la herramienta de Geoproceso llamada "unión" esto con la finalidad de unir las aéreas de influencia de cada variable con el área de estudio teniendo en total 3 capas unidas, teniendo eso se utilizó "Dissolve" que es otra herramienta de Geoproceso que nos ayudara a disolver atributos que contiene la cartografía por defecto, quedándonos solo con las que se necesitan (dependerá del usuario), realizado lo anterior se procedió a abrir la tabla de atri-

butos de la variable en la cual se añadió un campo nuevo que se llamó “value” y en el tipo de campo se utilizó el entero corto, posteriormente se le agrego valores a las variables que van de 1 a 3, (siendo el 1 el peor lugar y el 3 el mejor).

Tabla 3. Comparación en pares (ejemplo 2)

Criterios Generales	Comparación en pares		
	Socioeconómico	Ambiental	Técnico
Socioeconómico		S/3	S/5
Ambiental			A/2
Técnico			

Ponderación de variables.

Ponderar la importancia relativa de cada una de las variables o indicadores que entran en el juego en dicho análisis (Ramírez, 2004). También se anulan las celdas que supondrían auto comparaciones o comparaciones duplicadas, la siguiente tabla muestra cómo debe quedar la tabla de comparación por pares.

Tabla 2. Comparación en pares (ejemplo 1)

Criterios Generales	Comparación en pares		
	Socioeconómico	Ambiental	Técnico
Socioeconómico			
Ambiental			
Técnico			

Por ejemplo, en la tabla siguiente, la comparación por pares de ambiental – social se anota S/3. Ello significa que la opción A (socioeconómico) se considera bastante superior a la alternativa B (ambiental). El proceso se repite hasta que se evalúan todos los pares posibles.

Para finalizar, se contabilizan los resultados y para esto se suman los valores alcanzados para cada una de las opciones. El resultado se expresa en términos de porcentaje, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. comparación en pares (ejemplo final).

Suma	Peso	% peso
ΣHA	ΣHA/ΣSUMA	peso*100

La comparación permite establecer jerarquías o pesos para los criterios, asignando así a cada uno de ellos un valor relativo de ponderación frente a los demás, basados en una escala de juicios de valor o niveles de importancia establecidos por el mismo procedimiento.

Consistencia de matrices se emplea en la siguiente fórmula:

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1}$$

Proporción de consistencia: es el resultado de la relación entre el índice de consistencia y el índice

aleatorio. El valor de esta proporción de consistencia no debe superar el 10%, para que sea evidencia del juicio informado.

Si $(CR) < 0.10 \implies$ Los juicios son consistentes.

Si $(CR) > 0.10 \implies$ Los juicios deben revisarse.

Índice de consistencia (CI): es una medida de la desviación de la consistencia de la matriz de comparaciones a pares. La forma de obtenerlo es a través del máximo valor propio de la matriz de comparaciones.

Donde:

λ : es el valor máximo de la matriz de comparación por pares.

n: número de criterios.

Índice aleatorio (RI): es el índice de consistencia de una matriz recíproca aleatoria, con recíprocos forzados, del mismo rango de escala de 1 hasta 9. Saaty ya definió esta matriz (aunque puede ser calculada por uno mismo) la que sirve para hacer cálculos de la proporción de consistencia. Que se trabajó con el índice aleatorio de 0.52 que en la siguiente tabla se emplea.

Evaluación multi-criterio

Las ponderaciones utilizadas en este trabajo se obtuvieron de la metodología de comparación por pares la cual nos ayudó a poder obtener la importancia

relativa de cada variable utilizada, dicha comparación nos permitió establecer jerarquías o pesos para los criterios, asignando así a cada uno de ellos un valor relativo de ponderación frente a los demás, basados en una escala de juicios de valor o niveles de importancia establecidos por el mismo procedimiento (Aceves et al., 2006).

Tabla 5. Ejemplo de cómo realizar la fórmula de proporción de consistencia

ÍNDICE DE CONSISTENCIA (CI)	0.003	
ÍNDICE ALEATORIO (RI)	0.520	
RAZON DE CONSISTENCIA (CR)	0.005	VALOR ACEPTABLE

Integración de variables a criterios

Para integrar las variables a los criterios, se empezó por asignar cada variable a uno de los tres criterios (Ambiental, Social y Técnico). Una vez establecida la matriz de evaluación con todos sus componentes, se procedió a realizar los mapas respectivos de cada criterio, esto se hizo con la herramienta de “Weighted Sum” y agregamos las variables correspondientes de cada criterio y a continuación se muestra un ejemplo de cómo debe de quedar (este proceso se repitió con los demás criterios faltantes).

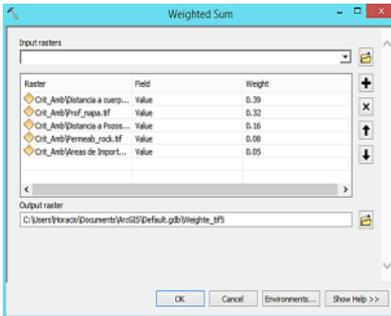


Figura 2. Ejemplo del uso de la herramienta “Weighted Sum”

Una vez modelado los mapas de los tres criterios procedemos a combinarlos para obtener el primer nivel jerárquico que será el de áreas idóneas y para eso se utilizó la herramienta “Raster Calculator de abajo y se multiplicara por el peso de cada criterio general que se obtuvo con anterioridad en la tabla 3, quedando de la siguiente manera (“criterio técnico” * peso) + (“Criterio Ambiental” * peso) + (“Criterio Social” * peso)”.

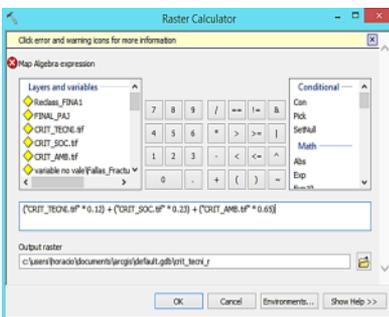


Figura 3. Ejemplo de cómo debe de utilizarse la herramienta “Raster Calculator”.

Tal valoración e interpretación permitió, haciendo uso del SIG, que la información cartográfica y temática de los criterios para cada una de las variables, fuera sometida a una serie de operaciones de clasificación, superposición, interpolación, cálculo de distancias o proximidades con el fin de representar las distintas clases o valores de peligros.

Validación de la modelación espacial

Se la denomina también matriz de error o tabla de contingencia. La matriz de confusión se trata de una herramienta que permite analizar los resultados de cómo trabaja un algoritmo de aprendizaje supervisado y se construye a partir de una imagen de satélite con N celdillas clasificadas en M clases. (Muñoz, 2016). Desde el punto de vista de la interpretación de la matriz de confusión, existen dos tipos de errores:

Errores de omisión (riesgos del usuario

Errores de comisión (riesgos del productor

La matriz de confusión facilita la detección de errores y, además: Permite el análisis descriptivo.

Visión general de las asignaciones correctas y de las equivocaciones.

Permite el análisis analítico.

Distintos niveles de análisis: global, por tipo de entidad, por casos concretos.

Figura 4. Esquema general de la matriz de confusión.

El muestreo

Con el fin de poder llevar a cabo un análisis de control de calidad

		Clase de cartografía existente o base de datos real						
		A1	A2	...	AM	Total cartografía	Exactitud del usuario	Error por omisión
Clase de cartografía elaborada	A1							
	A2							
	...							
	AM							
	Total real							
	Exactitud del productor							
Error por omisión								

temática de la cartografía generada (Muñoz, 2016). Para este trabajo se utilizó el muestreo aleatorio simple a base de puntos, los cuales fueron 50 puntos para cada categoría que son tres la alta, la media y la baja, el cual consiste en que los sitios de verificación se eligen de tal forma, que todos tienen la misma probabilidad de ser seleccionados.

Índice de kappa

También se calculó el índice kappa el cual permite determinar si los resultados presentados en la matriz de confusión son significativamente mejores que los obtenidos con un clasificador aleato-

rio, por lo que delimita el grado de ajuste debido solo a la clasificación, prescindiendo del causado por factores aleatorios.

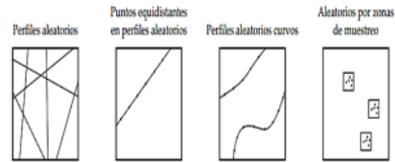
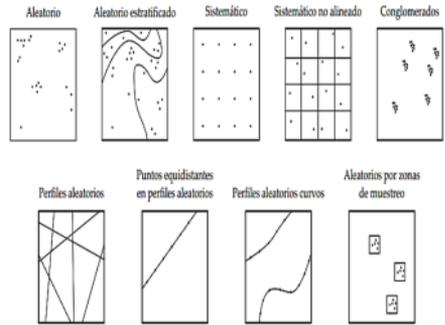


Figura 5. Tipos de muestreos.

El índice de kappa está dado por la siguiente fórmula:

$$k = \frac{N \sum_i^r = 1 - \sum_i^r = 1(x_i + * x_{+1})}{N^2 - \sum_i^r = 1(x_i + * x_{+1})}$$

Por otra parte, existen escalas de valores que permiten determinar el grado de ajuste realidad–mapa o concordancia de acuerdo al valor kappa obtenida. En este trabajo se empleó la escala propuesta por Landis & Koch (1997).

Tabla 6. Valores y fuerza de concordancia del coeficiente Kappa

Coeficiente Kappa (k)	Fuerza de concordancia
<<0.00	Pobre
0.00 – 0.20	Leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 – 1.00	Casi perfecta

Fuente (Landis & Koch, 1977).

El valor de kappa oscila entre 0 y 1, el cual, mientras más se acerque al valor de 1 la fuerza de concordancia de los datos con la cartografía elaborada será casi perfecta.

Resultados

Mapa final

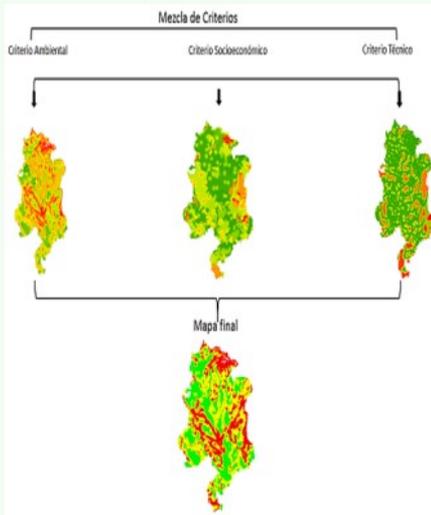


Figura 6. Mapa final.

Aquí se ofrece un resumen del AHP como método para la evaluación de la idoneidad del sitio. Primero, el AHP proporciona una estructura jerárquica que le permite a uno organizar la relación de factores en un análisis de idoneidad. En el ejemplo ilustrativo presentado, se utilizó una jerarquía que tenía tres niveles (Ver Figura 6). El nivel 1 estableció el objetivo de una

evaluación del sitio problema, sujeto a un conjunto de criterios de idoneidad. Los criterios se especificaron en el segundo nivel, y los sitios alternativos y sus atributos se identificaron en el tercer nivel de esta jerarquía.

Calidad de la cartografía

La validación de las clases temáticas encontradas en la cartografía, fue realizada mediante la matriz de confusión, acompañada de su estadístico "Kappa".

El valor de Kappa obtenido fue de 0.410 lo cual indica que la cartografía o mapa temático puede ser considerado como moderado, ya que el valor se encuentra entre 0.41 y 0.60.

Conclusiones

La selección de un sitio adecuado para nuevos SDF es uno de los principales problemas que sufren los municipios en desarrollo incluido los de Reforma, Juárez y Pichucalco debido a que existen diversas limitantes como las regulaciones ambientales, los problemas económicos y técnicos ya que son factores importantes de regulación a la hora de seleccionar un SDF. Para considerar todos los factores y regulaciones, utilizamos una combinación de SIG y AHP para resol-

ver este complicado problema; sin embargo, este proyecto beneficia al municipio y a los habitantes de estos lugares, debido a que a través de este se da a conocer los lugares y sitios potenciales en los cuales se puede llegar a construir un SDF como una alternativa para la sustitución del sitio que se tiene ahora que no cumple con la normatividad mexicana.

A través de los SIG y de la EMC denominada AHP fue posible determinar los lugares potenciales de emplazamiento del SDF en los municipios teniendo los puntos más altos en la zona oeste del área de estudio a unos 12 km de la cabecera de Reforma dando resultados precisos, teniendo como resultado dos sitios seleccionados, sin embargo, es importante las visitas al sitio para corroborar la idoneidad del lugar e investigar de manera detallada las especificaciones de estos, el resultado de la visita al sitio reveló que este método es una herramienta eficiente para la detección preliminar de un área amplia, sin embargo, se requieren de inspecciones detalladas para involucrar al público en el proceso de selección del SDF.

Referencias

Aceves-Quesada, F., López-Blanco, J., & Martín del Pozzo, A. L. (2006). Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 23(2), 113-124.

Chabuk A., al-Ansari N., Musa Hussain H., Knutsson S. y Pusch R. (2016). Landfill site selection using Geo-graphic Information System and Analytical Hierarchy Process: A case study Al-Hillah Qadhaa, Babylon, Iraq. *Waste Manag. Res.* 34 (5), 427-37.

DOI: 10.1177/0734242X16633778

Durán, C. E. S., & González, O. N. (2019). Identificación de sitios con potencial para la disposición final de residuos sólidos urbanos en el municipio de Tepic, Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35, 69-77.

Guiqin W., Li Q., Guoxue L. y Lijun Ch. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *J. Environ. Manage.* 90 (8): 2414-2421.

DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.12.008.

Khan D. y Samadder S.R. (2014). Municipal solid waste management using geographical Information System aided methods: A mini review. *Waste Manage. Res.* 32 (11), 1049-1062. DOI: 10.1177/0734242X14554644.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). An Application of Hierarchical Kappa-type Statistics in the Assessment of Majority Agreement among Multiple Observers. *Biometrics*, 33(2), 363.

<https://doi.org/10.2307/2529786>

León, G. (2008). Métodos de Localización Factores de Localización. 1–11.

Nájera Aguilar, H. A., Vera Toledo, P., & Rojas-Valencia, M. N. (2012). Investigación del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*. Investigación, desarrollo y práctica, 5(1), 67-78.

Narcia Cruz, J. A. (2022). Macrolocalización de áreas óptimas para sitios de disposición final en Chiapa de Corzo, Chiapas.

Ramírez, M. (2004). El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del Chaco. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, 1-4.

"Residuos | Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial". Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial | Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/residuos#:~:text=Es%20un%20material%20o%20producto,a%20tratamiento%20o%20disposici%20n%20final>.

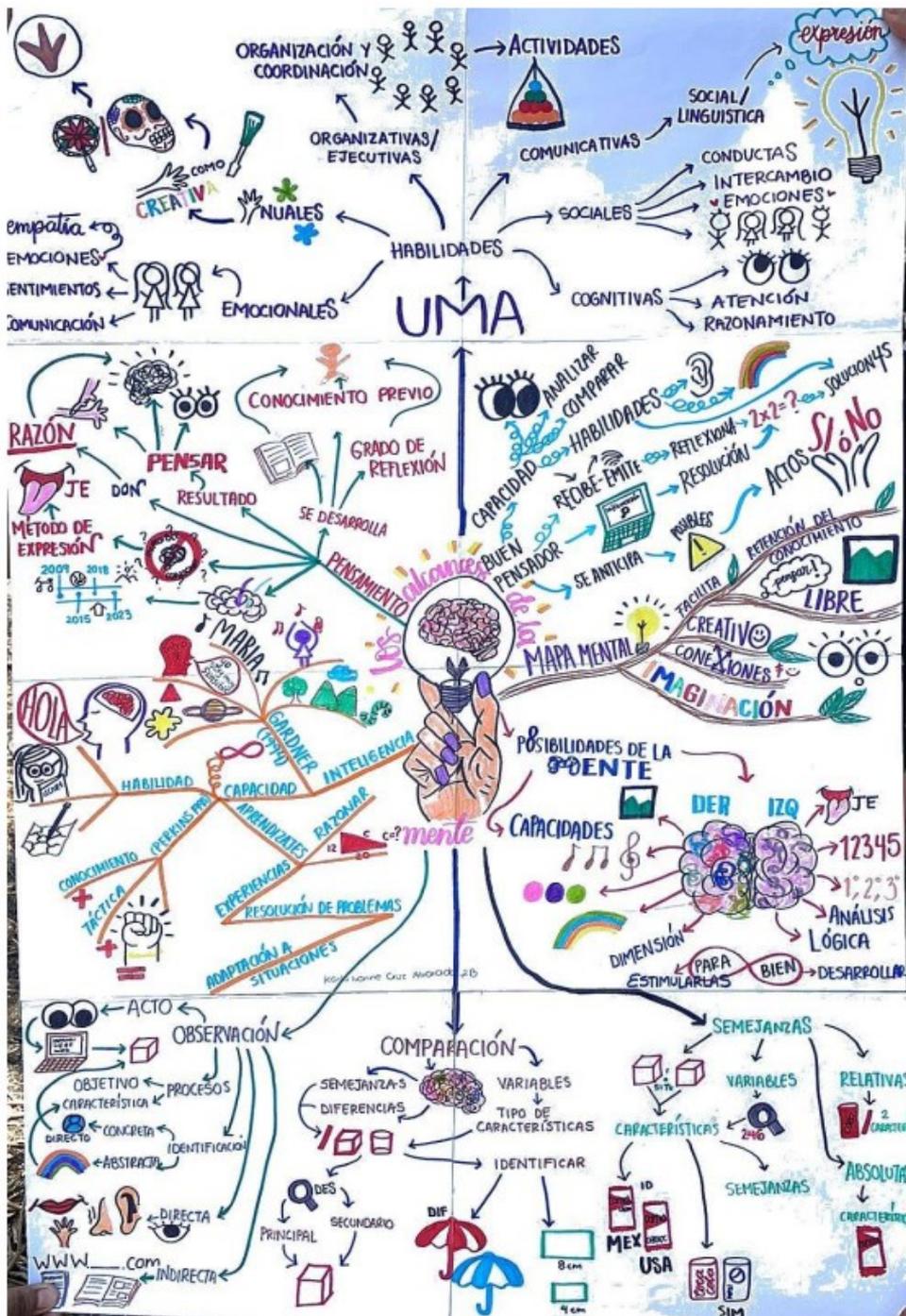
Ríos Valdez A. (2017). La basura en Chiapas. Consultado el 11 de noviembre de 2022. *Diario ultimatum*. Recuperado de <https://ultimatumchiapas.com.cdn.ampproject.org/>

Sadek S., el-Fadel M. y Freiha F. (2006). Compliance factors within a GIS-based framework for landfill siting. *Int. J. En-*

viron. Stud. 63 (1), 71-86. DOI: 10.1080/00207230600562213

Sánchez Muñoz, J. (2016). Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz de Confusión. *Pensamiento Matemático*, 6(2), 9–26.

Zamorano M., Molero E., Hurtado A., Grindlay A. y Ramos A. (2008). Evaluation of a municipal landfill site in southern Spain with GIS-Aided methodology. *J. Hazard. Mater.* 160 (2-3), 473-481. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.03.023.



Karla Ivonne Cruz Alvarado

Normas Editoriales

Los trabajos que aquí se publican son originales, relacionados a temas de interés científico, de divulgación o carácter general. Las publicaciones realizadas pueden ser artículos científicos, técnicos, ensayos o notas escritas de manera clara, en tercera persona y que se ajusten a las siguientes normas editoriales:

El trabajo escrito será evaluado por el comité revisor para su aceptación y publicación. El dictamen de este comité será inapelable.

Es responsabilidad del autor realizar las correcciones a que haya lugar después de la evaluación, en un lapso no mayor a 15 días.

Se enviará el trabajo realizado a los editores en formato digital Word o Publisher

El título del trabajo se captura con letra Calibri tamaño 15 en minúsculas y negritas, en la parte inferior en tamaño 10 debe escribirse el o los nombres de los autores, iniciando con el apellido, adscripción o lugar de trabajo y correo de contacto, respetando este orden.

El documento es escrito con letra Calibri 12, los títulos en negritas, para las figuras y tablas tamaño 10. El espacio entre líneas es de 1.15, los márgenes son de 1 para izquierda y derecha y de 1.5 para superior e inferior, todo el contenido debe ser a doble columna.

Las figuras, imágenes o fotografías deben ser de alta calidad, igual o mayor a 300 dpi, en formato jpg.

La extensión recomendada para los trabajos es de 8 páginas como máximo. El orden de las secciones para el trabajo es:

Título, Autor o Autores, Adscripción, Correo de contacto esto en la parte superior del trabajo.

En el cuerpo del mismo llevará un resumen con palabras clave, Introducción, Metodología, Resultados, Discusión, Conclusiones, Referencias en formato APA.

Enviar sus contribuciones al Dr. Carlos Manuel García Lara, editor de la gaceta Nas Jomé de la UNICACH al correo:

carlos.garcia@unicach.mx



Vista nocturna del edificio de Ingeniería Ambiental

Gaceta realizada

por el Cuerpo Académico

Estudios Ambientales

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Ambiental