

**UNIVERSIDAD DE SONORA**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PLAN DE GESTIÓN SUSTENTABLE DE RESIDUOS  
SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN UNA COMUNIDAD RURAL

**TRABAJO ESCRITO**

Que para obtener el GRADO de  
**MAESTRÍA EN SUSTENTABILIDAD**

**Presenta:**

**Omar Contreras Aganza**

**1942**

**Director de Tesis:**

**Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

*Página dejada intencionalmente en blanco.*



# UNIVERSIDAD DE SONORA

## DIVISIÓN DE INGENIERÍA



### COORDINACIÓN DE PROGRAMA DEL POSGRADO EN SUSTENTABILIDAD ESPECIALIZACIÓN EN DESARROLLO SUSTENTABLE / MAESTRÍA EN SUSTENTABILIDAD

Hermosillo, Sonora, a 01 de septiembre del 2020

**Dr. Javier Esquer Peralta**

**Coordinador del Posgrado en Sustentabilidad**

**P R E S E N T E . -**

Por este conducto, hago de su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el siguiente examen de posgrado:

<b>Programa:</b>	<b>Maestría en Sustentabilidad:</b>	X	<b>Especialidad en Desarrollo Sustentable:</b>	
<b>Alumno (a):</b>	Omar Contreras Aganza			
<b>Expediente:</b>	211215387			
<b>Fecha:</b>	09 de septiembre del 2020			
<b>Hora:</b>	10:00 am			
<b>Edificio y Aula:</b>	Plataforma Virtual			

**Relación de Jurados:**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE:</b>	Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras	
<b>SECRETARIO:</b>	M.I. Miguel Ángel López Arríquez	
<b>VOCAL:</b>	Dr. Héctor Manuel Guzmán Grijalva	
<b>SUPLENTE:</b>	M.S. David Slim Zepeda Quintana	

**A T E N T A M E N T E**

**MIEMBROS DEL JURADO**



*Página dejada intencionalmente en blanco.*

# ÍNDICE

<b><u>Contenido</u></b>	<b><u>Página</u></b>
I. Introducción .....	1
II. Objetivo General .....	3
III. Objetivos Específicos:.....	3
IV. Análisis Literario .....	3
4.1 Gestión de residuos sólidos municipales .....	3
4.2 Gestión de residuos sólidos domiciliarios en zonas rurales .....	4
4.3 Métodos de disposición de los residuos sólidos .....	6
4.4 Impactos Ambientales y a la Salud de los Residuos Sólidos en Rellenos Sanitarios .....	7
4.5 Legislación de los sistemas de gestión de los residuos sólidos municipales.....	9
V. Metodología.....	11
5.1 Tipo de estudio.....	11
5.2 Diseño Metodológico .....	11
5.3 Alcance .....	11
5.4 Hipótesis y/o preguntas de investigación.....	11
5.5 Objeto de estudio .....	12
5.6 Selección del objeto de estudio o del lugar que ubica al objeto de estudio .....	12
5.7 Selección y tamaño de muestra.....	12
5.8 Instrumentos de recolección y manejo de datos .....	14
VI. Resultados .....	15
6.1 Caracterización y cuantificación de los Residuos Sólidos Domiciliarios.....	15
6.2 Aplicación de encuesta de comportamiento y manejo de los RSD en comunidad rural pequeña.....	18
6.3 Caracterización del vertedero municipal y disposición de residuos.....	23
VII. Análisis.....	25
VIII. Conclusiones.....	30
IX. Referencias.....	31

## **Índice de tabla**

Tabla 1: Residuos sólidos orgánicos.....	14
Tabla 2: Residuos sólidos inorgánicos.....	15
Tabla 3: Caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios.....	17
Tabla 4: Residuos sólidos orgánicos.....	17
Tabla 5: Residuos sólidos inorgánicos.....	18
Tabla 6: Residuos orgánicos caracterizados en el vertedero .....	24
Tabla 7: Residuos inorgánicos caracterizados en el vertedero .....	24

## Índice de figura

Figura 1. Dimensiones del Área de Confinamiento. ....	14
Figura 2. Cantidad de conglomerados en la comunidad rural. ....	16
Figura 3. Desechos inorgánicos .....	17
Figura 4. Desechos orgánicos .....	17
Figura 5. Habitantes por casa. ....	19
Figura 6. Tipos de depósitos de residuos. ....	19
Figura 7. Frecuencia de recolección de residuos. ....	20
Figura 8. Residuos sólidos inorgánicos. ....	20
Figura 9. Separación de la basura orgánica e inorgánica. ....	21
Figura 10. Conocimiento del destino final de los residuos. ....	21
Figura 11. Conocimiento del reciclaje .....	22
Figura 12. Voluntad para participar en un programa de reciclaje o de reutilización... <b>¡Error!</b>	
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 13. Consciencia de los posibles daños a la salud .....	23
Figura 14. Posibles trastornos de salud .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## **RESUMEN**

Este trabajo, trata sobre el sistema de gestión de los residuos sólidos domiciliarios, específicamente en una comunidad rural pequeña. En este estudio se analizaron cada una de las etapas que conforman un sistema de gestión de los residuos sólidos y se identificaron los distintos métodos de beneficio con el fin de identificar las deficiencias en el proceso y diseñar un plan de gestión sustentable.

Este estudio se ayudó de métodos estadísticos de muestreo como lo son el muestreo aleatorio simple y el muestreo por conglomerados de una etapa, los cuales nos permitieron caracterizar y cuantificar los residuos sólidos domiciliarios generados en la comunidad rural y los depositados en el vertedero de la localidad. A su vez, se realizó una encuesta en donde se pudieron identificar las prácticas y costumbres de los pobladores en cuanto al manejo de los residuos y el conocimiento que tienen sobre ellos y sus posibles impactos al medio ambiente y a la salud.

Al realizar el proceso señalado se concluyó que el modelo de gestión de los residuos sólidos domiciliarios con el que cuenta la comunidad rural de Opodepe, Sonora no es sustentable y presenta varias deficiencias, las cuales fueron señaladas y se propusieron alternativas de mejoras, así como un plan de gestión de los residuos, específicamente los residuos sólidos orgánicos.

## **ABSTRACT**

This work talks about the household solid waste management system, specifically in a small rural community. In this study, each of the stages that make up a solid waste management system were analyzed, and the different benefit methods were identified in order to identify deficiencies in the process and design a sustainable management plan. This study was helped by statistical sampling methods such as simple random sampling and one-stage cluster sampling, which allowed us to characterize and quantify household solid waste generated in the rural community and those deposited in the local landfill. At the same time, a survey was carried out where the practices and customs of the inhabitants in terms of waste management and the knowledge they have about them and their possible impacts on the environment and health.

When carrying out the process mentioned above, it was concluded that the household solid waste management model that the rural community of Opodepe, Sonora has, is not sustainable and presents several deficiencies, which were pointed out and alternatives for improvements were proposed, as well as a plan of waste management, specifically organic solid waste.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surgió debido a la motivación por conocer las condiciones en las que se encuentran los sistemas de gestión de las comunidades rurales en el estado de Sonora; esto con el fin de poder identificar puntos de posibles mejoras proponiendo alternativas y diseñar un plan de gestión sustentable de residuos sólidos domiciliarios.

La realización de esta investigación se basa fundamentalmente en varios apartados, en la parte introductoria al trabajo se habla de los objetivos propuestos. Enseguida se expone un análisis literario que abarca los distintos sistemas de gestión de residuos sólidos domiciliarios tanto en comunidades urbanas como en rurales; así como los métodos de disposición y los distintos tipos de aprovechamiento que existen actualmente en el mundo.

En el siguiente apartado se habla sobre la metodología del trabajo, el cómo se seleccionaron los distintos tipos de métodos de muestreo para caracterizar y cuantificar los residuos sólidos domiciliarios generados en una comunidad rural, así como los residuos depositados en el área de confinamiento. También se diseñó una encuesta en donde se buscó conocer los conocimientos en cuanto al manejo de los residuos sólidos por parte de la comunidad, los posibles daños a la salud que generan estos al no gestionarse de manera correcta y la voluntad que se tiene en participar en programas de reducción y aprovechamiento de estos.

Por último en este apartado se explican los resultados obtenidos de los muestreos y de la encuesta, se analizaron y se concluyó que la comunidad rural no cuenta con un sistema de gestión sustentable; por lo tanto se propuso un plan de gestión de residuos sólidos domiciliarios para una comunidad rural pequeña, en donde también se diseñó un programa domiciliario de compostaje con el fin de obtener un beneficio de los residuos sólidos orgánicos que se generan en la comunidad y reducir la cantidad de residuos depositados en el área de confinamiento de la localidad.

## **II. Objetivo General**

Gestionar sustentablemente los residuos sólidos domiciliarios en un confinamiento de comunidad rural.

## **III. Objetivos Específicos:**

- Desarrollar un análisis literario del estado del arte de los métodos de disposición de residuos sólidos domiciliarios y sus beneficios a través de su ciclo de vida.
- Caracterizar los residuos confinados en un relleno sanitario rural.
- Diseñar un plan de gestión sustentable de residuos domiciliarios.
- Presentar el plan de gestión sustentable de residuos domiciliarios a las autoridades competentes.

## IV. Análisis Literario

### 4.1 Gestión de residuos sólidos municipales.

El manejo adecuado de los residuos sólidos municipales se ha convertido en una importante preocupación social y ambiental, ya que su manejo inadecuado no solo produce considerables impactos negativos al medio ambiente, sino también problemas de salud y de seguridad social (Erses, 2015). Un factor importante que ha propiciado actualmente la iniciativa de un efectivo y adecuado manejo de residuos sólidos municipales es la generación excesiva de los mismos, favorecida por el crecimiento exponencial de la población humana y el desarrollo tecnológico generado a partir de la revolución industrial, lo que ha propiciado que los problemas ambientales se vuelvan cada vez más críticos (Ripa et al., 2017).

En la actualidad, los países desarrollados, que solo representan el 16 % de la población mundial, generan más de un tercio, 34 %, de los desechos del mundo, mientras que la región de Asia Oriental y el Pacífico genera casi un cuarto, 23 % del total (Banco Mundial, 2018). En América Latina y el Caribe la cantidad de desechos diarios registrados en el año 2017 fue de 540 mil toneladas y se espera que la cifra aumente a 671 mil toneladas para el año 2050 (ONU medio ambiente, 2017); siendo el 50% de estos residuos depositados en lugares no adecuados como vertederos a cielo abierto (Sulé-Ortega, 2018).

La gestión de residuos sólidos municipales consiste en la recolección, transporte, tratamiento, reciclaje, recuperación de recursos y la disposición de residuos sólidos en las comunidades. (Gran-Castro y Bernache-Pérez, 2016). Estos servicios pueden ser proporcionados de tres formas: por el gobierno, por el sector privado y de manera conjunta (Bel y Warner, 2008). Dado que la capacidad de la naturaleza de abastecer a la sociedad de recursos naturales y de absorber los desechos resultantes del consumo está llegando a su límite, es necesario reintegrar los residuos que se generan, a procesos ambientales y cadenas económicas para valorizarlos y beneficiar tanto a la población como a nuestro entorno (Cruz-Sotelo y Ojeda Benitez, 2013). Sin embargo, no es posible desarrollar un sistema de gestión de residuos que pueda ser aplicable para todo tipo de comunidades porque cada autoridad local tiene que adaptarse a sus propias condiciones socioeconómicas (Jacobsen, Buysse y Gellynck, 2013).

Los principales objetivos de la gestión de residuos sólidos municipales son el promover la calidad del medio ambiente en las comunidades, generar empleo e ingresos, proteger la salud ambiental y apoyar la eficiencia y la productividad de la economía. (Ogwueleka, 2009). Para alcanzar estos objetivos, los responsables en la toma de decisiones deben de definirlos tanto de manera local como regional, en todas o algunas de sus etapas y después diseñar, planificar y ejecutar una estrategia adecuada, en donde la mayoría de los estudios sobre estrategias de gestión de residuos sólidos municipales se enfoquen en la ubicación de la planta de tratamiento y el método de tratamiento de desechos (Soltani et al., 2015).

Es preciso desarrollar estrategias en el manejo de residuos sólidos municipales que permitan generar modelos de aplicación; éstas a su vez, dependen de diversos factores que actúan de manera interdependiente como la selección de tecnologías para el tratamiento de los residuos, el lugar de los sitios de tratamiento y rellenos sanitarios, el equipo de recolección adecuado, la calendarización del servicio; así como no dejar de lado estrategias flexibles que permitan una expansión a futuro (Ghiani et al., 2014). La elección correcta de una o más estrategias de gestión integral de los residuos sólidos municipales dependerá considerablemente de realizar una investigación sistemática de las necesidades propias del lugar, ya que con ello será posible resolver la problemática de manera puntual (Arıkan, Şimşit-Kalender y Vayvay (2017).

#### **4.2 Gestión de residuos sólidos domiciliarios en zonas rurales.**

Una gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios en áreas rurales debe incluir todas las etapas de gestión de las áreas urbanas, desde la recolección y el transporte hasta el tratamiento y eliminación de los residuos; esta gestión es un factor determinante para propiciar el desarrollo sustentable en estas comunidades (Han, et al., 2017). A pesar de lo que se señala anteriormente, se debe enfatizar que la estructura y organización de la gestión de los residuos sólidos difiere considerablemente entre las zonas rurales y urbanas en términos de cantidades, composición, almacenamiento y recolección (Boateng, et al., 2016).

Anteriormente la mayoría de los residuos sólidos generados en las comunidades rurales solían ser de origen orgánico, siendo aprovechados en los propios hogares para el cuidado de las plantas y el consumo de animales domésticos (Huang, et al., 2013). Actualmente en las poblaciones rurales existe una tendencia hacia la urbanización, lo cual implica un incremento en la cantidad de desechos y un cambio en el origen de estos mismos, siendo necesario invertir en soluciones de gestión sustentable de residuos sólidos para estas

áreas, con el fin de evitar que, en un futuro, enfrenten problemas de salud ambiental relacionados con los residuos (Bernardes y Günther, 2014); principalmente en países en desarrollo, donde se ha puesto poca atención en caracterizar los residuos sólidos en áreas rurales (Mihai, 2017).

Las comunidades rurales de países en desarrollo cuentan con escasos recursos destinados al manejo de los residuos sólidos y un cumplimiento deficiente de las regulaciones establecidas por la ley (Chen, Geng y Fujita., 2010). Estas limitantes se combinan con otros inconvenientes presentes en la gestión de los residuos sólidos domiciliarios como lo es la heterogeneidad de los residuos, obligando a separar los desechos antes de que puedan ser sometidos a cualquier proceso de tratamiento o disposición (Miezah, et al., 2015). Al-Khatib, et al, (2010) señalan que otro factor negativo en el proceso de gestión de los residuos es su recolección, dado que las autoridades que proporcionan el servicio de colecta de los desechos no cuentan con la capacidad o la disponibilidad para ofrecer el servicio, debido a condiciones económicas y geográficas adversas.

Así mismo, además de las evidentes limitantes económicas con las que cuentan las comunidades rurales, otros factores como las costumbres y cultura locales, los patrones de consumo y los estilos de vida residenciales, influyen en la cantidad de residuos sólidos domiciliarios generados (Gu, et al., 2015). Dhokhikah, Trihadiningrum y Sunaryo, (2015) advierten que el establecer leyes en cuanto al manejo de los residuos sólidos, haciendo frente a cuestiones culturales y/o costumbres, no implica automáticamente que los ciudadanos adopten estas medidas, sino que, para mejorar el nivel de conocimiento de la sociedad, los grupos de interés ambiental deben extenderse a la comunidad para motivar, guiar y aconsejar sobre temas como el reciclaje o el compostaje de los residuos generados en el hogar.

Cuando la recolección de los residuos sólidos domiciliarios en áreas rurales se lleva a cabo de manera separada por su tipo, se contribuye al ahorro de costos en el transporte, permite el reciclaje de ciertos residuos y, por ende, disminuye la cantidad de residuos depositados en el vertedero (Zeng, et al., 2016). Coincidiendo con lo anterior, Mihai e Ingrao, (2018) señalan que el separar la basura, sobre todo la biológica, se le considera como una recuperación material o una fuente de energía que ayuda a las comunidades a lograr un desarrollo sostenible, por ejemplo, el compostaje doméstico de calidad mejora la productividad agrícola de la tierra con un menor impacto en el medio ambiente y fortalece la economía local.

### **4.3 Métodos de disposición de los residuos sólidos.**

Los métodos de disposición de residuos sólidos municipales se pueden clasificar en cuatro tipos; sistemas térmicos, biológicos, de recuperación y almacenamiento, éste último se divide en dos categorías: una es el almacenamiento desordenado de los desechos industriales o urbanos, donde son depositados en áreas sin ningún tipo de drenaje o aislamiento y la otra es el almacenamiento ordenado, en el que los residuos se depositan en zonas especiales donde son enterrados bajo tierra (Regadío, et al., 2017). El almacenamiento desordenado de los residuos sólidos ha sido el método de disposición más común en los últimos años, pero el incremento de la población y los desarrollos industriales han llevado a descubrimientos de nuevas tecnologías, como alternativas a estos métodos convencionales insuficientes para la eliminación de los residuos sólidos municipales (Tozlu, Özahi, y Abuşoğlu, 2015)

En países desarrollados como Estados Unidos y la Unión Europea se han implementado plantas modernas denominadas Desechos para Energía (WTE, por sus siglas en inglés), las cuales utilizan procesos de tratamiento térmico que involucran altas temperaturas para procesar los residuos sólidos, recuperando así la energía y llevando las cenizas residuales a una condición inerte para que puedan eliminarse de manera segura (Martin, Koralewska, y Wohlleben, 2015). Sin embargo, en países en desarrollo, el método de disposición final de los residuos sólidos municipales continúa siendo en áreas de almacenamiento desordenado, debido principalmente a las limitantes económicas de presupuesto por parte de los gobiernos (Bernache, 2015). Estas áreas son también llamados vertederos a cielo abierto, siendo instalaciones que no cumplen con las técnicas requeridas de un relleno sanitario ordenado y no permiten aprovechar los residuos que ahí se depositan. (Arrechea et al., 2015).

En países de América Latina y el Caribe, es muy común que la gestión de los residuos sólidos domiciliarios se rija bajo un esquema de recolección y disposición final, donde las etapas de aprovechamiento, reciclaje, tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y adecuada son omitidas (Sáez y Ursaneta 2014). En México, tan solo en el año 2012, la cantidad total de residuos sólidos domiciliarios registrados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (a, 2019) fue de 42 102.75 millones de toneladas, esto equivalente a 0.99 kg diarios por habitante, de los cuales el 21.7% de los residuos sólidos fueron confinados en un relleno sanitario a cielo abierto.

De los 2 457 municipios que constituyen la República Mexicana, 2 266 cuentan al menos con servicio de recolección y disposición final de los residuos sólidos de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). En el mejoramiento de las prácticas de disposición de los residuos, los avances más significativos se localizaron en las zonas metropolitanas, ya que el 53% de sus residuos fueron depositados en sitios controlados, así como el 42% de los residuos sólidos de las ciudades medias; siendo mayormente en las localidades rurales o semiurbanas donde se encontró que los residuos generados son dispuestos en sitios no controlados (Jiménez, 2015).

La mayoría de los residuos sólidos en comunidades rurales son depositados en rellenos sanitarios a cielo abierto o vertederos (Ali, et al., 2014). Estos carecen de una capa protectora que impida la filtración de contaminantes al suelo, también son propicios a la quema de basura y están expuestos a la propagación de enfermedades (Jayawardhana, et al., 2016). Otro inconveniente presente en estos sitios es la falta de estudios analíticos y monitoreos continuos, en donde no es preciso determinar con exactitud las cantidades y tipos de sustancias que se propagan en el medio físico; la presencia de estos compuestos en el medio ambiente puede pasar inadvertida durante mucho tiempo, y los efectos biológicos resultantes de la exposición de los organismos a estos contaminantes pueden ser irreparables (Melnyk et al., 2014).

#### **4.4 Impactos Ambientales y a la Salud de los Residuos Sólidos en Rellenos Sanitarios.**

Los residuos sólidos municipales son comúnmente depositados en rellenos sanitarios con el fin de aislarlos de manera segura hasta que se degraden completamente (Omar, Karppanán y AyuniShafiea, 2012). Un relleno sanitario debidamente diseñado y operado es capaz de reducir algunos impactos ambientales adversos que resultan de otros métodos de disposición final de desechos sólidos, como la quema y el vertido a cielo abierto (Abd El-Salam y Abu-Zuid, 2015). Sin embargo, en países en desarrollo, la mayoría de los residuos son confinados en rellenos sanitarios a cielo abierto, sitios donde los residuos no se gestionan debidamente, repercutiendo severamente en la salud y el medio físico (Bhalla, Saini y Jha, 2013).

Los impactos ambientales y a la salud que se generan en los rellenos sanitarios a cielo abierto están, en su mayoría, relacionados con la migración de contaminantes (Atencio-Pérez, Reyes-López y Guevara-García, 2013); por ejemplo, al quemar los residuos sólidos, se libera biogás a la atmósfera contribuyendo al cambio climático, debido a que el metano

y el dióxido de carbono, presentes en la combustión de estos sólidos, son gases de efecto invernadero (Broun y Sattler, 2016). Zuberi y Ali (2015) señalan que las actividades realizadas en rellenos sanitarios a cielo abierto son una de las principales fuentes de emisión de estos gases, aunado a ser el método de disposición de residuos sólidos que más cantidad de gases emite en comparación con otros métodos de confinamiento.

Los residuos sólidos abandonados en los rellenos sanitarios a cielo abierto deterioran la calidad del aire que respiramos, tanto localmente como en los alrededores, a causa de las quemaduras y los humos, y del polvo que levanta el viento en los períodos secos (Escalona-Guerra, 2014). Entre los gases presentes en la quema de residuos que son considerados nocivos para la salud están el monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros; los cuales pueden ocasionar problemas de salud agudos y crónicos para las personas que viven cerca del relleno sanitario (Nadal, et al., 2016). A su vez, existen contaminantes como los mencionados COV que no se propagan en el aire en su totalidad, quedando una parte de ellos presentes en el subsuelo significando una fuente importante de riesgo, ya que estos contaminantes pueden permanecer en un relleno sanitario inclusive después de una remediación para un posible nuevo uso del terreno (Martí, et al., 2014).

Un fenómeno que se presenta en los rellenos sanitarios es el proceso de lixiviación, en donde los residuos sólidos al interactuar con el agua, se filtran en el subsuelo concentrando materia orgánica e inorgánica (Clarke, et al., 2015); en los lixiviados puede haber presencia de varias sustancias químicas nocivas como amoníaco, sólidos hidrocarburos halogenados suspendidos, fenol, nitrógeno, fósforo, metales pesados y sales inorgánicas (Aziz, et al., 2010). Es por ello por lo que este proceso es considerado como un contaminante serio que afecta los recursos naturales como las aguas superficiales y subterráneas, la salud humana y la higiene (Naveen, et al., 2017).

Tratar con los lixiviados de rellenos sanitarios a cielo abierto es uno de los temas más importantes en la gestión de residuos sólidos, esto debido a los componentes químicos de algunos residuos que pueden afectar severamente a los organismos (Umar, Aziz y Yusoff, 2010). Estas sustancias tóxicas pueden llegar a ser ingeridas por el ser humano al contaminar pozos de agua donde se utilizan para consumo o para riego de cultivo, inhalación de contaminantes volatilizados, la ingesta de partículas del suelo de manera directa y absorción por la piel (Mishra, 2016). Estudios realizados por Palmiotto, et al. (2014) en zonas cercanas a rellenos sanitarios, demuestran que es posible desarrollar

enfermedades crónicas principalmente relacionadas con las vías respiratorias y la piel; si bien se descarta la presencia de enfermedades graves como el cáncer, existe una preocupación latente por el deterioro que se genera en el medio ambiente y el incremento de los peligros en estas zonas.

#### **4.5 Legislación de los sistemas de gestión de los residuos sólidos municipales.**

El principal propósito de las regulaciones ambientales es el de controlar el uso de los recursos para garantizar un impacto mínimo en el medio ambiente y la salud humana (Liu, et al., 2015). Existen políticas que se enfocan en la reducción de desperdicios a nivel local, las cuales implican el reducir la cantidad de residuos y generar mayores tasas de reciclaje (Mani y Sigh, 2016). Otras políticas se centran en el factor económico, dado que los presupuestos municipales son limitados y los recursos son escasos, los municipios tienen cada vez más desafíos al momento de crear un presupuesto sólido sin aumentar la carga fiscal o reducir la prestación de servicios a los ciudadanos (De Jaeger, et al., 2011).

La gestión de los residuos sólidos municipales requiere la participación de todos los interesados, incluidos los fabricantes de productos, instituciones gubernamentales, empresas privadas y de los ciudadanos (Ma e Hipel, 2016). Un ejemplo de ello es la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), que se cataloga como una agencia reguladora, autorizada para establecer normas y reglamentos que explican los detalles técnicos, operacionales y legales necesarios para implementar las leyes (EPA, 2016). La ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA, por sus siglas en inglés) emitida por el Congreso de los Estados Unidos, le otorga a la EPA la autoridad para controlar los residuos sólidos municipales, así como los residuos peligrosos desde la "cuna hasta la tumba"; esto incluye la generación, transporte, tratamiento, almacenamiento y eliminación de los desechos (EPA, 2019).

En México, la gestión de los residuos está regulada por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la cual tiene como objetivo el "fomentar la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el país, a través del subsidio de estudios o programas para la prevención y gestión integral de los residuos, así como el desarrollo de infraestructura de los sistemas de recolección, transporte y disposición final, y el aprovechamiento material o energético de residuos, a través del acceso a recursos económicos del Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos" (SEMARNAT, 2018). La aplicación de esta ley se mantiene al margen de las comunidades rurales, mientras que en localidades con una población superior a los 10 mil

habitantes cuentan con una cobertura de servicios de un 80%, en poblaciones con menor densidad de población apenas se tiene un 23% de cobertura (SEMARNAT a, 2019).

Para promover la gestión de los residuos, México cuenta con el marco regulatorio y los instrumentos de política pública, tales como los Programas Nacionales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en los que se busca fomentar su valorización y minimizar el impacto en el medio ambiente y salud humana (SEMARNAT b, 2019). Con esto, y dado el compromiso realizado con la agenda 2030 propuesta por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el cual se establece en el apartado número 7 que se debe garantizar la sustentabilidad del medio ambiente (Rodríguez, 2016), el gobierno mexicano ha puesto en marcha un plan para la reducción de la contaminación generado por sitios contaminados o tiraderos a cielo abierto titulado "Visión Nacional hacia una Gestión Sustentable: Cero residuos" (SEMARNAT c, 2019).

Para el confinamiento de los residuos sólidos municipales, la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 establece los parámetros para el diseño, operación y clausura de sitios de disposición final (Diario Oficial de la Federación, 2004). A pesar de que están claramente establecidos los lineamientos que debe seguir un área de confinamiento, reportes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014) enumeran 1,643 tiraderos a cielo abierto, en donde se coloca el 25% del total de los residuos en el país, sitios que no cumplen con lo establecido en la norma.

La gestión integral y sustentable de los residuos sólidos domiciliarios depende considerablemente de evaluar las condiciones económicas, geográficas, culturales y sociales de toda comunidad ya sea rural o urbana. En comunidades rurales existe una diferencia significativa en el manejo de los residuos sólidos domiciliarios con respecto a las comunidades urbanas, mientras que en las zonas urbanas se cuenta con un sistema integral de gestión de residuos, en áreas rurales el manejo de los residuos sólidos domiciliarios se limita a su recolección y disposición final. El método de disposición final de residuos sólidos que predomina en zonas rurales son los llamados rellenos sanitarios a cielo abierto, sitios en donde se generan contaminantes que afectan tanto a la salud de los organismos vivos como al medio físico. Por lo tanto, es importante que las leyes y normas que regulan el manejo de los residuos sólidos domiciliarios sean aplicadas de manera imparcial, tanto para comunidades urbanas y rurales.

## **V. METODOLOGIA**

### **5.1 Tipo de estudio.**

El presente trabajo de tesis es una investigación cuantitativa, cuyos valores se registran en una base de datos que incluye variables de gestión de residuos sólidos domiciliarios. Dichos datos numéricos son analizados mediante técnicas estadísticas para estudiar la asociación o relación entre variables cuantificadas y consecuentemente diseñar un modelo de gestión de residuos sólidos domiciliarios en áreas rurales.

### **5.2 Diseño Metodológico.**

El diseño de esta investigación fue de carácter experimental en donde se caracterizaron y cuantificaron de los residuos sólidos domiciliarios mediante la aplicación de distintos métodos de muestreos, así como la elaboración de una encuesta; con el fin de conocer el comportamiento de los habitantes de la comunidad rural de Opodepe, Sonora, en cuanto al manejo de los residuos sólidos domiciliarios.

El presente estudio se apoyó básicamente en modelos estadísticos de muestreo los cuales fueron aplicados con el fin de identificar puntualmente las condiciones en las que se encuentra el sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios en una comunidad rural, para así desarrollar un plan de gestión de residuos capaz de efficientizar cada una de las etapas de este.

### **5.3 Alcance.**

Este estudio se lleva a cabo en la comunidad rural de Opodepe, Sonora para el periodo agosto 2018 – julio 2020; siendo su alcance al nivel de desarrollar un modelo de gestión de residuos sólidos domiciliarios en zonas rurales que permita la disminución de la contaminación del medio físico por las distintas actividades y fenómenos que se presentan en el confinamiento de la localidad.

### **5.4 Hipótesis y/o preguntas de investigación.**

¿Es posible mejorar las prácticas de manejo integral de los residuos sólidos domiciliarios en la comunidad de Opodepe, Sonora mediante la aplicación del modelo de gestión?

¿Existe la cantidad suficiente de residuos sólidos domiciliarios para generar algún beneficio como la generación de energía eléctrica, calorífica, biomasa, etc.?

### 5.5 Objeto de estudio.

El Objetivo de estudio de esta investigación fue el análisis de los residuos sólidos domiciliarios en una comunidad rural, los cuales fueron estudiados en sus distintas etapas; desde la generación de los residuos, el uso dado por parte de los habitantes de la comunidad, el sistema de recolección por parte de las autoridades municipales y el área de confinamiento. En donde se cuantificaron y clasificaron con el fin de desarrollar un programa de gestión de los residuos sólidos domiciliarios y su posible aprovechamiento.

### 5.6 Selección del objeto de estudio o del lugar que ubica al objeto de estudio.

La elección del lugar de objeto de estudio se debió a una selección por conveniencia, en donde se eligió a la comunidad de Opodepe Sonora; esto debido a cumplir con todas las características requeridas para la investigación, siendo una comunidad rural pequeña, contar con fácil acceso tanto al poblado como al área de confinamiento y tener plena disposición por parte de las autoridades locales y de los habitantes de dicha comunidad.

### 5.7 Selección y tamaño de muestra.

El diseño metodológico de esta investigación consistió en tres fases; primero se realizó un muestreo por conglomerados de una etapa, con la finalidad de cuantificar y caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en 24 horas.

En el muestreo por conglomerados de una etapa o monoetápico los elementos de la muestra se dividen en grupos separados, denominados conglomerados. Cada elemento de la población pertenece a uno sólo conglomerado y se toma una muestra aleatoria simple de los conglomerados. La muestra está formada por todos los elementos dentro de cada uno de los conglomerados que forman la muestra. La heterogeneidad del grupo es fundamental para un buen diseño del muestreo por conglomerados.

$$m = \left[ A + \sqrt{\left( A^2 + \frac{n^*}{N} \right)} \right]^2$$

Donde:

$$A = z_{\alpha} V_N / 2$$

$z_{\alpha}$  = La 100x parte de la distribución normal estándar.

$$V_N = \sigma_N / \bar{N}$$

$$\sigma_N = \sqrt{\left[ \sum_{i=1}^M (N_i - \bar{N})^2 / M \right]}$$

M = Número de conglomerados en la población.

$N_i$  = Número de individuos por conglomerado.  $i; i = 1, \dots, M$ .

$\bar{N} = \sum_{i=1}^M N_i / M$  (número medio de individuos por grupo).

A= Error de estimación del sujeto en el grupo

$\sigma_N$ = Desviación Estándar

$V_N$ = Desviación Estándar de  $N_i$

La segunda fase se basó en aplicar una encuesta con el propósito de identificar las costumbres en cuanto al manejo de residuos sólidos domiciliarios de los habitantes de la comunidad. Para ello se utilizó un muestreo aleatorio simple para encontrar el número de encuestas a realizar. En donde una muestra aleatoria simple de tamaño  $n$  de una población finita de tamaño  $N$  es una muestra seleccionada de manera que cada posible muestra de tamaño  $n$  tenga la misma probabilidad de ser seleccionada.

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Dónde:

$$n_0 = \frac{z^2 p q}{e^2}$$

$p$  = Prevalencia estimada

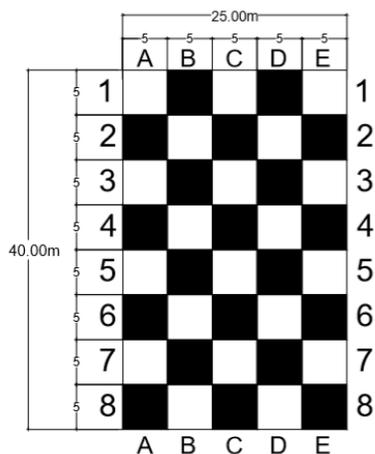
$q = 1-p$

$e$  = Margen de error

$z$  = Valor estadístico

En la última fase se caracterizaron y cuantificaron los residuos sólidos municipales depositados en el relleno sanitario de la comunidad, para ello se realizó un método de muestreo de cuadrante. El área total del vertedero municipal se dividió en cuadrantes en blanco y negro; el color blanco está representado por colas mientras que el color negro está representado por cabezas. El color de los cuadrantes muestreados se seleccionó después de 50 lanzamientos de monedas virtuales para una aleatoriedad verdadera.

**Figura 1. Dimensiones del Área de Confinamiento.**



Fuente: Elaboración propia

### 5.8 Instrumentos de recolección y manejo de datos.

Para la primera etapa, que consistió en la recolección de muestras que contenían los residuos sólidos generados en un lapso de 24 horas, se utilizó Equipo de Protección Personal compuesto por guantes, botas y overol especial, así como palas y bolsas negras tamaño jumbo para guardar las muestras que posteriormente fueron enumeradas de manera ordenada.

Los datos fueron registrados en tablas donde se detallaba los tipos, cantidad y porcentaje de los residuos analizados.

**Tabla 1: Residuos sólidos orgánicos.**

Clasificación de los Residuos Sólidos Orgánicos	Porcentaje (%)	Kilos por día
Sobras de Alimentos		
Follaje		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2: Residuos sólidos inorgánicos.**

Clasificación de los Residuos Sólidos Inorgánicos	Porcentaje (%)	Kilos por día
Papel y Cartón		
Plástico		
Metales		
Vidrio		
Otros		

Fuente: Elaboración propia

## VI. Resultados

### 6.1 Caracterización y cuantificación de los Residuos Sólidos Domiciliarios.

En la primera fase de la investigación, que consistió en la recolección de muestras correspondientes a la generación de residuos sólidos domiciliarios en 24 horas, se realizó un muestreo por conglomerados en una etapa para caracterizar los desechos domésticos en esta población rural. Un conglomerado en este estudio fue un bloque o manzana; había 54 conglomerados en total, pero solo 51 con casas ocupadas. Los conglomerados fueron seleccionados por muestreo aleatorio simple. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$m = \left[ A + \sqrt{\left( A^2 + \frac{n^*}{N} \right)} \right]^2 \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

$$A = z_{\alpha} V_N / 2$$

$z_{\alpha}$  = La 100x parte de la distribución normal estándar.

$$V_N = \frac{\sigma_N}{\bar{N}}$$

$$\sigma_N = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^M (N_i - \bar{N})^2}{M} \right]} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

M = Número de conglomerados en la población.

$N_i$  = Número de individuos por conglomerado.  $i; i = 1, \dots, M$ .

$\bar{N} = \sum_{i=1}^M N_i / M$  (número medio de individuos por grupo).

A= Error de estimación del sujeto en el grupo

$\sigma_N$ = Desviación Estándar

$V_N$ = Desviación Estándar de  $N_i$

Solución:

$$A = (1.96 * 4.1683) / (2 * 6.1) = 0.6696; \text{ al menos}$$

100 habitantes

M= 40

N= 244

$\bar{N}=6.1$

$\sigma_N = 4.1683$

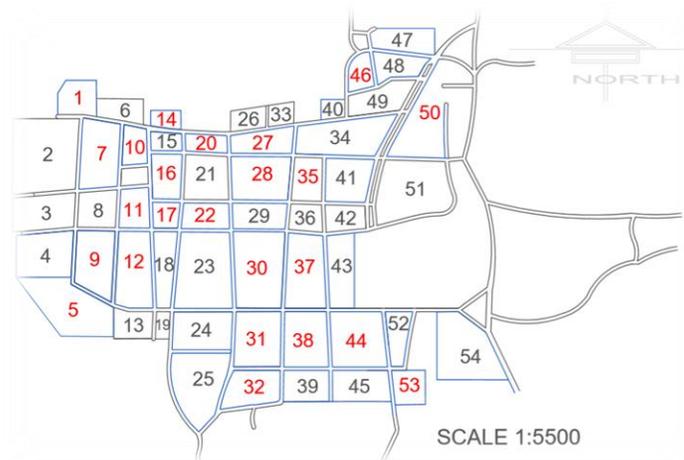
Nivel de relevancia (Alpha) = 0.025

$$m = \left[ 0.6696 + \sqrt{\left( 0.6696^2 + \frac{100}{6.1} \right)} \right]^2$$

$m = 23$  conglomerados

Una característica social demográfica de esta ubicación era que los bloques o manzanas estaban compuestos por muy pocas casas, a veces solo una o dos casas. Por esta razón, se decidió caracterizar 24 conglomerados que representan 51 casas con 119 ocupantes. La Figura 2, que se muestra en rojo, representa los conglomerados de muestras.

**Figura 2. Cantidad de conglomerados en la comunidad rural.**



**Fuente: Elaboración propia**

La caracterización de los residuos domésticos tuvo lugar en cada una de las 51 casas ocupadas. Se pidió a una persona de cada casa que depositara su basura en un contenedor de plástico durante un período de 24 horas. Luego se recogió, separó y pesó cada tipo de

desecho. Finalmente, se calculó la cantidad de desechos domésticos orgánicos e inorgánicos.

**Figura 3. Desechos inorgánicos.**



**Figura 4. Desechos orgánicos.**



Los resultados obtenidos indicaron que los residuos sólidos domiciliarios del tipo orgánico fueron más prominentes. La Tabla 3 muestra que el 64% del total de residuos domésticos fue orgánico, mientras que solo el 36% fueron inorgánicos.

**Tabla 3: Caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios.**

Clasificación de los Residuos Sólidos	Porcentaje (%)	Kilos por día
Orgánico	64	29.34
Inorgánico	36	16.36

**Fuente: Elaboración propia**

Los residuos sólido domiciliarios orgánicos se clasificaron en restos de comida y follaje, en la tabla 4 se indica que el 92 % corresponde a restos de comida, mientras que sólo el 8% fue de follaje.

**Tabla 4: Residuos sólidos orgánicos.**

Clasificación de los Residuos Sólidos Orgánicos	Porcentaje (%)	Kilos por día
Sobras de Alimentos	92	26.9
Follaje	8	2.4

**Fuente: Elaboración propia**

En cuanto a los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos, la clasificación se realizó de la siguiente manera: papel y cartón, plástico, metales, vidrio y otros; siendo el plástico el material más abundante con un 57.1%. En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 5: Residuos sólidos inorgánicos.**

Clasificación de los Residuos Sólidos Inorgánicos	Porcentaje (%)	Kilos por día
Papel y Cartón	28.5	4.66
Plástico	57.1	9.35
Metales	9.2	1.51
Vidrio	4.5	0.73
Otros	0.8	0.13

**Fuente: Elaboración propia**

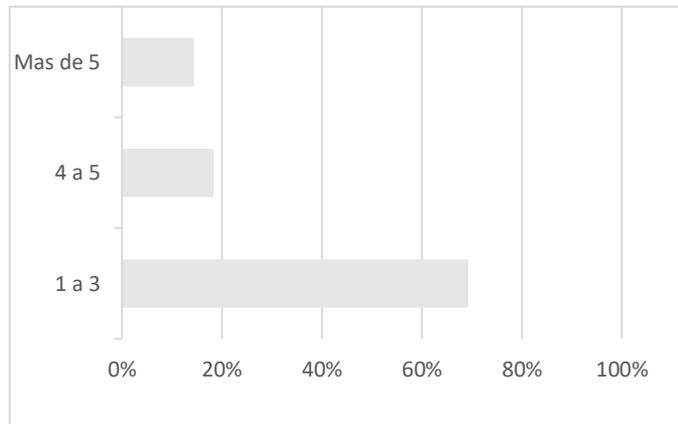
## **6.2 Aplicación de encuesta de comportamiento y manejo de los RSD en comunidad rural pequeña.**

En la segunda fase se aplicó una encuesta con el fin de conocer las costumbres y comportamientos por parte de los habitantes de una comunidad rural pequeña en cuanto al manejo de residuos sólidos domiciliarios. En los reactivos se buscó identificar si los habitantes de la comunidad estaban conscientes de la importancia de tener un sistema de gestión de residuos eficiente y también los daños a la salud y al medio ambiente que implica el no tenerlo.

La encuesta consistió en 10 reactivos, 5 de ellos fueron de opción múltiple, mientras que las otras 5 fueron preguntas de respuestas SI-NO, las cuales arrojaron los siguientes resultados:

Primero se le preguntó a una persona representativa de cada domicilio que nos indicara la cantidad de personas que habitaban la vivienda. El 69% de las casas estaban ocupadas por una o tres personas, el 18% por cuatro o cinco personas y el 14% por más de cinco.

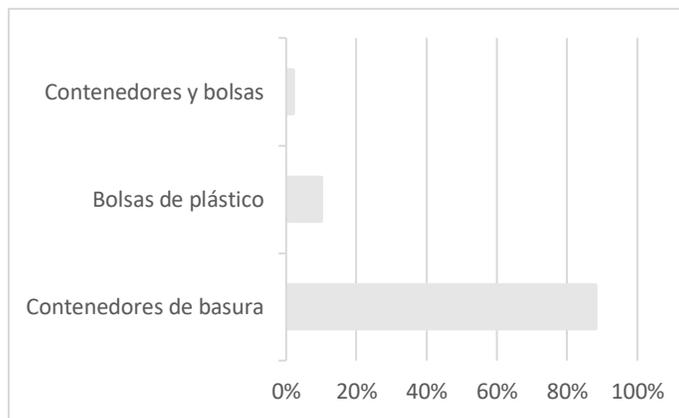
**Figura 5: Habitantes por casa.**



**Fuente: Elaboración propia**

En el reactivo número 2 se buscó conocer la manera en la que los habitantes desechan los residuos sólidos en su domicilio. La figura 6 muestra que el 88% de la basura doméstica se recogió en contenedores de basura, el 10% en bolsas de plástico y el 2% usa tanto contenedores de basura como bolsas de plástico.

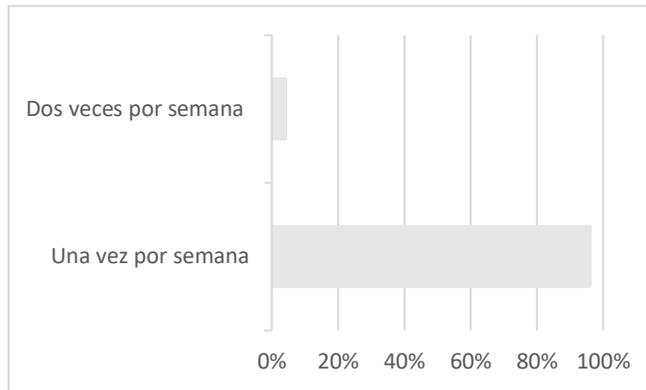
**Figura 6: Tipos de depósitos de residuos.**



**Fuente: Elaboración propia**

Se les preguntó a los habitantes las condiciones del servicio de recolección, quien lo realiza y cada cuanto tiempo se efectúa. El 100% de las casas tenían un servicio gratuito de recolección de residuos que ofrece el municipio. En el 96% de los hogares, el servicio se brinda una vez por semana y en el 4% de los hogares, dos veces por semana. Ver Figura 7.

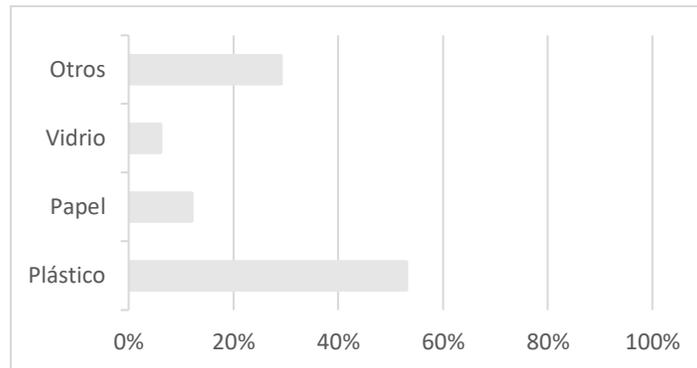
**Figura 7: Frecuencia de recolección de residuos.**



**Fuente: Elaboración propia**

El reactivo 4 investigamos qué tipo de residuos inorgánicos son los más frecuentes en la comunidad rural. Según la Figura 8, el material de desecho inorgánico primario en las casas era plástico, 53%, seguido de papel, 12%, y vidrio con 6%. La mezcla de varios materiales agregó hasta 29%.

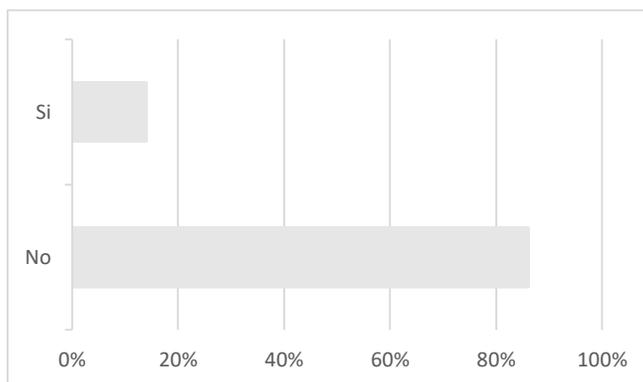
**Figura 8: Residuos sólidos inorgánicos.**



**Fuente: Elaboración propia**

Se les preguntó a los habitantes si separaban los residuos orgánicos e inorgánicos y cuál era el motivo de este; sólo el 14% de los encuestados afirmó separar los desechos orgánicos e inorgánicos. El objetivo principal de la separación es la elaboración de composta. Ver figura 9.

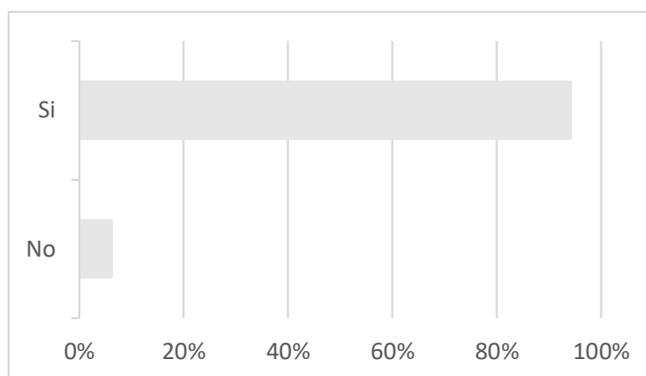
**Figura 9. Separación de la basura orgánica e inorgánica.**



**Fuente: Elaboración propia**

Otro dato de interés fue el conocer si la población está enterada del método de confinamiento utilizado en la comunidad. Noventa y cuatro por ciento de los participantes afirmaron saber que el vertedero era el destino final de los residuos domésticos. Ver Figura 10.

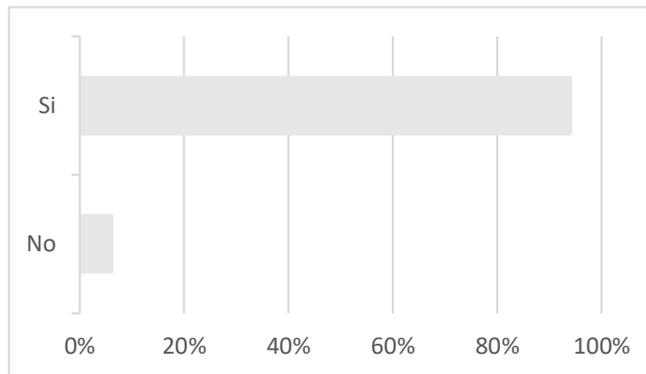
**Ilustración 10 Conocimiento del destino final de los residuos.**



**Fuente: Elaboración propia**

Se le preguntó a la comunidad si tenían conocimiento acerca de otras alternativas de aprovechamiento de los residuos y el noventa y cuatro por ciento de los participantes afirmaron saber sobre el reciclaje de los residuos domésticos. Ver Figura 11.

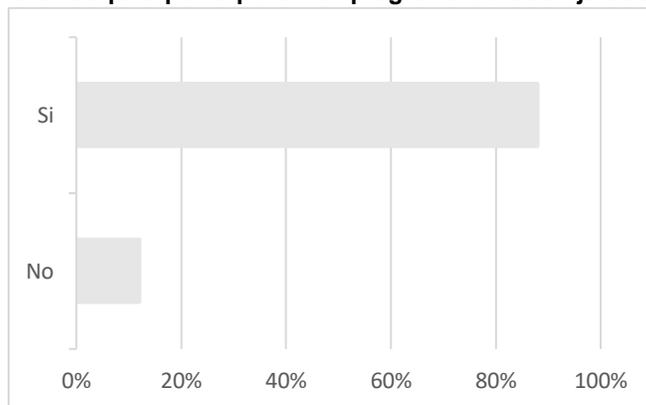
**Figura 11. Conocimiento del reciclaje**



**Fuente: Elaboración propia**

Se les preguntó a los habitantes si estarían dispuestos a participar en algún programa de reciclaje o reutilización; según la Figura 12, el 88% de los encuestados estaban dispuestos a, si el programa es implementado por las autoridades de su municipio.

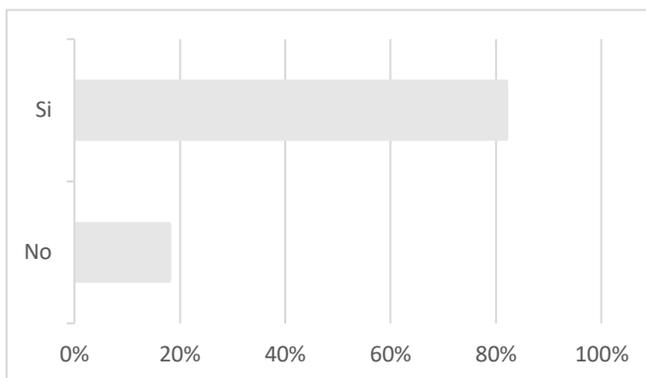
**Figura 12. Voluntad para participar en un programa de reciclaje o de reutilización**



**Fuente: Elaboración propia**

Un punto de sumo interés fue el conocer que tan enterados estaban los encuestados acerca de los posibles problemas a la salud que conllevan las prácticas deficientes de gestión de residuos en los hogares. El ochenta y dos por ciento de los encuestados afirmó que estaba al tanto de algunos problemas de salud relacionados con el mal manejo de los residuos sólidos domiciliarios. Ver Figura 13.

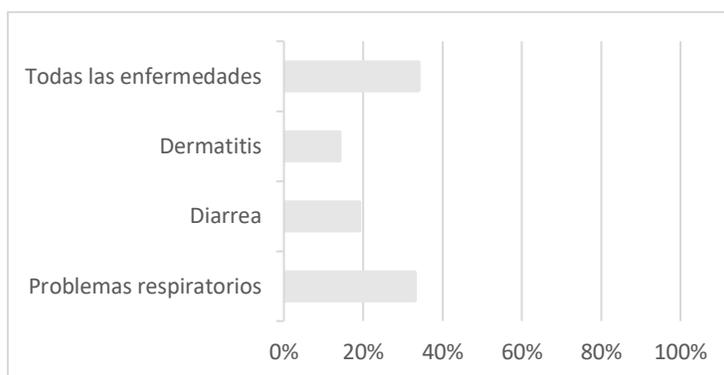
**Figura 12. Consciencia de los posibles daños a la salud.**



Fuente: Elaboración propia

A su vez, según la Figura 14, solo el 34% pensaba que las prácticas deficientes en el manejo de desechos podrían conducir a una combinación de trastornos de salud como dermatitis, diarrea y enfermedades respiratorias. El 57% de los encuestados ya ha experimentado al menos uno de estos trastornos.

**Figura 14. Posibles trastornos de salud.**



Fuente: Elaboración propia

### **6.3 Caracterización del vertedero municipal y disposición de residuos.**

En la última fase de la investigación, se caracterizó el 50% de los residuos depositados en el vertedero de la comunidad. El vertedero municipal es un vertedero abierto que se abrió ocho meses antes de que se realizara la caracterización de los desechos, tiene un área de 1,000 metros cuadrados, 40 metros de largo y 25 metros de ancho. El sistema de recolección consiste en recoger la basura de las casas una vez por semana, actividad realizada por empleados del H. Ayuntamiento de la comunidad, y depositarla en el sitio sin prácticas de gestión de residuos.

No se cuenta con restricciones para ingresar al vertedero; cualquier persona puede arrojar cualquier tipo de basura a la propiedad. Durante la caracterización de los desechos, estaban presentes vacas y burros, así como mascotas, que ingresaban al sitio buscando comida.

La Tabla 6 y la Tabla 7 muestran los porcentajes de residuos orgánicos e inorgánicos pesados en el vertedero. Algunos desechos orgánicos no pudieron ser pesados debido a su etapa de descomposición. El follaje era el material orgánico que pesaba más, seguido de madera y papel o cartón. Los neumáticos usados fueron el material inorgánico que más pesó, seguido por el plástico y las telas.

**Tabla 6: Residuos orgánicos caracterizados en el vertedero.**

Clasificación de residuos orgánicos	Porcentaje (%)	Kilos en ocho meses
Follaje	79	40.8
Papel y cartón	7	3.71
Madera	14	7.32

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 6: Residuos inorgánicos caracterizados en el vertedero.**

Clasificación de residuos inorgánicos	Percentage (%)	Kilos en ocho meses
Plástico	14	11.33
Metales	9	7.22
Vidrio	9	7.27
Neumáticos	58	48.10
Telas	12	9.63

**Fuente: Elaboración propia**

## VII. ANÁLISIS

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que los residuos sólidos domiciliarios que predominaron en la localidad rural fueron desechos orgánicos, principalmente restos de comida. Esta es una característica común en comunidades rurales y urbanas en México, así como en distintos países tanto de América Latina como de Asia y Europa (Taghuipour et al. 2016 y Edjabou et al. 2015).

La caracterización y cuantificación de los residuos permitió conocer a detalle los materiales que se desechan por parte de los habitantes de la comunidad rural. Debido a que no se encontraron residuos sólidos tóxicos en la caracterización realizada, el principal método para reducir la cantidad de desechos generados en la comunidad es la separación desde la fuente; esto es que en cada vivienda se tenga el hábito de depositar la basura orgánica e inorgánica en distintos contenedores, con el fin de obtener un beneficio.

Wei et al. 2017 señalan que el separar los residuos orgánicos por parte de los habitantes de la comunidad, permite la realización de fertilizantes y/o abonos para plantas, tomando en cuenta que las comunidades rurales cuentan con un amplio terreno de vivienda y por lo tanto cuentan con gran variedad de árboles y plantas, esto reduciría considerablemente la cantidad de residuos depositados en el vertedero de la comunidad y proporcionaría un beneficio a los habitantes de la población.

Otra etapa en el sistema de manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la comunidad rural es la recolección; si bien este servicio es proporcionado por las autoridades municipales, no se realiza con un vehículo adecuado para la colecta de basura ni cuenta con un plan estratégico de recolección, dado que los mismos recolectores toman la decisión de que ruta es la ideal para realizar la actividad. Existen programas que utilizan tecnología para detectar la ruta más eficiente, con lo cual se reducen costos, tiempo y emisiones por parte del vehículo, debido a las condiciones de la comunidad rural, la cual es una población pequeña, no es viable la inversión para un programa como éstos (Araiza y José, 2015).

En la etapa de confinamiento, la comunidad cuenta con un vertedero a cielo abierto localizado a 500m aproximadamente de la población, límite mínimo permitido por la NOM-083-SEMARNAT-2003, localizado en territorio propiedad del ejido de la comunidad. En esta área de 1000m<sup>2</sup> se depositan los residuos recolectados por el camión recolector y también residuos que los mismos habitantes de la comunidad deciden tirar por su propia voluntad.

Debido a que es una zona de libre acceso, se encontraron residuos no domiciliarios, como llantas, maderas, follaje y restos de animales en estado de putrefacción. El vertedero, que a su vez cuenta con una profundidad de 3m, no cuenta con una cerca o valla que impida el esparcimiento de residuos y/o la aproximación de fauna doméstica y salvaje, siendo un latente foco de propagación de enfermedades que ponen en riesgo a los habitantes de la comunidad.

Otra actividad recurrente que se lleva a cabo en el área de confinamiento es la quema de la basura, se detectó en la zona distintos puntos de quema, esto con el fin de disminuir el volumen de residuos en el vertedero y así prolongar el tiempo de vida de la obra. Esta actividad es común entre los habitantes de la población que en ocasiones realizan la incineración de residuos desde su domicilio, costumbre que afecta la calidad del aire que se respira en la localidad.

Un fenómeno físico presente en los vertederos a cielo abierto es el proceso de lixiviación, debido a que no cuenta con una capa impermeable como base donde se depositan los residuos, al momento de presentarse precipitaciones en la zona, distintos materiales y sustancias se infiltran en el subsuelo, propagándose por los mantos acuíferos de la región. En el caso del vertedero de la comunidad rural, no se encontraron estudios previos en el archivo del Ayuntamiento Municipal, siendo que la NOM-083-SEMARNAT-2003 en su apartado 6.5 establece que se deben de realizar estudios geotécnicos, topográficos y de generación y composición de los residuos sólidos. Por lo tanto, no se tiene conocimiento de la posible afectación que un proceso de lixiviación presente en esta zona este generando a los habitantes de la comunidad y/o a la flora y fauna de la región.

Con base en los resultados obtenidos y a la información recopilada, existe oportunidad de mejora en todas las etapas del plan de gestión de los residuos sólidos domiciliarios que se desarrolla en la comunidad. El principal punto de mejora es el aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan, aunado a la voluntad de los habitantes por participar en programas de gestión y aprovechamiento de los residuos, permite establecer esto como un área de oportunidad, en donde sí se trabaja en conjunto tanto autoridades municipales como los ciudadanos, se puede lograr un aprovechamiento de los desechos orgánicos en la comunidad.

Si bien la cantidad de residuos generados al día por la comunidad no permite un aprovechamiento económicamente viable como lo es el reciclaje o la generación de energía

eléctrica o calorífica; el utilizar los desechos orgánicos para compostaje es una alternativa viable para obtener un beneficio, ya sea de manera individual por cada vivienda de la localidad o un programa de composta comunitario, que implique la participación de toda la comunidad y de las autoridades municipales.

En cuanto a la etapa de recolección, es preciso evaluar las distintas rutas posibles para determinar la más eficiente, que permita llevar a cabo dicha actividad de manera más ordenada, económica y en un periodo de tiempo menor al estipulado, evaluar si es conveniente el realizar la actividad una vez por semana o si requiere un ajuste en la calendarización; sin dejar de lado que el vehículo con el que se cuenta no es el adecuado para esta actividad, tomando en cuenta que existen unidades especializadas para la recolección de residuos sólidos domiciliarios.

En el área de confinamiento, dadas las condiciones del lugar donde está ubicado, es conveniente realizar los estudios requeridos por la NOM-083-SEMARNAT-2003, con esto, se podrá determinar si el vertedero está ubicado en una zona de bajo riesgo ambiental. Es indispensable el implementar una estructura que delimite la zona y que a su vez impida la propagación de los residuos a zonas aledañas, así como el ingreso de fauna doméstica y salvaje que pueda contraer enfermedades debido a los residuos depositados en el vertedero.

Un punto negativo por considerar es ciertas actividades realizadas por la ciudadanía que impactan en el medio ambiente, una de ellas es la quema de basura, actividad que puede generar impactos negativos en la salud de los habitantes. De igual manera el depositar los residuos fuera del vertedero por parte de los habitantes de la comunidad afecta directamente a la fauna de la región, así como la posible lixiviación a corrientes acuíferas. Es primordial erradicar estas actividades y crear una cultura de conciencia y cuidado con el manejo de los residuos sólidos domiciliarios.

Para ello se diseñó un programa de manejo de residuos sólidos domiciliarios presentado a continuación:

<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Plazo</b>	<b>Responsable</b>	<b>Indicador</b>
<b>Programa de educación ambiental</b>				
Actividad 1. Realizar jornadas de educación y sensibilización ambiental.				
1.-Generar conocimiento sobre un adecuado manejo de los RSD.	Tener un alcance mínimo del 80 % de la población.	4 semanas.	Monitor ambiental.	Porcentaje de asistencia en las jornadas.
<b>Programa de compostaje</b>				
Actividad 2. Fomentar la separación de residuos.				
2.- Aumentar la tasa de separación de residuos.	Aumentar el porcentaje de desvío de RSD a disposición final en un 50%.	8 semanas.	Monitor ambiental.	Kg de residuos sólidos orgánicos generados en dos meses por vivienda.
Actividad 3. Crear un sistema de composta.				
3.- Disminuir la cantidad de residuos orgánicos a disposición final.	Aumentar en un 80% el porcentaje de desvío de RSD a disposición final.	8 semanas.	Monitor ambiental.	Kg de res residuos sólidos orgánicos generados en dos meses por vivienda.

**Programa de seguimiento**

Actividad 4. Control de asistencia.

4.- Aumentar la participación de la comunidad en el programa de educación ambiental.	Participación de un mayor porcentaje de la comunidad con respecto a las 4 semanas anteriores.	4 semanas.	Monitor ambiental.	Porcentaje de aumento participativo de asistentes a las jornadas.
--	---	------------	--------------------	---

Actividad 5. Realizar toma de muestras.

5.- Aumentar la representatividad a través del tamaño muestral.	Aumentar la participación de la comunidad con respecto al periodo anterior.	8 semanas.	Monitor ambiental.	Porcentaje de aumento participativo de la toma de muestras.
---	---	------------	--------------------	---

## VIII. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través de los muestreos realizados demostraron que la comunidad rural de Opodepe, Sonora no cuenta con un sistema sustentable de gestión de los residuos sólidos domiciliarios, ya que se encontraron deficiencias en cada una de las etapas del sistema de gestión. Esto permite la posibilidad de establecer mejoras en el sistema, principalmente en la primera etapa, la etapa de separación en la fuente.

Debido a que el principal desecho generado en la comunidad es de origen orgánico, principalmente restos de alimentos (92%), la opción más viable es la generación de composta por parte de los habitantes de la comunidad rural. Dado a las bajas cantidades de residuos generados en esta comunidad, otros métodos de beneficio como la generación de energía y/o biogás quedan descartados como alternativas.

Para aprovechar este tipo de residuo como beneficio para la comunidad, se desarrolló un plan de composta, el cual consiste primeramente en la capacitación de los habitantes de la población de Opodepe, Sonora, con el fin de proporcionar los conocimientos básicos de este método de aprovechamiento, así como el manejo adecuado de los residuos orgánicos y su posible utilidad en los domicilios de cada uno de ellos.

Este plan tiene como finalidad el reducir la cantidad de residuos orgánicos depositados en el vertedero de la comunidad para disminuir los riesgos a la salud que estos generan e involucrar a la mayoría de la población para obtener el máximo aprovechamiento de los residuos y obtener un beneficio sustentable.

A su vez se establecieron recomendaciones puntuales a posibles mejoras en las siguientes etapas del sistema de gestión de los residuos sólidos domiciliarios como lo son el mejorar el plan de recolección y adecuar el vertedero con la infraestructura mínima requerida por la NOM-083-SEMARNAT-2003.

## IX. REFERENCIAS.

- Abd El-Salam, M. M., y I. Abu-Zuid, G. (2015). Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt. *Journal of Advanced Research*, 6(4), 579–586. 6 de febrero de 2014.
- Al-Khatib, I. A., Monou, M., Abu Zahra, A. S. F., Shaheen, H. Q. y Kassinos, D. (2010). Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. A case study: Nablus district – Palestine. *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1131–1138. 29 de junio de 2010.
- Ali, S. M., Pervaiz, A., Afzal, B., Hamid, N. y Yasmin, A. (2014). Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1), 59–65.
- Araiza Aguilar, J. y José Zambrano, M. (2015), "Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio." *Ingeniería*, Vol. 19, núm.2, pp.118-128 (en línea) Disponible en : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467/46750925005> [Consultado: 22 de Agosto de 2020]. ISSN: 1665-529X.
- Arikan, E., Şimşit-Kalender, Z. T. y Vayvay, Ö. (2017). Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, Octubre de 2017.
- Arrechea A., Torres M., Espinosa Lloréns M. y González Díaz O. (2015). Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Agosto de 2015.
- Atencio-Pérez R, Reyes-López J y Guevara-García J (2013). Evaluación de Riesgo Ambiental en un tiradero con quema de basura (en línea) *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (Sup. 3) 107-117, 2013 Disponible en: <<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/43639/39546>> [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2019].
- Aziz, S. Q., Aziz, H. A., Yusoff, M. S., Bashir, M. J. K., y Umar, M. (2010). Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: A comparative study. *Journal of Environmental Management*, 91(12), 2608–2614. 23 de agosto de 2010.
- Bhalla B, Saini M, Jha M. (2013). Effect of Age and Seasonal Variations on Leachate Characteristics of Municipal Solid Waste Landfill (en línea). *International Journal of Research in Engineering and Technology*. Disponible en <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.681.5957&rep=rep1&type=pdf>> [Fecha de consulta: 22 de abril de 2019].
- Banco Mundial (2018) Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes (en línea). Disponible en:<<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>> [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2019].
- Bel G y Warner M (2008). Does privatization of solid waste and water services reduce costs? A review of empirical studies. *Resources, Conservation and Recycling*. Elsevier. 11 de octubre de 2008.
- Bernache Pérez, G, La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente* [en línea] 2015, 1 (marzo-junio): Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455744912004>> ISSN [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2019].
- Bernardes, C., y Günther, W. M. R. (2014). Generation of Domestic Solid Waste in Rural Areas: Case Study of Remote Communities in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, 42(4), 617–62. 2014.
- Boateng, S., Amoako, P., Appiah, D., Poku, A. y Garsonu, E. K. (2016). Comparative Analysis of Households Solid Waste Management in Rural and Urban Ghana. *Journal of Environmental and Public Health*, 15 de septiembre de 2016.

- Broun, R., y Sattler, M. (2016). A comparison of greenhouse gas emissions and potential electricity recovery from conventional and bioreactor landfills. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2664–2673. 20 de octubre de 2015
- Chen, X., Geng, Y., y Fujita, T. (2010). An overview of municipal solid waste management in China. *Waste Management*, 30(4), 716–724. 20 de Noviembre de 2009.
- Clarke, B. O., Anumol, T., Barlaz, M., y Snyder, S. A. (2015). Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants. *Chemosphere*, 127, 269–275. 6 de febrero de 2015.
- Cruz Sotelo, S., Ojeda Benítez, S., (2013) Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental (en línea)*, 29 Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37029665017>> ISSN 0188-4999. [Fecha de consulta: 9 de abril de 2019]
- De Jaeger, S., Eyckmans, J., Rogge, N., y Van Puyenbroeck, T. (2011). Wasteful waste-reducing policies? The impact of waste reduction policy instruments on collection and processing costs of municipal solid waste. *Waste Management*, 31(7), 1429–1440. 22 de marzo de 2011.
- Dhokhikah, Y., Trihadiningrum, Y., y Sunaryo, S. (2015). Community participation in household solid waste reduction in Surabaya, Indonesia. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 153–162. 22 de junio de 2015.
- Diario Oficial de la Federación (2004) Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 (en línea). Disponible en:< <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1306/1/nom-083-semarnat-2003.pdf>> [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2019].
- Edjabou, M. E., Jensen, M. B., Götz, R., Pivnenko, K., Petersen, C., Scheutz, C., & Astrup, T. F. (2015). Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*, 36, 12–23. doi:10.1016/j.wasman.2014.11.009 EPA (2019). Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Regulations (en línea) Disponible en <<https://www.epa.gov/rcra/resource-conservation-and-recovery-act-rcra-regulations#nonhaz>> [Fecha de consulta: 29 de abril de 2019].
- EPA (2016) Leyes y Normas – Reglamentos ambientales (en línea) Disponible en <<https://espanol.epa.gov/espanol/leyes-y-normas-reglamentos-ambientales>> [Fecha de consulta: 29 de abril de 2019].
- Erses Y (2015). Application of life cycle assesment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier. 7 de febrero de 2015.
- Escalona Guerra E (2014) Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vigilancia en salud* 2014;52(2).
- Ghiani G, Laganà D, Manni E, Musmanno R y Vigo D (2014). Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues. *Computers and Operation Research. Waste management*. Elsevier. 27 de octubre de 2013.
- Gran-Castro J. y Bernache-Pérez, G. (2016). Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales. *Sociedad y Ambiente (en línea)*, Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455745080004>> ISSN [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019]
- Gu, B., Wang, H., Chen, Z., Jiang, S., Zhu, W., Liu, M. y Bi, J. (2015). Characterization, quantification and management of household solid waste: A case study in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 98, 67–75. 7 de abril de 2015.
- Han, Z., Liu, Y., Zhong, M., Shi, G., Li, Q., Zeng, D. y Xie, Y. (2018). Influencing factors of domestic waste characteristics in rural areas of developing countries. *Waste Management*, 72, 45–54. 22 de noviembre de 2017.

- Huang, K., Wang, J., Bai, J., y Qiu, H. (2013). Domestic solid waste discharge and its determinants in rural China. *China Agricultural Economic Review*, 5(4), 512–525. 20 de julio de 2012.
- INEGI (2015). Población total (en línea). Disponible en: <<https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>> [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2019]
- INEGI (2014). Número de municipios y delegaciones con servicio de recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos (en línea) Disponible en: <<https://www.inegi.org.mx/temas/residuos/>> [Fecha de consulta: 24 de abril de 2019]
- Jacobsen R, Gellynck X (2013). Cost comparison between private and public collection of residual household waste. Multiple case studies in the Flemish region of Belgium. Elsevier. 23 de Septiembre de 2012.
- Jayawardhana, Y., Kumarathilaka, P., Herath, I., y Vithanage, M. (2016). Municipal Solid Waste Biochar for Prevention of Pollution from Landfill Leachate. *Environmental Materials and Waste*, 117–148.
- Jiménez-Martínez N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* N.º 17, pp. 29-56. 3 de marzo de 2015.
- Liu A, Ren F, Lin W y Wang Y (2015). Review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues. *International Journal of Sustainable Built Environment*. Volume 4, Issue 2,165-188. Diciembre de 2015.
- Ma, J., e Hipel, K. (2016). Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review. *Waste Management*, 56, 3–12.
- Mani, S., y Singh, S. (2016). Sustainable Municipal Solid Waste Management in India: A Policy Agenda. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 150–157.
- Martí, V., Jubany, I., Pérez, C., Rubio, X., De Pablo, J., y Giménez, J. (2014). Human Health Risk Assessment of a landfill based on volatile organic compounds emission, immission and soil gas concentration measurements. 4 de Julio 2014
- Martin, J., Koralewska, R., y Wohlleben, A. (2015). Advanced solutions in combustion-based WtE technologies. *Waste Management*, 37, 147–156. 11 de octubre de 2014.
- Melnyk, A., Kuklińska, K., Wolska, L., y Namieśnik, J. (2014). Chemical pollution and toxicity of water samples from stream receiving leachate from controlled municipal solid waste (MSW) landfill. *Environmental Research*, 9 de septiembre de 2014.
- Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B., y Mensah, M. Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste Management*, 46, 15–27. 28 de septiembre de 2015.
- Mian, M.M., Zeng, X., Nasry, A.a.N.B., Sulala M. Z. F. (2017) Municipal solid waste management in China:a comparative analysis. *J Mater Cycles Waste Manag* 19, 1127–1135. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0509-9>
- Mihai, F. C. (2017). Waste collection in rural communities: challenges under EU regulations. A case study of Neamt County, Romania. *Journal of Material Cycles and Waste*. 8 de junio de 2017.
- Mihai, F.-C., e Ingrao, C. (2018). Assessment of biowaste losses through unsound waste management practices in rural areas and the role of home composting. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1631–1638. 27 de octubre de 2016.
- Mishra H., Karmakar S., Kumar R. y Singh J (2016). A Framework for Assessing Uncertainty Associated with Human Health Risks from MSW Landfill Leachate Contamination. *Risk Analysis. An international journal*. 24 de septiembre de 2016.
- Nadal, M., Rovira, J., Díaz-Ferrero, J., Schuhmacher, M., y Domingo, J. L. (2016). Human exposure to environmental pollutants after a tire landfill fire in Spain: Health risks. *Environment International*, 97, 37–44. 17 October 2016.

- Naveen, B. P., Mahapatra, D. M., Sitharam, T. G., Sivapullaiah, P. V., y Ramachandra, T. V. (2017). Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. *Environmental Pollution*, 220, 1–12. 2 de septiembre de 2016.
- Ogwueleka Ch (2009) Municipal solid waste characteristics and management in Nigeria. Department of Civil Engineering, University of Abuja, Abuja, Nigeria. *Iran J. Environ. Health. Sci.* 15 de Julio de 2009.
- Omar, D., Karuppanan, S., y AyuniShafiea, F. (2012). Environmental Health Impact Assessment of a Sanitary Landfill in an Urban Setting. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 146–155. 2 de noviembre de 2012.
- ONU medio ambiente (2017) Aumenta la generación de residuos en América Latina y el Caribe mientras 145.000 toneladas aún se disponen de forma inadecuada cada día (en línea) Disponible en: <<https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>> [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2019].
- Palmiotto, M., Fattore, E., Paiano, V., Celeste, G., Colombo, A., y Davoli, E. (2014). Influence of a municipal solid waste landfill in the surrounding environment: Toxicological risk and odor nuisance effects. *Environment International*, 68, 16–24. 4 de marzo 2014.
- Regadio, M., Ruiz, A. I., Rodríguez-Rastrero, M., y Cuevas, J. (2015). Containment and attenuating layers: An affordable strategy that preserves soil and water from landfill pollution. *Waste Management*, 46, 408–419. 10 de agosto de 2015.
- Ripa M, Florentino G, Vacca V y Ulgiati S (2017). The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA). The case of the municipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy). *Journal of Cleaner Production*. Elsevier. 18 de septiembre de 2016.
- Rodriguez Barba F (2016). México y la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU (en línea) *Chroniques des Amériques* Volume 16, número 1, janvier. Disponible en: <[https://archipel.uqam.ca/9553/1/cda\\_volume\\_16\\_numero\\_1.pdf](https://archipel.uqam.ca/9553/1/cda_volume_16_numero_1.pdf)> [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2019].
- Sáez, A, Urdaneta G., Joheni A. (2014) Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia* [en línea] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>> ISSN 1315-8856: [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2019].
- SEMARNAT a (2019) Visión Nacional hacia una gestión sustentable: cero residuos (en línea) Disponible en: <[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision\\_Nacional\\_Cero\\_Residuos\\_6\\_FEB\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision_Nacional_Cero_Residuos_6_FEB_2019.pdf)> [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2019].
- SEMARNAT b (2019) Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental - Residuos sólidos (en línea) Disponible en: <<https://datos.gob.mx/busca/dataset/indicadores-basicos-del-desempeno-ambiental--residuos-solidos>> [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2019].
- SEMARNAT c (2019) Busca SEMARNAT sinergias para fortalecer la gestión de residuos sólidos urbanos en el país (en línea) Disponible en: <<https://www.gob.mx/semarnat/prensa/busca-semarnat-sinergias-para-fortalecer-la-gestion-de-residuos-solidos-urbanos-en-el-pais>> [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2019].
- SEMARNAT a (2018) Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (en línea) Disponible en: <<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-residuos>> [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2019].
- Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., y Sadiq, R. (2015). Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review. *Waste Management*, 35, 318–328. 6 de octubre de 2014
- Sulé Ortega (2018) América Latina frente a la basura (en línea) Disponible en: <[https://elpais.com/elpais/2018/03/15/planeta\\_futuro/1521126150\\_256751.html](https://elpais.com/elpais/2018/03/15/planeta_futuro/1521126150_256751.html)> [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2019].

- Taghipour, H., Amjad, Z., Aslani, H., Feridoun A., Reza D., (2016). Characterizing and quantifying solid waste of rural communities. *J Mater Cycles Waste Manag* 18, 790–797. <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0365-z>
- Tozlu, A., Özahi, E., y Abuşoğlu, A. (2016). Waste to energy technologies for municipal solid waste management in Gaziantep. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 809–815. 11 de noviembre de 2015.
- Umar, M., Aziz, H. y Yusoff, M. (2010). Trends in the use of Fenton, electro-Fenton and photo-Fenton for the treatment of landfill leachate. *Waste Management*, 30(11), 2113–2121
- Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y., & Shimaoka, T. (2017). *Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review. Resources, Conservation and Recycling*, 122, 51–65. doi:10.1016/j.resconrec.2017.01.024
- Zeng, C., Niu, D., Li, H., Zhou, T., y Zhao, Y. (2016). Public perceptions and economic values of source-separated collection of rural solid waste: A pilot study in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 107, 166–173. 21 de diciembre de 2015.
- Zuberi, M. J. S., y Ali, S. F. (2015). Greenhouse effect reduction by recovering energy from waste landfills in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* . 28 de diciembre de 2014.