



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
COLEGIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Implementación de un centro de acopio
comunitario gratuito de residuos orgánicos en
la ciudad de Puebla**

Tesis

Presentada para obtener el grado de
Licenciatura en
Ingeniería Ambiental

Presenta:

Nadxheli Reyes López

Director externo: **Dr. José Cinco Patrón Ibarra**

Director interno: **Dra. Maribel Castillo Morales**

Asesor: **Dra. Norma Cruz Miranda**

Asesor: **Mtro. Ángel Silveti Loeza**

Puebla, Pue.

Septiembre, 2022

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y al Colegio de Ingeniería Química por mi formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Química quienes compartieron de sus conocimientos y experiencias.

Al director de tesis Dr. José Cinco Patrón Ibarra por compartir sus conocimientos, experiencia, tiempo y valores que me permiten crecer como profesionista.

A la Dra. Maribel Castillo Morales por asesorarme y compartirme sus experiencias.

A los usuarios del centro de acopio comunitario de residuos orgánicos por brindarme su ejemplo como ciudadanos comprometidos con el cuidado del medio ambiente.

DEDICATORIA

A mis padres Karina y Gustavo por brindarme su amor y haberme inculcado los valores que hoy en día me rigen, gracias por apoyarme en todas mis decisiones, mis logros son gracias a ustedes.

A mi hermana Ana Cecilia, por estar para mí y animarme en todo momento.

A mis abuelos Judith y Gustavo, por todo su amor y por ser un apoyo y parte fundamental en mi vida y educación.

A mis amigas Paola y Valeria por brindarme su amistad y compañerismo a lo largo de la universidad.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos particulares.....	5
1.4. Hipótesis	6
1.5. Marco teórico	7
1.5.1. Residuos Sólidos Urbanos.	7
1.5.1.1. Situación de los RSU en México.....	7
1.5.1.2. Situación de los RSU en el estado de Puebla.....	8
1.5.1.3. Situación de los RSU en el municipio de Puebla.	9
1.5.1.4. Disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU).	10
1.5.1.4.1. Rellenos sanitarios y tiraderos de cielo abierto.....	11
1.5.1.5. Contaminación ambiental debido a los RSU.....	11
1.5.2. Residuos orgánicos.....	12

	Página
1.5.2.1. Aprovechamiento de los residuos orgánicos.....	13
1.5.2.1.1. Compostaje.	14
1.5.2.1.2. Lombricompostaje.....	14
1.5.2.1.3. Biodigestión.....	15
1.5.3. Gestión Integral de Residuos.	16
1.5.3.1. Separación de los residuos en origen.....	16
1.5.3.2. Programas para el aprovechamiento de residuos orgánicos.	18
1.5.4. Estudio de generación de residuos sólidos urbanos.....	19
1.5.5 Centro de acopio de residuos reciclables.	19
1.5.5.1. Centros de acopio de residuos orgánicos.	22
1.5.5.1.1. Marco legal para la implementación del Centro de Acopio Gratuito de Residuos Orgánicos.	26
1.5.6. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).	27
1.5.6.1. Impacto de los ODS en la implementación de un Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.	27
2. MATERIALES Y MÉTODOS	30
2.1. Área de estudio.	30
2.2. Tipo de metodología usada durante la presente investigación.	31
2.3. Metodología para realizar el estudio de generación de residuos sólidos urbanos.....	32
2.4. Metodología para establecer las condiciones físicas y de ubicación para la implementación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.....	33
2.4.1. Requerimientos físicos para el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.....	33

	Página
2.4.2. Factores para determinar la ubicación de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.	34
2.5. Logística y reglas de operación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.	35
2.6. Estrategias de educación ambiental y difusión de las reglas de operatividad.	35
2.7. Impacto social de la implementación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.	35
2.8. Impacto del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos	36
2.9. Metodología para determinar la viabilidad social y económica de un centro de acopio de residuos orgánicos.	36
2.9.1. Viabilidad social del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.	36
2.9.2. Viabilidad económica del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1. Generación de residuos sólidos urbanos en la zona de estudio.	38
3.2. Condiciones físicas y de ubicación para la implementación del Centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.	41
3.2.1. Requerimientos físicos para el centro de acopio comunitario.	41
3.2.2. Ubicación de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.	44
3.3. Logística y reglas de operación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.	47
3.4. Estrategias de educación ambiental y difusión de las reglas de operatividad.	50
3.5. Impacto social de la implementación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.....	53

	Página
3.6. Impacto del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos	56
3.7. Viabilidad Social del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.	63
3.8. Viabilidad económica del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.	66
4. CONCLUSIONES	72
5. RECOMENDACIONES	73
6. BIBLIOGRAFÍA	74
7. ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Composición porcentual de la generación de residuos orgánicos en México.....	13
Tabla 2. Promedio de materiales reciclables recibidos diariamente en los centros de acopio.....	21
Tabla 3. Comparativa de los centros de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México.....	24
Tabla 4. Generación <i>per cápita</i> de los subproductos generados en zona habitacional en Puebla.....	40
Tabla 5. Estimado de contenedores para el almacenamiento de los residuos orgánicos a partir del cálculo de la densidad.....	41
Tabla 6. Promedio y estimación de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio comunitario de residuos orgánicos en Puebla, México.....	66
Tabla 7. Productos generados a partir de la transformación de residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México.....	67
Tabla 8. Utilidad anual generada de la venta de productos orgánicos derivados de la transformación de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio.....	68
Tabla 9. Inversión para la operación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.....	69
Tabla 10. Inversión para la operación de la planta de lombricompostaje en Eco Campus Valsequillo de la BUAP.....	69
Tabla 11. Inversión para la operación del centro de acopio de residuos orgánicos y la planta de lombricompostaje en los 2 primeros años.....	70
Tabla 12. Proyección de la recuperación de la inversión a 5 años de la operación del centro de acopio y planta de lombricompostaje.....	70
Tabla 13. Resultados de la entrevista realizada a los 96 usuarios del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.....	81
Tabla 14. Motivación de los 96 usuarios del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.....	82

Tabla 15. Resumen del acopio de los residuos orgánicos los sábados en el centro de acopio de la ciudad de Puebla..... 82

Tabla 16. Resumen del acopio de los residuos orgánicos los martes en el centro de acopio de la ciudad de Puebla..... 82

Tabla 17. Resumen del acopio de los residuos orgánicos los jueves en el centro de acopio de la ciudad de Puebla..... 82

Tabla 18. Resumen semanal del acopio de los residuos orgánicos en el centro de acopio de la ciudad de Puebla. 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Promedio diario de residuos sólidos urbanos recolectados en el estado de Puebla en el periodo de 2011-2019. Elaboración propia con datos recolectados de INEGI (2020).	8
Figura 2. Promedio diario de residuos sólidos urbanos recolectados en el municipio de Puebla en el periodo de 2011-2019. Elaboración propia con datos recolectados de INEGI (2020).	9
Figura 3. Composición en porcentaje de los RSU domiciliarios en el municipio de Puebla (OOSLMP, 2020).	10
Figura 4. Separación primaria de los RSU en el Distrito Federal. NADF-024-AMBT-2013.	17
Figura 5. Promedio diario de residuos valorizables recolectados en Centros de Acopio en el estado de Puebla. Elaboración propia con datos de INEGI (2012). ..	20
Figura 6. Ubicación de los centros de acopio de residuos orgánicos en Puebla y juntas auxiliares.	23
Figura 7. Ubicación geográfica del estado de Puebla. (INEGI, 2020).	30
Figura 8. Ubicación geográfica del municipio de Puebla. (INEGI, 2020).	30
Figura 9. Ubicación geográfica del Centro de Acopio Comunitario de Residuos Orgánicos en Puebla capital.	31
Figura 10. Porcentaje en peso de los residuos orgánicos e inorgánicos generados en zona habitacional en la ciudad de Puebla.	38
Figura 11. Porcentaje de los subproductos generados en la zona habitacional en la ciudad de Puebla.	39
Figura 12. a) Croquis de la distribución actual del centro de acopio de residuos orgánicos. b) Croquis de propuesta de adecuación del centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México.	43
Figura 13. Zonificación secundaria (uso de suelo mixto-densidad alta) del centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México.	46
Figura 14. Diagrama de flujo de la operación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.	48

Figura 15. Lona informativa del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.	50
Figura 16. Vídeos en YouTube para la difusión de las actividades realizadas en el centro de acopio de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla.	51
Figura 17. Número de usuarios que dejaron sus residuos orgánicos en el centro de acopio comunitario gratuito en Puebla, México durante 12 semanas.	53
Figura 18. Mapa del impacto del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México. Elaboración propia.	55
Figura 19. Residuos orgánicos recepcionados los sábados en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos, en la ciudad de Puebla.	57
Figura 20. Residuos orgánicos recepcionados los martes en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla.	58
Figura 21. Residuos orgánicos recepcionados los jueves en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla.	58
Figura 22. Residuos orgánicos recepcionados de forma semanal en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla.	59
Figura 23. Comparación de la recepción de residuos orgánicos con la predicción anual del centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México.	60
Figura 24. Rango de edades de los usuarios del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.	63
Figura 25. Número de integrantes de familia que conforman el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.	64
Figura 26. Motivos de los usuarios para dejar sus residuos orgánicos en el centro de acopio comunitario gratuito en Puebla, México.	65
Figura 27. Carta Urbana del municipio de Puebla. Gobierno de Puebla (2016)....	82

RESUMEN

En 2020 en México se generaron 120,128 toneladas de residuos sólidos urbanos al día de los cuales el 46.42% representaban a los residuos orgánicos, dichos residuos son llevados a rellenos sanitarios sin ser separados y tratados. Los centros de acopio tienen la finalidad de recepcionar aquellos residuos que tengan potencial para ser aprovechados, para ello, los residuos deben de haber sido separados desde su origen. El objetivo de este trabajo de investigación es implementar y medir el impacto de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla, México con el fin de aprovechar dichos residuos mediante el lombricompostaje.

En esta investigación se realizó la medición de los residuos orgánicos recepcionados en el centro de acopio comunitario gratuito en la ciudad de Puebla, México por un periodo de 3 meses con el fin de determinar el impacto social y ambiental de la implementación y operación de este.

Los resultados demostraron que al centro de acopio recepciona 1.6 toneladas de residuos orgánicos de 175 familias que conforman un total de 700 personas, en un total de 62 colonias de la ciudad de Puebla y sus alrededores. Además, mediante el método de regresión lineal se estimó que en 1 año se reciben 57.6 toneladas de residuos orgánicos urbanos. Los resultados han demostrado que el centro de acopio de residuos orgánicos tiene un impacto positivo en la sociedad lo que permite que pueda ser replicado y expandirse para convertirse en un centro de acopio integral que recepcione residuos reciclables (PET, cartón, aluminio, vidrio, etc).

ABSTRACT

In 2020 in Mexico, 120,128 tons of municipal solid waste (MSW) were generated per day, of which 46.42% represented organic waste, said waste is taken to landfills without being separated and treated. The collection centers have the purpose of receiving those residues that have the potential to be used, for this, the residues must have been separated from their origin. The objective of this research work is to implement and measure the impact of a free community collection center for organic waste in the city of Puebla, Mexico to take advantage of said waste through vermicomposting.

In this investigation, the measurement of organic waste received in the free community collection center in the city of Puebla, Mexico was carried out for a period of 3 months to determine the social and environmental impact of its implementation and operation.

The results showed that the collection center receives 1.6 tons of organic waste from 175 families that make up a total of 700 people, in a total of 62 neighborhoods in the city of Puebla and its surroundings. In addition, using the linear regression method, it was estimated that 57.6 tons of urban organic waste are received in 1 year. The results have shown that the organic waste collection center has a positive impact on society, which allows it to be replicated and expanded to become a comprehensive collection center that receives recyclable waste (PET, cardboard, aluminum, glass, etc.).

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial, el crecimiento demográfico y los cambios en los hábitos de consumo de la población han ocasionado un incremento en la generación de residuos sólidos urbanos (RSU). En el año 2015 la generación de RSU en México alcanzó 53.1 millones de toneladas, de estos, el 52.4% correspondían a los residuos orgánicos. En el país los RSU son dispuestos en rellenos sanitarios, sin embargo, en el 2013 la disposición final en rellenos sanitarios y sitios controlados alcanzó el 74.5% del volumen de RSU generados (SEMARNAT, 2016).

Todo esto, ha originado problemas ambientales como son la liberación de gases de efecto invernadero como dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), así como, la contaminación de los suelos y mantos freáticos por la liberación de lixiviados (SEMARNAT, 2016).

Debido a lo anterior, es necesario que exista una gestión integral de residuos y un aprovechamiento adecuado de los mismos que se refiere al “conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía” (LGPGIR, 2003) lo cual ayuda a generar un menor impacto ambiental, así como a reducir costos destinados a la disposición final de los RSU.

Aunado a ello, es importante fomentar la separación primaria de los residuos desde su origen, ya que, cuando son separados previamente a su recolección es posible aumentar la calidad y cantidad de residuos que pueden ser reciclados y transformados, generalmente, cuando los residuos no son separados desde su origen tienden a estar contaminados, lo cual reduce su valor en el mercado y su posible tratamiento de transformación y/o reciclaje (SEMARNAT, 2016).

Por lo anteriormente expuesto, el presente proyecto de investigación pretende dar a conocer la importancia, así como el impacto social y ambiental que tendría la implementación de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Puebla de Zaragoza, capital del estado de Puebla.

Con este trabajo de investigación se busca medir y analizar los impactos sociales y ambientales que surgirían por la implementación de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos, así mismo, se pretende conocer y establecer los requerimientos necesarios para que este tipo de centros de acopio comunitarios gratuitos de residuos orgánicos puedan ser replicado en otras partes de la ciudad, del estado e incluso del país.

1.1. Planteamiento del problema

En México existen instalaciones para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, entre las cuales se encuentran los centros de acopio de materiales reciclables (PET, cartón, vidrio, aluminio, entre otros). Sin embargo, la cantidad de centros de acopio establecidos por instancias gubernamentales en el país es muy reducida, actualmente existen 1,060 centros de acopio en 21 entidades federativas, dentro de las cuales el estado de Puebla cuenta con 5 centros de acopio establecidos por el gobierno (INEGI, 2017).

De acuerdo con SEMARNAT (2020) en el periodo de 2013 a 2018 se destinaron \$13,313,419.00 para la implementación de 10 centros de acopio de residuos reciclables, no obstante, a pesar de que se han destinado recursos del presupuesto federal para apoyar la instalación de los centros de acopio, estos son insuficientes y no cubren las necesidades de la población. Además, actualmente, los centros de acopio no contemplan a los residuos orgánicos como materiales susceptibles de ser separados y aprovechados, aun cuando representan el 46.42% de los residuos generados en el país (SEMARNAT, 2020) y los cuales en su mayoría terminan dispuestos en los rellenos sanitarios reduciendo la vida útil de estos.

Dentro de los principales problemas en la gestión actual de los residuos se encuentran: 1) el creciente aumento en la generación de los residuos; 2) los sitios de disposición final que generalmente no cumplen con las condiciones de construcción y operación que permitan minimizar los impactos ambientales y de salud pública; 3) la exclusión de la ciudadanía respecto a las decisiones del manejo integral de residuos (Buenrostro, 2019); y 4) la escasa separación de origen de los residuos, ya que una vez que son mezclados la posibilidad de aprovecharlos es nula (SEMARNAT, 2020). Por lo anteriormente mencionado, se plantea el siguiente cuestionamiento: ¿es factible la implementación de centros de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla capital?

1.2. Justificación

La importancia del presente trabajo de investigación radica en la generación de conocimiento respecto a la implementación de un centro de acopio de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en la ciudad de Puebla a partir de la determinación del impacto social y ambiental de su operación, así como de la viabilidad social y económica de este. A partir de esto, se pretende establecer las condiciones y requerimientos necesarios para replicar los centros de acopio de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla que faciliten el posterior aprovechamiento de estos residuos.

Con la presente investigación serán beneficiados las instancias municipales y/o gubernamentales que deseen implementar los centros de acopio de residuos orgánicos como parte de un plan de gestión integral que les permita aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios y la sociedad poblana que podrá separar y llevar sus residuos orgánicos al centro de acopio con la certeza de que serán aprovechados al ser transformados en una lombricomposta.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla con el fin de separar y aprovechar dichos residuos de forma apropiada.

1.3.2. Objetivos particulares

1. Realizar un estudio de generación de residuos sólidos urbanos en una zona cercana al centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla.
2. Buscar la ubicación con la infraestructura adecuada para establecer el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.
3. Establecer la logística y reglas de operación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.
4. Proponer las estrategias de educación ambiental y difundir las reglas de operatividad a los usuarios del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.
5. Medir el impacto social de la implementación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.
6. Medir el impacto ambiental de la implementación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.
7. Analizar la viabilidad del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos desde un punto de vista social y económico.

1.4. Hipótesis

1. Es factible social y económicamente la implementación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla.
2. Es viable la asociación con instancias municipales para el establecimiento de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.
3. Es positivo el impacto que tiene el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla.

1.5. Marco teórico

1.5.1. Residuos Sólidos Urbanos.

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2018) los residuos sólidos urbanos (RSU) son los generados en las casas-habitación, y resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.

Hoorweg y Bhada-Tata (2012) mencionan que la generación de RSU a nivel mundial es de aproximadamente 1,300 millones de ton/año y se espera que aumenten a aproximadamente 2,200 millones de ton/año para 2025. Lo que significaría un aumento en la tasa de generación de residuos de 1.2 a 1.42 kg por persona por día en los próximos quince años.

Sin embargo, estas aproximaciones son variables, puesto que las tasas de generación de residuos varían por región, país, ciudades e incluso dentro de las ciudades o zonas dentro de una misma ciudad.

1.5.1.1. Situación de los RSU en México.

De acuerdo con datos del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos de la SEMARNAT (2020), en el país se generan 120,128 ton/día de RSU, es decir, una persona genera alrededor de 0.944 kg de residuos al día, por lo que en un año la generación de residuos sólidos urbanos en el país es de 43,846,720 ton.

Dentro de la composición de los RSU generados en México, el 31.56% de los desechos son susceptibles de aprovechamiento, entre ellos se encuentran el cartón, latas, papel, PET, vidrio, plástico, poliestireno expandido y poliuretano. El 46.42% de los residuos son orgánicos dentro de los cuales se encuentran los residuos alimentarios, residuos de jardinería, fibra vegetal, cuero, huesos y madera; y el 22.03% son otros residuos como

algodón, loza, cerámica, material de construcción, pañales desechables, residuos finos y trapo.

Con respecto al 46.42% de los residuos orgánicos generados en el país, el 33.07% provienen de residuos alimentarios y el 10.84% de jardinería (SEMARNAT, 2020).

1.5.1.2. Situación de los RSU en el estado de Puebla.

En el año 2011 el estado de Puebla generó 3,415.31 ton/día RSU de las cuales más de la mitad (50.7%) eran residuos orgánicos y el 30% correspondía a plásticos, papel, cartón, vidrio, metales, entre otros (CESOP, 2012). Por lo que en ese mismo año la generación diaria de residuos orgánicos era de 1,731.5 toneladas.

Datos recolectados por INEGI muestran el comportamiento de la generación de RSU en el periodo de 2011 a 2019 (Figura 1). En el 2016, la generación y recolección de RSU en el estado aumentó a 4,218 ton/día, convirtiéndose en el 7° estado con mayor generación de residuos en el país. Sin embargo, para el 2019, se observa una disminución del 5.2% de la generación de RSU.

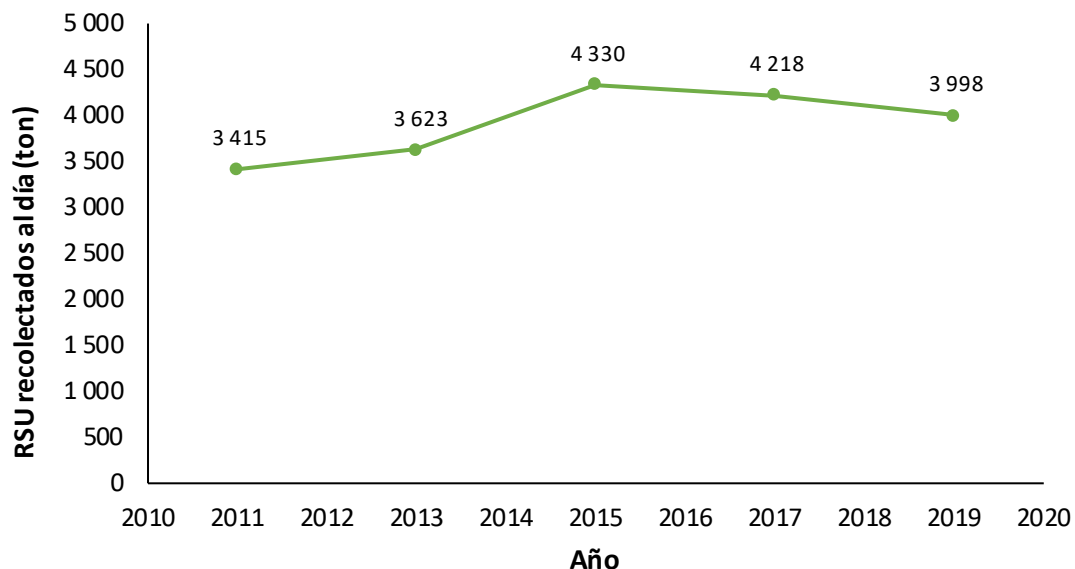


Figura 1. Promedio diario de residuos sólidos urbanos recolectados en el estado de Puebla en el periodo de 2011-2019. Elaboración propia con datos recolectados de INEGI (2020).

1.5.1.3. Situación de los RSU en el municipio de Puebla.

El comportamiento en la generación de RSU en el municipio de Puebla se muestra en la figura 2, en donde se observa que en el año 2012 la generación de RSU era de 1,330 ton/día, por otra parte, en los años 2015 y 2017 fue de 1700 ton/día. No obstante, para el año 2019 existe una disminución del 15% en la generación de RSU.

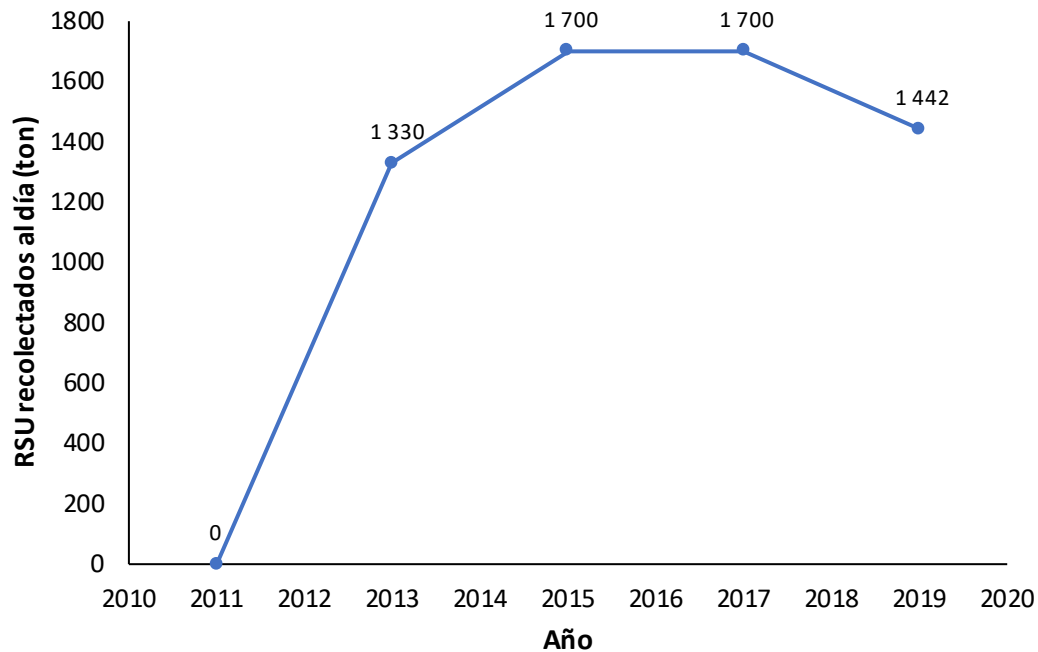


Figura 2. Promedio diario de residuos sólidos urbanos recolectados en el municipio de Puebla en el periodo de 2011-2019. Elaboración propia con datos recolectados de INEGI (2020).

Por otra parte, en 2019 se llevó a cabo un estudio de composición, cuantificación de subproductos y determinación del peso volumétrico de los residuos de disposición final, realizado en el relleno sanitario de Chiltepeque con base en las normas mexicanas NMX-AA-15-1985, NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985 (OOSLMP, 2020). Los resultados del estudio demostraron que el 40% de los residuos recepcionados en el relleno sanitario corresponde a los orgánicos (Figura 3).

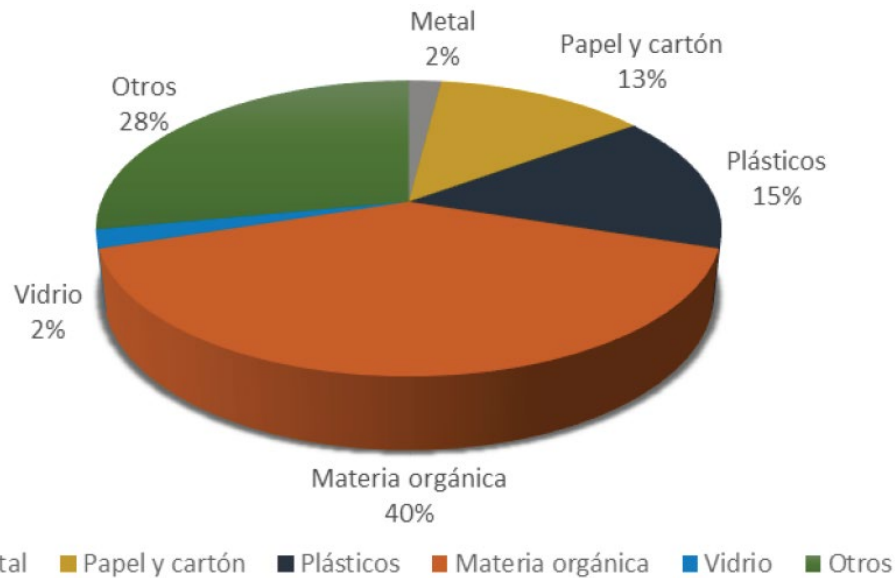


Figura 3. Composición en porcentaje de los RSU domiciliarios en el municipio de Puebla (OOSLMP, 2020).

1.5.1.4. Disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU).

La explosión demográfica, el aumento de actividades industriales y los cambios en los hábitos de consumo de la población han provocado que la generación de RSU crezca, por lo cual es necesario utilizar medidas para la disposición final de los mismos.

De acuerdo con la definición de la LGPGIR (2003) la disposición final de residuos hace referencia a la “acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos”.

Datos del 2017 señalan que en el país existen 2,203 sitios de disposición final, lo que equivale a 86,357.7 toneladas al día de residuos que son ingresados a estos sitios (SEMARNAT, 2020).

En México, se utilizan los rellenos sanitarios como solución para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y los cuales son considerados sitios controlados, sin embargo, también existen sitios no controlados que son conocidos como tiraderos a

cielo abierto, los cuales no cumplen con la normatividad y representan un riesgo a la salud humana y al medio ambiente.

1.5.1.4.1. Rellenos sanitarios y tiraderos de cielo abierto.

Un relleno sanitario consiste en una excavación en el suelo, donde se colocan capas de residuos compactados, el suelo se debe encontrar previamente cubierto con un revestimiento impermeable que reduce las infiltraciones de contaminantes al suelo y mantos acuíferos (Ullca, 2006).

Esta tecnología es de las más adecuadas para disponer de los RSU, sin embargo, en México, el 87% de los tiraderos de basura son a cielo abierto y sólo 13% son rellenos sanitarios, según datos del INEGI (SEMARNAT, 2019).

Los tiraderos a cielo abierto son un problema ya que no cumplen con la NOM-083-SEMARNAT-2003 referente a las especificaciones de protección ambiental para la selección, diseño, construcción, operación y monitoreo de los sitios de disposición final para los RSU y residuos de manejo especial (RME). Esto, provoca que existan problemas sanitarios y ambientales graves en el país.

La falta de infraestructura para rellenos sanitarios, aunado al colapso de estos, ha creado una crisis en el tema de residuos, por lo que se hace necesario llevar a cabo prácticas de separación y aprovechamiento de los residuos, con el fin de evitar que se generen problemas ambientales y de salud para la población.

1.5.1.5 Contaminación ambiental debido a los RSU.

La inadecuada gestión y disposición final de los RSU ha generado problemas ambientales, puesto que no se hacen los tratamientos adecuados a los residuos.

Entre los principales problemas ambientales se encuentran SEMARNAT (2016):

a) Generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI):

Los sitios de disposición final de RSU son una fuente de biogases o gases de efecto invernadero (GEI). Los que se producen en mayor cantidad son principalmente el

metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂), en menor proporción se libera nitrógeno (N₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂) y en cantidades trazas, monóxido de carbono (CO), amoníaco (CH₃) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

Los residuos orgánicos tienen un papel importante en la generación de GEI, puesto que al comenzar con su proceso de descomposición comienzan a liberar gases, principalmente, metano (CH₄). Todo esto contribuye al aumento de la temperatura media global, pero también, se convierte en una fuente de olores desagradables y en una fuente de enfermedades.

b) Contaminación en suelo y cuerpos de agua.

El suelo donde son depositados los RSU absorbe las sustancias químicas de los productos; los residuos producen lixiviados cuya composición varía de acuerdo con la naturaleza del residuo, sin embargo, en ellas se concentran sustancias químicas y biológicas tóxicas y nocivas para la flora y fauna (Escamirosa *et al.*, 2001).

Estos lixiviados son una fuente de contaminación para los suelos y cuerpos de agua superficiales o subterráneas ya que se infiltran y pueden provocar problemas de toxicidad, acidificación y eutrofización en el agua. Israde *et al.* (1999) realizaron estudios geológicos e hidrológicos con el fin de detectar el impacto de los lixiviados sobre los acuíferos en el vertedero de la ciudad de Morelia, sus estudios mostraron que los lixiviados se filtraban al subsuelo y alcanzaban el acuífero, llevaban consigo una carga de residuos peligrosos y en particular metales pesados como cadmio, plomo, zinc, cromo, níquel y arsénico.

1.5.2. Residuos orgánicos.

Los residuos orgánicos son aquellos de origen vegetal y/o animal y que son susceptibles de ser degradados. Los datos publicados en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos de la SEMARNAT (2020) indican que los residuos orgánicos representan el 46.42% de los residuos generados en el país.

En la tabla 1 se muestra la composición de residuos orgánicos generados en el país, en donde se observa que la mayor composición de residuos orgánicos son los provenientes de los alimentos (33.07%), seguido de los residuos de jardinería (10.84%) por lo cual existe una cantidad importante de material que puede ser posteriormente aprovechado para los residuos provenientes de casas-habitación.

Tabla 1. Composición porcentual de la generación de residuos orgánicos en México.

Subproductos	Porcentaje (%)
Residuos alimentarios	33.07
Residuos de jardinería	10.84
Madera	0.79
Fibra dura vegetal	0.73
Hueso	0.52
Cuero	0.46
Total:	46.42

Fuente: Elaboración propia con información del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT, 2020).

1.5.2.1. Aprovechamiento de los residuos orgánicos.

La mayor composición de los RSU generados en el país, corresponde a los orgánicos, sin embargo, estos no son separados y no reciben un tratamiento por lo que son mezclados con otro tipo de residuos como plásticos y materia fecal, y finalmente son dispuestos a los rellenos sanitarios y a los tiraderos de cielo abierto.

De acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos de la SEMARNAT (2020) se estima que, a nivel nacional se podrían aprovechar alrededor de 56,427 toneladas al día de residuos orgánicos mediante procesos de aprovechamiento

como son el compostaje o lombricompostaje, esto, si existe una adecuada separación de los residuos desde su fuente de origen.

1.5.2.1.1. Compostaje.

El compostaje es un proceso de transformación aeróbica de la materia orgánica (estiércol animal, residuos de alimentos, frutas y jardín) por acción de los microorganismos descomponedores que lo transforman en abono orgánico (FAO, 2013).

Diversos estudios han demostrado que la producción de composta mejora las características del suelo, como son la fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del fósforo, nitrógeno y potasio, fomenta la actividad microbiana, mantiene niveles adecuados de pH para las plantas o cultivos, regula la temperatura del suelo. Todo esto tanto en zonas áridas y semiáridas, así como en suelos pobres en materia orgánica y nutrientes (FAO, 1991; Trueba, 1996; Ruíz, 1996; Nieto, 2002).

Sin embargo, el aprovechamiento de los residuos orgánicos para obtener una composta está limitado por aquellos residuos orgánicos que garanticen su inocuidad siguiendo la normatividad de cada agencia certificadora según sea el caso (FAO, 1991; Nieto, *et al.*, 2002; García, *et al.*, 2010).

1.5.2.1.2. Lombricompostaje.

Otro método para el aprovechamiento de los residuos orgánicos es mediante el lombricompostaje, también conocido como vermicompostaje, el cual, “es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica mediada por la acción combinada de lombrices y microorganismos bajo condiciones aerobias y mesófilas, con el que se obtiene un producto final estabilizado” (Villegas, *et al.*, 2017).

Este producto final, es el humus o lombricomposta, el cual es alto en nutrientes y ayuda en la fertilidad de los suelos por lo que, se convierte en un producto viable para ser comercializable.

Los residuos orgánicos pueden ser sometidos a procesos de lombricompostaje para ser convertidos en mejoradores de suelos, que pueden llegar a ser de 4 a 5 veces más potentes que las compostas convencionales e incluso ser superiores a los fertilizantes químicos para un mejor crecimiento de los cultivos (Sinha, *et al.*, 2010).

En países como Holanda, Inglaterra, Canadá, Estados Unidos., Italia, Filipinas, Tailandia, China, Corea, Japón, Brasil, Francia, Australia, Israel y Rusia, los ayuntamientos y las empresas de compostaje están participando en el negocio del vermicompostaje a gran escala de los RSU, compostando todo tipo de residuos orgánicos a escala comercial y vendiéndolos a los agricultores. Lo anterior, tiene beneficios como son; la disminución de costos por la gestión de los vertederos y las utilidades por la venta de pies de cría de lombrices y de la lombricomposta (Sinha, *et al.*, 2010; Sinha, *et al.*, 2002).

Lo anteriormente expuesto, demuestra que, en México, existe un atraso en cuanto al aprovechamiento de los residuos orgánicos, puesto que se sigue optando por el uso de tecnologías como los rellenos sanitarios sin priorizar la adecuada separación de los residuos.

1.5.2.1.3. Biodigestión.

Un biodigestor es un depósito que permite la fermentación de la materia orgánica de manera anaerobia produciendo biogás y estabilizando la materia procesada biológicamente (Monroy, 1977; López, 2003).

En México, el aprovechamiento de los residuos para la generación de energía eléctrica está iniciando, de acuerdo con el Diagnóstico Básico de SEMARNAT (2020) en México existen 5 plantas de biodigestión ubicadas en los municipios de Xalatlaco (Estado de México), Parícuaro (Michoacán), Comalcalco (Tabasco) y dos en Chiconcuautla (Puebla).

Por otra parte, en 2017, en Milpa Alta, CDMX, se inauguró una planta de biodigestión que pretendía transformar 300,000 toneladas de residuos de nopal, sin embargo, para el 2018, el proyecto fue detenido debido a que el biodigestor se alimentaba con una cantidad menor a la mínima para funcionar (Ortiz, 2018).

Se estima que la razón por la que existen pocas plantas de biodigestión se debe a los altos costos de instalación y mantenimiento, así como la dificultad de procesar a los residuos orgánicos debido a la heterogeneidad de su composición (SEMARNAT, 2020).

1.5.3. Gestión Integral de Residuos.

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (2003), la gestión integral de residuos se define como:

Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

En México, existen instrumentos legales que regulan la gestión integral de los residuos como son la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), programas estatales y municipales de Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como, inventarios en materia de residuos peligrosos (SEMARNAT, 2016).

En materia de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, se ha buscado implementar programas orientadas a la separación de los residuos, con esto, surgen los centros de acopio de residuos.

1.5.3.1. Separación de los residuos en origen.

Para que exista un correcto aprovechamiento y valorización de los residuos, es necesario que se realice una separación de origen.

En el país, el gobierno ha implementado medidas destinadas a la separación de los residuos sólidos urbanos (RSU), para lo que ha sido necesario realizar campañas de educación ambiental y programas destinados a la separación de los residuos.

En la Ciudad de México en el 2010 se comenzó a implementar la separación de residuos en orgánicos e inorgánicos y se realiza una recolección diferenciada, la cual es organizada cada tercer día en varias colonias. Sin embargo, en la actualidad sólo algunas demarcaciones han mantenido un buen nivel de eficiencia, logrando que aproximadamente el 50% de los residuos se separen adecuadamente (SEDEMA, 2013).

Así mismo, la norma ambiental para la Ciudad de México NADF-024-AMBT-2013 establece los criterios y especificaciones bajo los cuales deberá de realizarse la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de residuos de la CDMX. Dentro de esta norma, en la separación primaria los residuos se clasifican en orgánicos e inorgánicos (Figura 4).

Residuos orgánicos	Residuos inorgánicos
Flores	Papel*
Pasto	Cartón*
Hojarasca	Plástico
Restos de comida	Vidrio
Cáscaras de fruta, verdura y hortalizas	Metales
Cascarón de huevo	Ropa y textiles
Restos de café y té	Maderas procesadas*
Filtros de café y té (de papel)	Envases multicapas
Pan	Utensilios de cocina
Tortillas	Residuos sanitarios
Golosinas	Bolsas de frituras
Bagazo de frutas	Calzado
Productos lácteos (sin recipiente)	Hule
Cenizas, viruta de lápiz y aserrín	Gomas
Huesos y productos cárnicos	Celofán
Servilletas de papel usadas	Espejos
Heces de animales	Plumas, plumones, lápices
Desechables degradables (fécula de maíz, caña, etc.)	Poliestireno expandido (Unicel)
	Cerámicos
	Colillas de cigarro
	Chicles

*Para efectos de esta norma estos residuos son incluidos en este grupo para hacer más eficiente su separación y promover su valorización.

Figura 4. Separación primaria de los RSU en el Distrito Federal. NADF-024-AMBT-2013.

Por otra parte, en la ciudad de Puebla, el ayuntamiento ha implementado “puntos verdes” que son instalaciones/contenedores que permiten acopiar los residuos valorizables (PET, tetrapack, papel, etc.) que han sido separados de origen (OOSLMP, 2021).

Los esfuerzos encaminados a reducir la generación de residuos, debe complementarse con la separación de los residuos desde la fuente de origen, su recolección diferenciada y por el aprovechamiento posterior de estos.

1.5.3.2. Programas para el aprovechamiento de residuos orgánicos.

Refiriéndose al marco legal, en México la gestión de los RSU es de competencia municipal. Por lo cual, algunos gobiernos municipales del país han implementado distintos programas para la correcta gestión de los RSU, entre ellos se encuentra el municipio de Teocelo en el estado de Veracruz.

El municipio de Teocelo comenzó su programa de gestión integral de residuos en el año 2001 como una iniciativa del entonces presidente municipal Alejandro May Lovillo, cuyos objetivos al implementar un centro de lombricompostaje, eran reducir los pagos que realizaba el gobierno municipal por la disposición final de los RSU en los rellenos sanitarios, obtener abono de calidad para los productores de la zona, así como llevar a cabo una labor a favor del medio ambiente (Wojtarovksy, *et al.*, 2018).

Con la finalidad de cumplir los objetivos, se llevaron a cabo distintas campañas de educación ambiental con respecto a la separación de origen de los residuos orgánicos para los habitantes de Teocelo (Wojtarovksy, *et al.*, 2018).

El programa estuvo vigente por 4 años desde su inicio, sin embargo, con el cambio en los partidos políticos en la administración municipal de un nuevo partido a la administración municipal, el programa se interrumpió de 2005 a 2007, no obstante, los habitantes de Teocelo siguieron separando sus residuos y exigieron que el programa se restituyera (Wojtarovksy, *et al.*, 2018).

1.5.4. Estudio de generación de residuos sólidos urbanos.

Los estudios de generación y cuantificación de subproductos de los RSU de residuos permiten estimar la cantidad de residuos que se producen en localidades urbanas y rurales, además, permite cuantificar el equipo necesario (camiones recolectores y contenedores) y diseñar obras de ingeniería como los rellenos sanitarios (Bernache *et al.*, 2001; Al-Jarallah y Aleisa, 2014; Araiza *et al.*, 2017).

De acuerdo con Alayón (2020) la caracterización de los residuos sólidos urbanos es una etapa básica e importante dentro de su propia gestión, ya que busca identificar las fuentes, cantidades y variaciones en el tiempo, al igual que la calidad de los productos.

Por otra parte, los estudios de generación y cuantificación de subproductos de los RSU proporcionan herramientas base para la toma de decisiones en los municipios y en las localidades de México (Araiza *et al.*, 2017).

En México, para la realización de los estudios de generación de los RSU y la cuantificación de los subproductos se establece la metodología en las normas mexicanas:

1. NMX-AA-15-1985: Referente al método de cuarteo para la obtención de la muestra de residuos sólidos urbanos.
2. NMX-AA-22-1985: Referente a la cuantificación de productos y subproductos, derivado de la obtención de la muestra; en donde se clasifican y se obtiene el % en peso de los residuos obtenidos

1.5.5. Centro de acopio de residuos reciclables.

De acuerdo con SEMARNAT (2017) los centros de acopio son instalaciones operadas por la administración municipal o delegacional que tienen por objeto captar materiales seleccionados para dar un confinamiento adecuado o canalizarlos a procesos de reciclaje. Por otra parte, el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos de SEMARNAT (2020) señala que:

Un centro de acopio de residuos tiene como finalidad la recepción de residuos con un potencial de aprovechamiento, para ello, los residuos deben haber sido separados en la fuente de origen por los generadores, a quienes se les recibe de forma gratuita o por cambio de materiales, enseres o dinero.

Así mismo, la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla en su artículo 44, establece que “toda actividad tendiente a reunir para la compra y venta de residuos sólidos urbanos y de manejo especial y/o residuos peligrosos en un lugar determinado y apropiado para su posterior reutilización, reciclado, aprovechamiento, tratamiento o disposición final es considerado como acopio...” (2015).

De acuerdo con datos de la INEGI en el 2012 en el estado de Puebla existían 6 municipios que contaban con centros de acopio de residuos valorizables haciendo un total de 38 centros de acopio en todo el estado. En la figura 5 se observa la cantidad promedio diaria de residuos valorizables recibidos en los centros de acopio. Como se observa en la gráfica el PET es el residuo más recibido en los centros de acopio, seguido del papel y cartón.

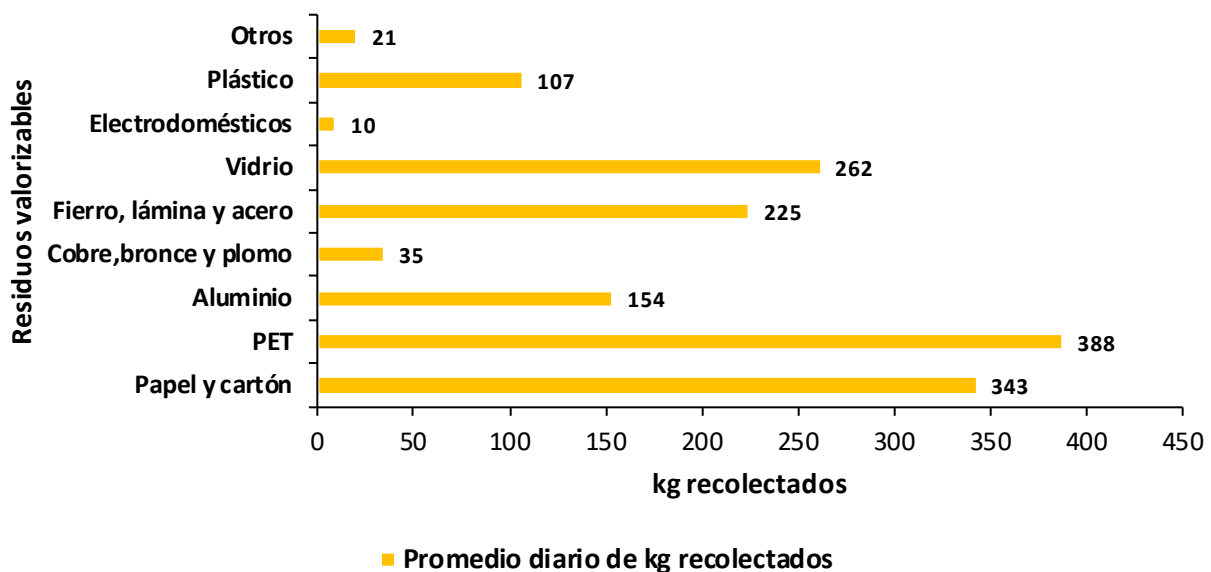


Figura 5. Promedio diario de residuos valorizables recolectados en Centros de Acopio en el estado de Puebla. Elaboración propia con datos de INEGI (2012).

Datos más actualizados obtenidos del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD) del 2017 establecieron que en el país existen 1,060 centros de acopio, pertenecientes al gobierno, de materiales reciclables en 21 estados de la República. Para el estado de Puebla se tiene registro de únicamente 5 centros de acopio de materiales reciclables en los municipios de Chalchicomula de Sesma, Puebla de Zaragoza, Rafael Lara Grajales, Tepetzintla y Yaonáhuac.

Respecto a la cantidad de residuos captados en los centros de acopio (Tabla 2), el CNGMD (2017) reporta lo siguiente:

Tabla 2. Promedio de materiales reciclables recibidos diariamente en los centros de acopio.

Material reciclable	Cantidad promedio recibida en los centros de acopio (kg/día)	Porcentaje
Papel y cartón	10,879	28.30
PET	8,521	22.17
Aluminio	974	2.53
Fierro, lámina, acero	3,827	9.96
Cobre, bronce y plomo	672	1.75
Vidrio	7,094	18.46
Eléctricos y electrónicos	893	2.32
Plásticos	3,940	10.25
Cartón laminado	43	0.11
Otros reciclables	1,593	4.15
Total	38,431	100.00

Fuente: Elaboración propia con información del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT, 2020).

En los últimos años en el país han incrementado la cantidad de centros de acopios de producto valorizables, siendo los más aprovechados el papel, cartón y PET.

1.5.5.1. Centros de acopio de residuos orgánicos.

En materia de residuos orgánicos no se tienen informes del INEGI y SEMARNAT sobre la existencia de centros de acopio para estos. Sin embargo, existen algunas empresas y organizaciones no gubernamentales que se han dedicado a la implementación de centros de acopio y recolección de residuos orgánicos.

En Quito, Ecuador se encuentra el proyecto Allyu quienes se dedican a la gestión de residuos orgánicos mediante 2 modalidades, la primera es mediante un servicio de recolección semanal con una suscripción mensual en el que el personal del proyecto recolecta los residuos orgánicos de los hogares de los usuarios y la segunda modalidad es la operación de un centro de acopio de residuos orgánicos en donde las personas van a dejar sus residuos orgánicos de forma gratuita (Alarcón, 2020). Posteriormente, el tratamiento que se lleva para transformar los residuos orgánicos en abono orgánico es el compostaje.

En Hermosillo, Sonora se encuentra la iniciativa El Compostero HMO quien en colaboración con el Ayuntamiento de Hermosillo en 2020 se implementaron recicla-centros en los cuales la población puede ir a dejar sus residuos orgánicos para que estos posteriormente sean tratados mediante procesos de lombricompostaje (Jaquez, 2020).

Por otra parte, en la ciudad de Puebla, existe la coalición Puebla Sustentable, la cual es una alianza participativa de organizaciones, asociaciones, colectivos y ciudadanos que promueven acciones a favor de la sustentabilidad en la ciudad de Puebla. Este grupo; creó un mapa de puntos de centros de acopio para residuos reciclables, entre ellos, los residuos orgánicos.

En la figura 6, se observa que, en la zona de Acatepec (junta auxiliar de San Andrés Cholula, Pue.), existen 2 puntos de acopio de residuos orgánicos, mientras que en San

En la tabla 3 se muestra una comparativa entre los puntos de acopio de residuos orgánicos en Puebla y sus alrededores.

Tabla 3. Comparativa de los centros de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México.

Centro de Acopio	Ubicación	Costo por recepción	Residuos que reciben	Residuos que no aceptan	Otros servicios que ofrecen
Compostando	Chignahuapan, Texolo, San Francisco Acatepec, 72845 Puebla, Pue.	Gratuito (no incluye lavado de recipiente)	Frutas, verduras, hojarasca, tortilla, pan, café, filtros, servilletas.	Huesos, residuos cárnicos y aceite.	Servicio de recolección (\$200.00 mensualidad)
Kambieco	San Francisco Acatepec, La Candelaria, 72810 San Andrés Cholula, Pue.	Membresía de cobro por recibir y recolectar los residuos orgánicos.	Cáscaras de frutas y verduras, flores, cascarón de huevo, servilletas, pan, tortilla y café.	Cárnicos crudos y huesos y lácteos.	Recolección de residuos orgánicos Inscripción (\$200.00) y mensualidad (\$250.00)
Composta Social	10 Norte 603 72760 San Andrés Cholula, Puebla, México	Gratuito	Cáscaras de frutas y verduras, flores, cascarón de huevo, servilletas, pan, tortilla y café.	Cárnicos y huesos y lácteos.	Recolección de residuos orgánicos (\$185.00 mensual)

Continúa tabla 3...

Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos	Calle 63-A Oriente 229 Puebla, Pue. México	Gratuito	Residuos vegetales, cárnicos (incluyendo huesos), lácteos, comida caduca, servilletas de mesa y cocina, residuos de café y té.	Servilletas con secreciones nasales, materia fecal y animales muertos.	Venta de productos orgánicos (abono orgánico, extracto líquido de lombricomposta, insecticida orgánico, consorcio de bacterias).
Hagamos composta juntos	Sin dirección	Inscripción: \$350.00 Recolección por cubeta: \$70.00	Residuos vegetales, huesos, restos de comida, café, bolsas de té, lácteos, servilletas.	Residuos cárnicos, aceite.	Recolección de residuos orgánicos a domicilio. Entrega de composta por cada 15 cubetas entregadas.

Fuente: Elaboración propia.

1.5.5.1.1. Marco legal para la implementación del Centro de Acopio Gratuito de Residuos Orgánicos.

Dentro del marco normativo para el manejo integral de los RSU en la ciudad de Puebla, se encuentra la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo especial para el Estado de Puebla (2019).

Competente al acopio de los residuos sólidos urbanos, se encuentra el artículo 44 que establece que: Toda actividad tendiente a reunir para la compra y venta residuos sólidos urbanos y de manejo especial...en un lugar determinado y apropiado para su posterior reutilización, reciclado, aprovechamiento, tratamiento o disposición final es considerado como acopio...y deberá contemplar, al menos lo siguiente:

1. La forma de almacenamiento de cada uno de los residuos que se acopien, permitiendo el fácil acceso y limpieza del sitio de acopio.
2. Contar con instalaciones adecuadas para el almacenamiento y manejo de los residuos acopiados.
3. Contar con un registro y control del origen de los residuos acopiado para prevenir problemas de contaminación, y mantener informada a la autoridad competente cuando lo requiera.
4. Contar con las medidas mínimas de seguridad para prevenir accidentes.

En cuanto a la prestación de servicios en materia de residuos el artículo 55 de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo especial para el Estado de Puebla (2019), establece que:

Para realizar las actividades relacionadas con la caracterización, acopio, transferencia, almacenamiento o cualquier otra actividad en preparación de los residuos para su reutilización, reciclado, tratamiento o disposición final..., deberán tener la autorización de la autoridad competente y contar con:

1. Informes acerca del manejo, origen y destino otorgado a los residuos que se traten.
2. Programas de capacitación de los trabajadores involucrados en el manejo de los residuos.
3. En caso de ser necesario, presentar un estudio de impacto ambiental y uso de suelo.

En la ciudad de Puebla la autoridad que otorga los permisos necesarios para el acopio de los residuos de manejo especial, en este caso, para los residuos orgánicos es la Secretaría de Desarrollo Rural (SDR).

1.5.6. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Los objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) son una iniciativa propuesta por la Organización de la Naciones Unidas (ONU) y constan de 17 objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos a los que se enfrenta el planeta.

Surgen en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible celebrada en Río de Janeiro en 2012 y sustituyeron a los Objetivos del Desarrollo del Milenio (PNUD, 2019).

1.5.6.1. Impacto de los ODS en la implementación de un Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.

Dentro de cada uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, existen metas que se esperan cumplir; a continuación, se mencionan los objetivos y metas en los que impacta la implementación y operación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

a) Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

De acuerdo con la ONU (2019) una de las metas establecidas para este objetivo es:

Aumentar...el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover...el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres...

Al implementar un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos, se promueve el desarrollo comunitario con acciones que tienden a ir hacia el desarrollo de ciudades sostenibles, puesto que se realiza la separación de origen de los residuos sólidos urbanos (RSU) entre los que se encuentran los residuos orgánicos y con ello el posterior aprovechamiento de estos.

b) Objetivo 12: Producción y consumo responsables.

Una de las actividades antropogénicas que tienen un mayor impacto ambiental, es la producción de los alimentos, de acuerdo con un informe de la ONU (2020), se estima que cada año un tercio de los alimentos producidos a nivel mundial, termina pudriéndose en los contenedores tanto de los consumidores como con los transportistas.

Otra consecuencia de la producción intensiva de alimentos ha sido la degradación y la pérdida de fertilidad del suelo, en este punto, con la producción de abono orgánico a partir del acopio de los residuos orgánicos es posible impactar en la fertilidad y producción de los campos poblanos.

Además, se cumple con una de las metas del objetivo 12 que es “reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización” (Moran, 2020).

c) Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres.

Dentro de las metas que tiene el objetivo 15 de los ODS se encuentra que para el 2030, se debe luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las

inundaciones, y lograr un mundo con una degradación neutra del suelo (Moran, 2020).

La implementación de centros de acopio de residuos orgánicos se convierte en el paso fundamental para el posterior aprovechamiento y transformación de los residuos orgánicos en productos orgánicos como compostas o lombricompostas que permitan rehabilitar los suelos degradados y mejorar la sanidad de los cultivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio.

El estado de Puebla colinda al norte con los estados de Hidalgo y Veracruz; al este con Veracruz y Oaxaca; al sur con Oaxaca y Guerrero y al oeste con Guerrero, Morelos, México, Tlaxcala e Hidalgo (Figura 7). De acuerdo con INEGI (2020) el estado de Puebla cuenta con una población total de 6,583,278 habitantes.

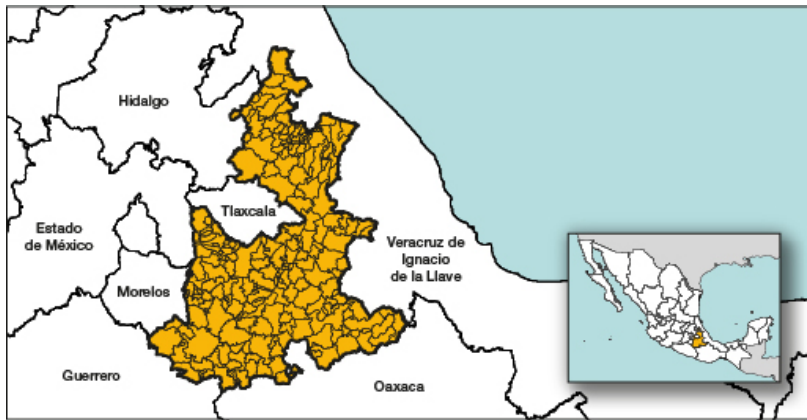


Figura 7. Ubicación geográfica del estado de Puebla. (INEGI, 2020).

El municipio de Puebla de Zaragoza es la capital del estado de Puebla y se encuentra ubicada en la parte centro oeste del estado (Figura 8). Cuenta con una población de 1,692,182 (INEGI, 2020). La generación de RSU en el municipio es de 1700 ton/día (INEGI, 2014).



Figura 8. Ubicación geográfica del municipio de Puebla. (INEGI, 2020).

El Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos se encuentra ubicado en la ciudad de Puebla de Zaragoza en la avenida 63 A Oriente #229 en la colonia Granjas Laguleña (Figura 9), enfrente de la Laguna de San Baltazar Campeche. Sus coordenadas geográficas son: 19°00'20.67" N, 98°12'49'20" O.



Figura 9. Ubicación geográfica del Centro de Acopio Comunitario de Residuos Orgánicos en Puebla capital.

2.2. Tipo de metodología usada durante la presente investigación.

Para la realización del presente trabajo se hizo uso de la investigación mixta, que, de acuerdo con Hernández *et al.*, (2008) los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

La aplicación del método mixto en la presente investigación permitirá entender el impacto y viabilidad social de la implementación de un centro de acopio de residuos orgánicos, así como recabar datos cuantitativos sobre el impacto ambiental y la viabilidad económica.

2.3. Metodología para realizar el estudio de generación de residuos sólidos urbanos.

Se realizó un estudio de generación de residuos sólidos urbanos en un edificio considerando varios departamentos en la ciudad de Puebla, para lo cual se invitó a los residentes para participar en el muestreo por 1 semana de forma voluntaria, contándose con 6 participantes para la realización del estudio.

A cada participante se le entregó 1 bolsa de plástico por cada día de estudio para que ahí depositaran los residuos sólidos urbanos (excluyendo los residuos sanitarios) generados por día. Posteriormente, las bolsas fueron pesadas en una báscula digital (TRUPER modelo BASE-5EP) con aproximación de ± 1.0 g a 5000 g y los resultados fueron registrados.

Además, se realizó la cuantificación y selección de los subproductos de acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-022-1985, para lo cual se utilizaron guantes de látex y cubrebocas y se realizó una clasificación de los distintos residuos generados por participante, de acuerdo con lo establecido en la norma; una vez clasificados, cada tipo de residuo fue colocado en una bolsa y pesado para finalmente obtener su porcentaje en peso con la siguiente ecuación:

$$PS = \frac{G_1}{G} \times 100$$

En donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado.

G_1 = Peso del subproducto considerando (kg), descontando el peso de la bolsa empleada.

G = Peso total de la muestra.

2.4. Metodología para establecer las condiciones físicas y de ubicación para la implementación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.

2.4.1. Requerimientos físicos para el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

Se determinó la cantidad de residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio para lo cual se llevó a cabo por un periodo de 3 meses el pesado de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio durante los 3 días de operación (martes, jueves y sábados), para lo cual se utilizó una báscula mecánica (HUT modelo HBSPL-2556) con capacidad de hasta 130 kg y una báscula digital (Santul modelo 5927) con aproximación de ± 1.0 g a 5000 gramos.

El proceso consistía en recibir las cubetas de diferentes volúmenes con residuos orgánicos de los usuarios y colocarla en la báscula mecánica, se anotaba el peso en una bitácora y posteriormente se vaciaban los residuos en tanques de 200 L para su almacenamiento, una vez vacía la cubeta, esta se pesaba en la báscula digital y se anotaba el peso en la bitácora, finalmente, se realizaba la resta de la tara.

Además, se realizó la medición de la densidad basados en la norma mexicana NMX-AA-19-1985 referente a la determinación del peso volumétrico de los residuos sólidos municipales, para lo cual se realizaron adecuaciones al procedimiento de la norma.

El proceso consistió en pesar las cubetas de 19 L que se encontraran hasta el tope de residuos orgánicos en una báscula mecánica (HUT modelo HBSPL-2556) luego se golpeaba la cubeta 3 veces en el suelo y posteriormente, se vertían los residuos orgánicos en los tanques de 200 L para finalizar con el peso de la cubeta vacía en una báscula digital (Santul modelo 5927) con aproximación de ± 1.0 g a 5000 gramos. El muestreo para determinar el peso volumétrico de los residuos orgánicos se realizó de forma aleatoria en distintos días y se realizó 78 veces.

Para obtener el valor final de la densidad, se obtuvo el promedio de la masa de los residuos orgánicos y se aplicó la fórmula establecida en la norma NMX-AA-19-1985.

$$Pv = \frac{P}{V}$$

En donde:

Pv = Peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m³.

P = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en kg.

V = Volumen del recipiente, en m³.

Lo anterior se realizó con el fin de determinar las características físicas de los equipos necesarios para el centro de acopio tales como: características del vehículo para transportar los residuos orgánicos al centro de transformación y el número de contenedores necesarios para almacenar de forma temporal los residuos orgánicos.

2.4.2. Factores para determinar la ubicación de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

En este punto, se realizó una revisión bibliográfica de la legislación mexicana, en este caso del Código Reglamentario para el Municipio de Puebla (COREMUN), así como de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla con el fin de determinar los criterios de ubicación y/o posibles limitantes para implementar el centro de acopio de residuos orgánicos.

Además, con la carta urbana del municipio de Puebla, es posible determinar las áreas con mayor población y determinar el tipo de suelo específico para la zona en donde se ubique el centro de acopio de residuos orgánicos.

2.5. Logística y reglas de operación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.

Se realizó una investigación bibliográfica de las obligaciones y funciones de un centro de acopio de residuos reciclables y se realizaron las adaptaciones pertinentes para la recepción de los residuos orgánicos.

Además, se establecieron como reglas de operación del centro de acopio aquellos residuos orgánicos que son aceptados y cuáles no lo son, de acuerdo con las características necesarias para el posterior proceso de transformación.

2.6. Estrategias de educación ambiental y difusión de las reglas de operatividad.

Para que el centro de acopio funcione de manera correcta es necesario que los usuarios que llevan sus residuos orgánicos hagan una correcta separación desde el origen, para ello se deben de llevar a cabo actividades tendientes a concientizar y enseñar a la población sobre la correcta separación de sus residuos. Para lo cual se pueden realizar las siguientes actividades:

1. Difusión de información del centro de acopio en medios de comunicación como redes sociales (WhatsApp, Facebook, YouTube).
2. Realizar videos testimoniales de los usuarios del centro de acopio.
3. Realizar videos sobre el proceso de transformación de los residuos orgánicos.
4. Realizar material visual como folletos, carteles y/o infografías con información de la correcta separación de los residuos y reglas de operación del centro de acopio.

2.7. Impacto social de la implementación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.

El impacto social del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos se realizó mediante una encuesta no probabilística a 96 usuarios del centro de acopio en el transcurso de 1 semana, la encuesta realizada se llevó a cabo de

forma personal y contaba con un total de 5 preguntas (tabla 13). Para este punto, 2 de las preguntas tenían la finalidad de conocer la cantidad de personas que llegan al centro de acopio y desde qué zonas de la ciudad los usuarios van a dejar sus residuos.

2.8. Impacto ambiental del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos

Con el fin de medir el impacto ambiental que tiene el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos se realizó el pesaje de residuos orgánicos descrito en el punto 2.4.1. Además, con los resultados obtenidos se realizó una predicción de la cantidad de residuos orgánicos que se generarían en 1 año.

2.9. Metodología para determinar la viabilidad social y económica de un centro de acopio de residuos orgánicos.

2.9.1. Viabilidad social del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

El centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos de la ciudad de Puebla lleva 11 años de operación, anteriormente se encontraba dentro de la preparatoria Licenciado Benito Juárez García de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), sin embargo, en el 2020 el centro de acopio cambió de ubicación.

Con el fin de determinar la viabilidad social del centro de acopio se realizó la encuesta presentada en el punto 2.7. El objetivo de la encuesta era conocer la edad de los participantes, el número de integrantes de familia que generan residuos orgánicos y la motivación de los usuarios para asistir al centro de acopio a dejar sus residuos orgánicos.

Además, durante un periodo de 3 meses se contabilizó el número de personas que asistieron al centro de acopio a dejar residuos orgánicos los días de operación (martes, jueves y sábados) y se obtuvo la media de asistentes por día.

2.9.2. Viabilidad económica del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

El centro de acopio comunitario recepciona los residuos orgánicos de manera gratuita, por lo que la materia prima para su posterior transformación no representa algún costo, sin embargo, existen gastos a considerar como:

- Renta del terreno en donde se ubica el centro de acopio.
- Salario de trabajadores, en este caso, se propone por lo menos 3 trabajadores que operen en el centro de acopio.
- Gasolina para el transporte de los residuos orgánicos al centro de transformación (planta de lombricompostaje).
- Compra de equipo y herramienta (palas).
- Vehículo para el transporte de los residuos orgánicos del centro de acopio al centro de transformación.

Con el fin de restablecer la viabilidad económica del centro de acopio, se realizó una estimación de la producción de lombricomposta y extracto líquido de lombricomposta que se producirían de acuerdo con la cantidad de residuos orgánicos recepcionados en el centro de acopio por lo que, se tomaron los datos de los residuos recepcionados mediante el pesaje realizado en el punto 2.4.1.

Además, de forma adicional se realizó una estimación cualitativa de los costos de operación de la planta de transformación de residuos orgánicos, considerando los gastos de la construcción de camas de lombricompostaje, plásticos, salarios de trabajadores, materiales y herramientas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Generación de residuos sólidos urbanos en la zona de estudio.

Derivado del estudio de generación de residuos sólidos urbanos con una muestra de 6 personas, se obtuvo que el 90% de los residuos generados en las casas de dichas personas corresponde a residuos orgánicos, mientras que el 10% restante a inorgánicos (Figura 10).

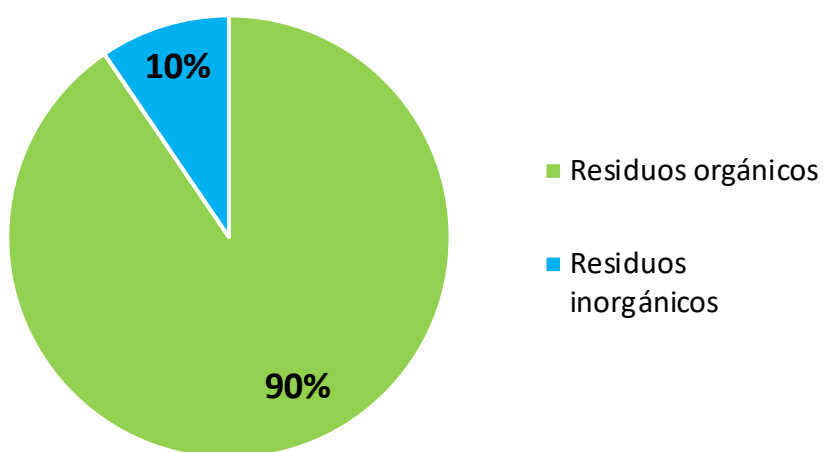


Figura 10. Porcentaje en peso de los residuos orgánicos e inorgánicos generados en 6 departamentos de un edificio en la ciudad de Puebla. Elaboración propia.

De acuerdo con SEMARNAT (2020) la generación promedio de residuos orgánicos en el país es de 46.42%, por otra parte, el Organismo Operador del Servicio de Limpia del Municipio de Puebla (2019) realizó un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos en el sitio de disposición final, en donde se obtuvo un porcentaje de generación de los residuos orgánicos para el municipio del 40% mientras que los residuos inorgánicos representaron el 60%.

Con lo anterior, se observa una diferencia significativa en la generación promedio de los residuos orgánicos del país y municipio de Puebla con respecto a la zona habitacional del muestreo realizado, esto se debe a los hábitos de consumo de los participantes, que en su mayoría jóvenes estudiantes los cuales tienden a llevar a

cabo preparación de alimentos en casa, lo anterior, representa una ventaja para que los residuos orgánicos sean separados y llevados posteriormente al centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla incrementando la calidad de la materia prima que se utilizará en el proceso de lombricompostaje.

Por otra parte, de acuerdo con la caracterización de los subproductos realizada se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 11, donde se tiene que el 90.5% de los residuos son alimenticios, seguido por un 8.2% de residuos de envase de cartón encerado (Tetrapak), así como con un 0.64% de cartón y un 0.19% de plástico de película.

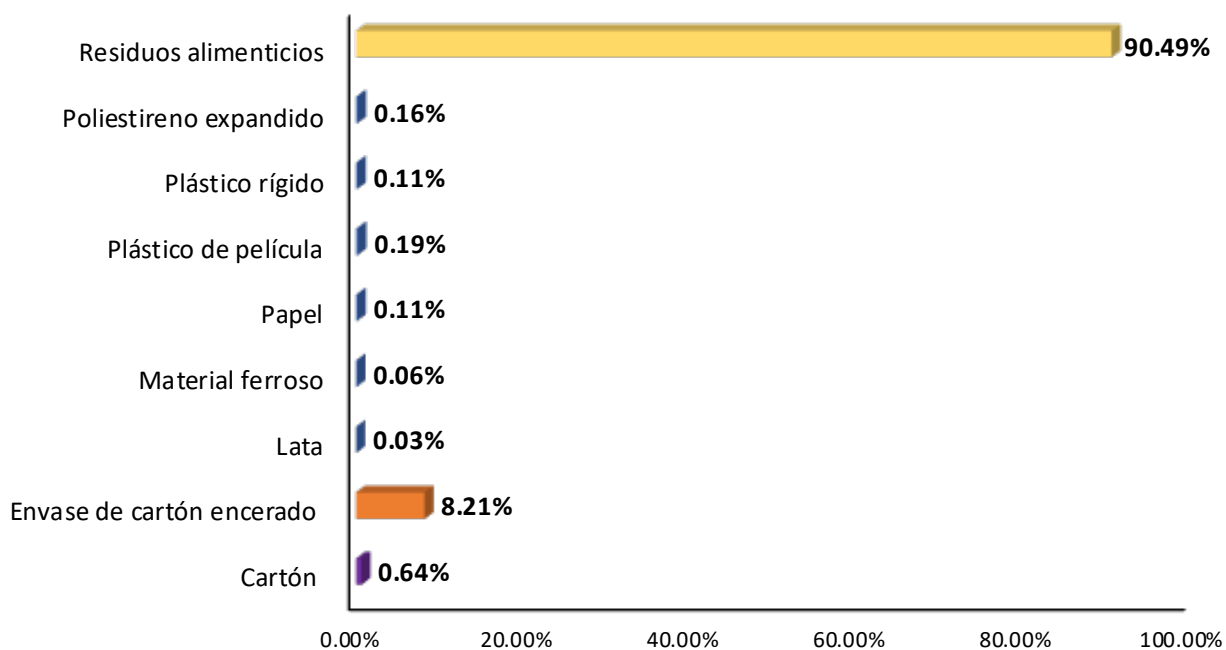


Figura 11. Porcentaje de los subproductos generados en 6 departamentos de un edificio en la ciudad de Puebla. Elaboración propia.

Respecto al estudio de caracterización realizado por el OOSLMP (2019), los subproductos mayormente generados en el municipio de Puebla son: residuos orgánicos (33.6%), residuo fino (11.29%), plástico de película (7.95%) y papel (7.51%).

En ambos casos se observa que dentro de los residuos mayormente generados se encuentran los residuos orgánicos, el plástico de película y el papel.

Por último, derivado del estudio de generación y caracterización de residuos se determinó la generación *per cápita* de los subproductos generados en la zona de estudio en donde se obtuvo que la generación de RSU por habitante por día es de 0.97 kg, de la cual, los residuos alimentarios representan 0.73 kg seguido de 0.20 kg de envase de cartón encerado.

De acuerdo con datos de SEMARNAT (2020), la generación *per cápita* de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en el país es de 0.94 kg por día. Por lo anterior, se observa que en el estudio de generación realizado en la presente investigación existe una generación arriba del 3% en comparación a la media a nivel nacional al igual que un mayor consumo de residuos alimentarios.

Tabla 4. Generación *per cápita* de los subproductos generados en 6 departamentos de un edificio en Puebla. Elaboración propia.

Subproducto	kg/hab/día
Cartón	0.008
Envase de cartón encerado	0.213
Lata	0.005
Material ferroso	0.005
Papel	0.001
Plástico de película	0.002
Plástico rígido	0.002
Poliestireno expandido	0.002
Residuos alimenticios	0.730
Total	0.97

Aunque el centro de acopio no se acota a una zona específica de influencia, el estudio de generación y cuantificación de subproductos se tomó en cuenta como una herramienta metodológica basada en la norma mexicana (NMX-AA-022-1985) para determinar la generación de residuos.

3. 2. Condiciones físicas y de ubicación para la implementación del Centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

3.2.1. Requerimientos físicos para el centro de acopio comunitario.

Los resultados obtenidos mediante el muestreo de la cantidad y peso volumétrico de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio que se detallan en el apartado 3.6., muestran que se genera de forma semanal un promedio de 1.6 toneladas de residuos orgánicos con una densidad de 560 kg/m³ (Tabla 5).

Tabla 5. Estimado de contenedores para el almacenamiento de los residuos orgánicos a partir del cálculo de la densidad. Elaboración propia.

Día de operación	Promedio de residuos orgánicos acopiados	Densidad de los residuos orgánicos	Número estimado de tanques de 200 L
Sábado	919 kg	560 kg/m ³	6 tanques
Martes	466 kg	(0.56 g/cm ³)	3 tanques
Jueves	261 kg		2 tanques

Un estudio realizado por Serna (2019), determinó la densidad de los residuos sólidos orgánicos generados en 54 viviendas de la urbanización El Paraíso, en el municipio de San Andrés de Cuerquia, Colombia, en donde obtuvo una densidad de 467 kg/m³, mientras que la densidad del centro de acopio en Puebla es de 560 kg/m³, en consecuencia, se infiere que la diversidad de residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio de Puebla puede llegar a generar variaciones en su densidad y en consecuencia en la capacidad de almacenamiento.

De acuerdo con la densidad obtenida de los residuos orgánicos del centro de acopio de Puebla se necesitan aproximadamente 6 tanques de 200 L para almacenar de forma temporal los residuos y evitar la filtración de los lixiviados, sin embargo, los sábados que son los días con mayor flujo de personas pueden ocuparse hasta 7 tanques de 200 L.

Por otra parte, actualmente los residuos orgánicos se transportan en una camioneta Toyota modelo Hilux con camper con una capacidad de carga de 1 ton.,

sin embargo, para un mejor transporte de los residuos se sugiere el uso de una camioneta que cuente con redilas y con un cargador hidráulico. Además, se necesitan de herramientas como palas cuadradas para manipular los residuos orgánicos dentro de los tanques de 200 L en caso de ser necesario.

En 2010 SEMARNAT generó una guía titulada “Criterios para la ubicación, operación y cierre de infraestructura ambiental para el acopio, transferencia, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial” que, aunque nunca fue publicada de manera oficial, brinda criterios y recomendaciones para la implementación de un centro de acopio de residuos de manejo especial, dentro de las condiciones físicas necesarias para su operación menciona que es necesario que el centro de acopio cuente con las siguientes instalaciones:

1. Barda perimetral y control de acceso.
2. Área de recepción de los residuos orgánicos.
3. Área de oficinas.
4. Área de almacenamiento de residuos orgánicos en donde se coloquen los contenedores que tendrán los residuos orgánicos y que eviten la infiltración de los lixiviados.
5. Área de estacionamiento para el transporte de los residuos orgánicos.
6. Sanitarios.

Actualmente, el centro de acopio de Puebla cuenta con la infraestructura mínima para su operación: barda perimetral, área de recepción de residuos orgánicos, área de lavado, área de almacenamiento de pasto y hojarasca y estacionamiento.

Sin embargo, al ser un centro de acopio con personal fijo se debe de considerar establecer infraestructura mínima como oficinas y sanitarios, por lo que se propone la siguiente adecuación del centro de acopio (Figura 12).

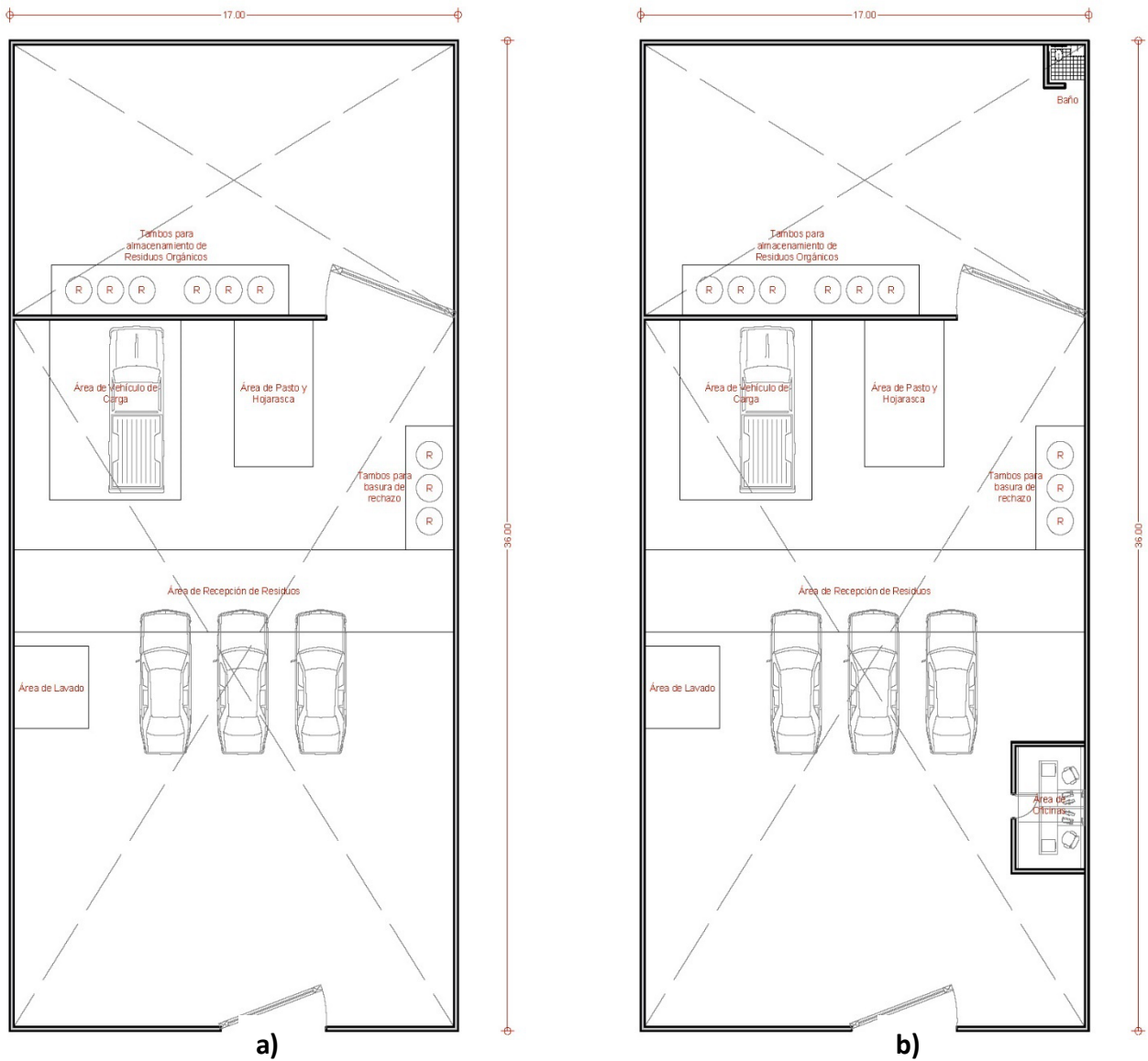


Figura 12. a) Croquis de la distribución actual del centro de acopio de residuos orgánicos. b) Croquis de propuesta de adecuación del centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México. Elaboración propia.

Es importante considerar que los centros de acopio deben de ser espacios de fácil acceso para que la población pueda disponer de sus residuos y para generar conciencia de la importancia de clasificarlos (SIMAR, 2015) además de contar con espacios que se adecuen a las características del residuo a acopiar.

3.2.2. Ubicación de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

Para la implementación de un centro de acopio de residuos de manejo especial es necesario considerar diversos criterios en la ubicación e infraestructura, además, se debe tomar en cuenta los requerimientos legales en materia de autorización, ubicación y funcionamiento del predio, de igual forma, se deben de obtener las autorizaciones en materia ambiental y relativas al registro mercantil y/o industrial vigentes en la ciudad de Puebla.

Con la finalidad de establecer los requerimientos legales de ubicación de un centro de acopio de residuos orgánicos, se analizaron los instrumentos jurídicos tales como la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla, el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla (PMDUSP) y el Código Reglamentario para el Municipio de Puebla (COREMUN).

La Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla en su artículo 44, menciona algunas obligaciones que debe de cumplir el prestador de servicios para el manejo de los residuos en un centro de acopio, no obstante, no especifica las características de ubicación de un centro de acopio.

Así mismo, se analizó la guía no oficial de SEMARNAT (2010) mencionada anteriormente, para considerar recomendaciones de ubicación de un centro de acopio. Dentro de los criterios de ubicación para la implementación de un centro de acopio de residuos se encuentran principalmente:

1. Ubicarse en zonas de bajos riesgos.
2. Ubicarse en zonas libres de inundación.

Además, los centros de acopio deberán considerar las siguientes restricciones en cuanto a su ubicación:

1. La ubicación de los centros de acopio con una superficie de almacenamiento de hasta 100 m² deben acatar los reglamentos oficiales en cuanto al uso del suelo para cualquier establecimiento mercantil.
2. Los centros de acopio con una superficie de almacenamiento mayor a 100 m² y menor a 1,000 m² deberán ubicarse en vialidades que tengan un ancho mínimo de 12 m, y a una distancia mínima de 100 m de escuelas, mercados públicos, hospitales, iglesias, terminales de transporte público y otros sitios de concentración de población.
3. Los centros de acopio con una superficie de almacenamiento mayor a 1,000 m² sólo podrán establecerse en zonas o áreas industriales.

Por otra parte, la tabla de compatibilidad de usos y destinos de suelo del Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla (PMDUSP) del 2016 establece que todo servicio de manejo de residuos debe de estar en las siguientes zonificaciones secundarias:

1. Uso de suelo mixto y densidad baja- comercio, servicios (BCS).
2. Uso mixto industria-comercio-servicio (ICS).
3. Corredor urbano de alto impacto (CUAI).
4. Corredor Urbano de usos mixtos y servicios (CUMS).

De acuerdo con la carta urbana del municipio de Puebla del 2016 (Figura 27), actualmente el centro de acopio se encuentra en una zona con uso de suelo mixto con una zonificación secundaria de densidad alta (Figura 13).

Por lo que, de acuerdo con la tabla de compatibilidad de usos y destinos de suelo del PMDUSP (2016), actualmente el centro de acopio de residuos orgánicos no se encuentra ubicado en la zonificación secundaria que le corresponde (uso de suelo mixto-densidad baja), por lo que es necesario realizar los trámites necesarios y correspondientes para la regularización de ubicación y la operación del centro de acopio.

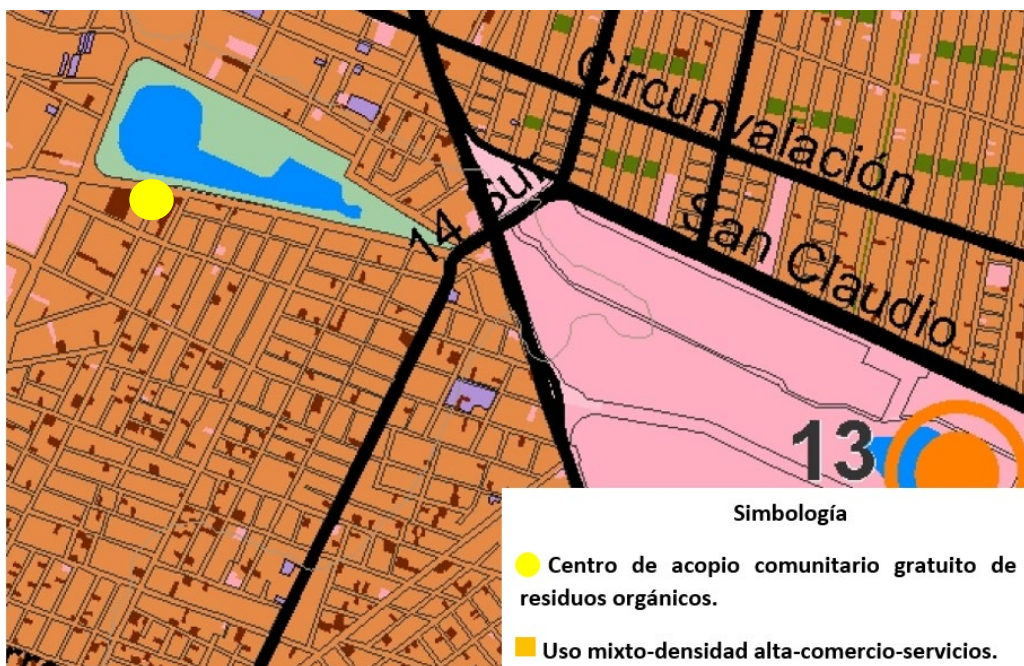


Figura 13. Zonificación secundaria (uso de suelo mixto-densidad alta) del centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México. Gobierno de Puebla (2016).

Sin embargo, de acuerdo con el artículo 781, Capítulo 17, Título II del COREMUN del 2018.

“En zonas de uso de suelo predominantemente habitacional se autorizarán los usos de suelo para giros con venta de bebidas alcohólicas..., salones de fiestas, industria y reciclado, siempre y cuando cuenten con el consentimiento expreso de los vecinos que vivan en un radio de 50 m” (Código Reglamentario para el Municipio de Puebla, Art. 781. (México).

Actualmente, tanto a nivel municipal como estatal, la legislación es ambigua en cuanto a la existencia de criterios específicos para la implementación de un centro de acopio de residuos de manejo especial que sirvan como referencia para establecer las condiciones de ubicación del sitio, los criterios de infraestructura y recomendaciones de su operatividad, por lo que es importante que existan actualizaciones en la normatividad referente a la gestión de los residuos mediante la implementación de centros de acopio específicos para el manejo de residuos orgánicos.

3.3. Logística y reglas de operación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos.

Conforme al artículo 44 de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla (2019) para las actividades de acopio de los RSU y RME se debe de considerar:

1. La forma de almacenamiento de los residuos que se acopien, permitiendo el fácil acceso y limpieza del sitio de acopio, el cual deberá ajustarse a lo establecido en la Ley.
2. Contar con instalaciones adecuadas para el almacenamiento y manejo de los residuos acopiados.
3. Contar con un registro y control del origen de los residuos acopiados para prevenir problemas de contaminación, y mantener informada a la autoridad competente cuando lo requiera.
4. Contar con las medidas mínimas de seguridad para prevenir accidentes, aprobada por la autoridad competente.

De acuerdo con la guía de SEMARNAT (2010) las actividades que se pueden desarrollar en los centros de acopio deben limitarse a:

1. Recepción de los residuos reciclables o aprovechables.
2. Pesaje de los residuos recibidos.
3. En su caso, pago por los residuos recibidos.
4. Clasificación manual de los residuos.
5. Acondicionamiento de los residuos.
6. Almacenaje de los residuos reciclables clasificados.
7. Venta o entrega de los residuos para su reciclaje o aprovechamiento.

Mientras que las actividades que quedan prohibidas en un centro de acopio son (SEMARNAT, 2010):

1. Recibir, acopiar o almacenar residuos peligrosos señalados en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

2. Recibir los residuos una vez que se supere la capacidad de almacenamiento del centro de acopio.
3. Realizar actividades que constituyan un riesgo para el ambiente o que ocasionen daños o molestias a la población.

La figura 14 muestra el diagrama de la operación actual del centro de acopio de residuos orgánicos.

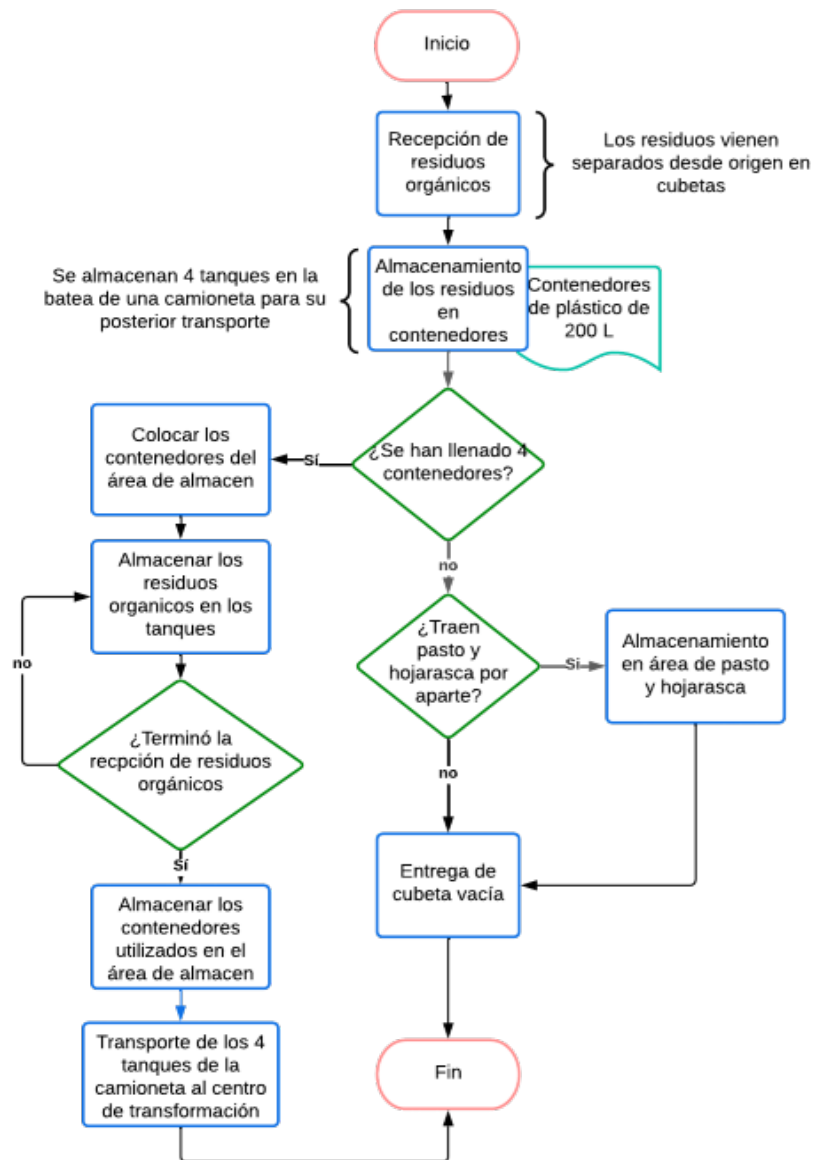


Figura 14. Diagrama de flujo de la operación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México. Elaboración propia.

Dentro de las actividades operativas que se realizan en el centro de acopio de residuos orgánicos de Puebla en comparación con el manual de SEMARNAT (2010) se encuentran: la recepción de los residuos orgánicos y su almacenaje en contenedores de 200 L, así como su almacenaje para su posterior transporte. Es importante mencionar que, debido a que existe una separación de origen de los residuos orgánicos por parte de los usuarios del centro de acopio, no es necesario realizar actividades de clasificación manual de los residuos y tampoco un acondicionamiento especial para almacenar y/o transportar los residuos.

Sin embargo, un punto importante a implementar en el centro de acopio de residuos orgánicos de Puebla es realizar de forma constante o permanente el pesaje de los residuos acopiados con el fin de tener un control de estos, tal como lo determina el artículo 44 de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla (2019).

3.4. Estrategias de educación ambiental y difusión de las reglas de operatividad.

Es importante considerar que el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos de la ciudad de Puebla por 12 años estuvo ubicado en la Preparatoria Benito Juárez de la BUAP, en donde a los alumnos se les capacitó sobre la correcta separación de los residuos y veían el proceso de transformación de estos (mediante el lombricompostaje), así como las reglas de operación del centro de acopio, posteriormente, los alumnos replicaban esta información y prácticas ambientales en sus casas e incluso a otras familias.

Actualmente, se han realizado materiales de difusión de la información para que los usuarios del centro de acopio lo compartan por medio de redes sociales y crezca la comunidad. Dentro de las actividades de difusión de información del centro de acopio de residuos orgánicos se encuentra la elaboración de material visual y audiovisual como lonas informativas (Figura 15), creación de vídeos y difusión por radio.

CENTRO DE ACOPIO COMUNITARIO GRATUITO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA CIUDAD DE PUEBLA

TE INVITA A SEPARAR Y TRAER TUS RESIDUOS ORGÁNICOS Y DEPOSITARLO EN LOS TANQUES AZULES

EL 1, 2, 3 DE COMO SEPARAR LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN CASA.
Guía en 3 sencillos pasos:

1 Separar los residuos orgánicos de la cocina en un pequeño recipiente (cubeta o tetra pack).

2 Depositar esos residuos en una cubeta de 19 litros con tapa y asa.

3 Lleva tu cubeta al Centro de Acopio (Calle 63-A Oriente # 229, frente a la Laguna de San Baltazar)

QUE SI TRAER:

- RESIDUOS VEGETALES.
- RESIDUOS CÁRNICOS (RES, CERDO, PESCADO Y POLLO INCLUYENDO LOS HUESOS).
- RESIDUOS LACTEOS.
- COMIDA CADUCA (SIN ENVASE).
- CASCARONES DE HUEVO.
- SERVILLETAS DE MESA Y COCINA (SIN SECRECIONES NASALES).
- BOLSITAS DE TÉ (SIN LA ETIQUETA DE PAPEL).
- RESIDUOS DE CAFÉ.

QUE NO DEPOSITAR:

- MATERIA FECAL DE PERRO, GATO NI DE HUMANO.
- SERVILLETAS CON SECRECIÓN NASALES.
- ANIMALES MUERTOS: PERROS, GATOS, RATAS, CUCARACHAS, RATONES.

MARTES Y JUEVES CON HORARIO DE 8:00 A 15:00, Y SABADOS DE 8:00 A 13:30 HORAS.

Informes: jose.patron@correo.buap.mx 22 22 54 92 75

Figura 15. Lona informativa del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.

Se realizaron videos con la finalidad de: documentar el testimonio de los usuarios sobresalientes del centro de acopio, conocer su motivación para participar en el proyecto e invitar a la población en general a que conozcan y se unan a la propuesta del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos. Además, se explica el proceso de transformación de los residuos orgánicos con el fin de que los usuarios conozcan lo que sucede con sus residuos orgánicos después de dejarlos en el centro de acopio.

Dicho material fue publicado en YouTube (Figura 16) y difundido mediante un grupo de WhatsApp exclusivo para los usuarios del centro de acopio de residuos orgánicos, en donde se brinda información sobre el centro de acopio y desde el cual se puede compartir la información con gente externa; actualmente, el grupo cuenta con un total de 187 participantes.



Intégrate al Centro de Acopio
Gratuito de Residuos...

522 vistas • hace 1 año

1)

¿Qué pasa después de llevar
mis residuos orgánicos al...

103 vistas • hace 1 año

2)

Figura 16. Vídeos en YouTube para la difusión de las actividades realizadas en el centro de acopio de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla. Se adjuntan los *links* para ver los vídeos:

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=h3WGozfYDqA>
- 2) <https://www.youtube.com/watch?v=uTSu4FAI2Y4>

Como antecedente, el proyecto de aprovechamiento de residuos orgánicos en Teocelo, Veracruz, inició con la capacitación de estudiantes de nivel medio superior, sobre los fundamentos de la separación más básica: orgánicos e inorgánicos. Ellos, a su vez capacitaron a la población de la cabecera municipal

(Wojtarovsky, *et al.*, 2018). En este punto se observa similitud con el proyecto del centro de acopio de residuos orgánicos de Puebla, respecto a las estrategias de educación ambiental, puesto que es con los jóvenes que comienza el proceso de capacitación para la separación de los residuos orgánicos y la posterior difusión de buenas prácticas ambientales.

Velázquez, *et al.*, (2020) consideran que hablar de educación ambiental y de la creación de una cultura de reciclaje va más allá de la educación tradicional en un salón de clases; ya que, deben considerarse propiciar acciones que contribuyan a tomar conciencia real sobre las diferentes alternativas de apoyo a la conservación del medio y su sustentabilidad.

3.5. Impacto social de la implementación del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos

En la figura 17 se muestra el comportamiento del número de usuarios que asistieron al centro de acopio a dejar sus residuos orgánicos los días de operación (martes, jueves y sábados) durante un periodo de 3 meses (etapa de muestreo en la presente investigación), los resultados muestran que los días con mayor participación son los sábados con un promedio de asistencia de 73 personas, seguido de los martes con un promedio de 33 asistentes y por último los jueves participan únicamente 26 usuarios.

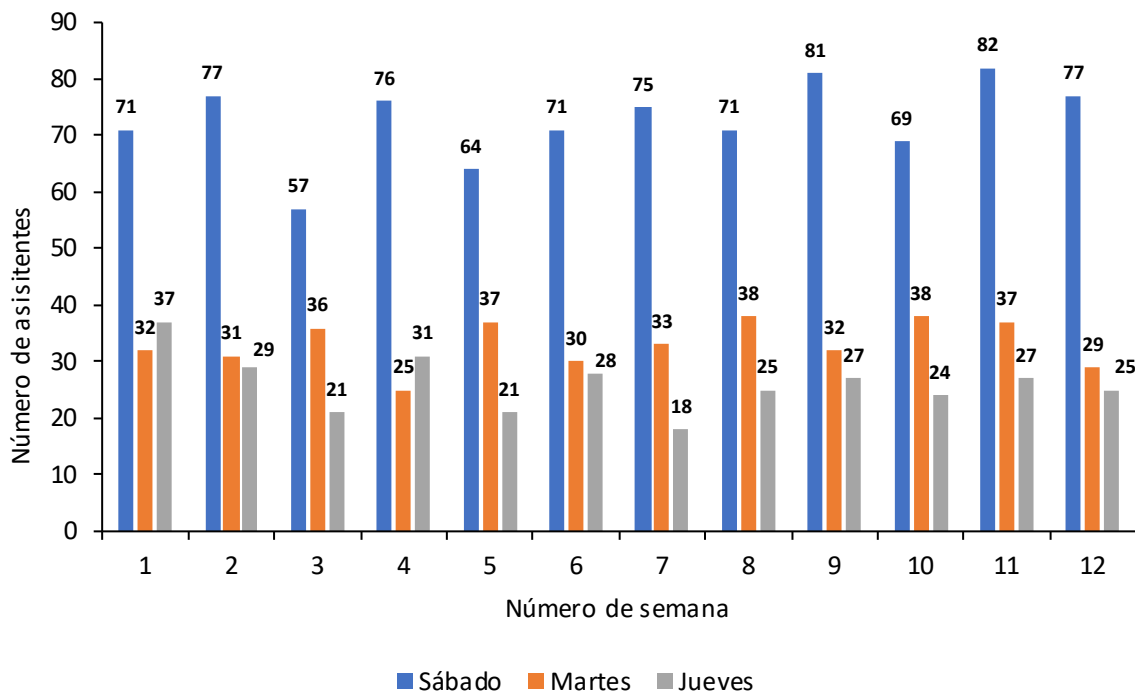


Figura 17. Número de usuarios que dejaron sus residuos orgánicos en el centro de acopio comunitario gratuito en Puebla, México durante 12 semanas. Elaboración propia.

Conforme a los resultados obtenidos, se observa que, en promedio en 1 mes, 132 familias asisten al centro de acopio, lo que representa un impacto de alrededor de 528 personas que conforman el proyecto y que separan sus residuos orgánicos.

Por otro lado, la encuesta realizada en el punto 3.3.1., muestra las colonias de donde provienen los 96 participantes, dichos resultados se ubicaron con el software QGIS para conocer la influencia del centro de acopio en la ciudad de Puebla (Figura 18). Con lo anterior, se ubicaron 61 colonias en donde la mayor cantidad de usuarios provienen de la zona sureste del municipio, principalmente de las colonias de San Baltazar Campeche, San Manuel, Loma Linda y Vista Alegre, sin embargo, existen usuarios que provienen de otros municipios del estado como San Andrés Cholula y Amozoc.

A partir de la entrevista realizada a la C. Enriqueta Diego Castillo (2022) socia de la empresa Compostando, menciona que su servicio de recolección de residuos orgánicos consta de una mensualidad de \$200 y que actualmente cuenta con una participación de alrededor de 100 familias de la ciudad de Puebla. Además, aclara que, aunque cuentan con el acopio gratuito de los residuos orgánicos en su sede ubicada en San Francisco Acatepec en San Andrés Cholula, la participación es casi nula (E. Diego, comunicación personal, 8 de marzo de 2022).

Por otra parte, Violeta Trinidad Rossell, fundadora de la empresa *Composta Social* menciona que su proyecto cuenta con 2 modalidades, el servicio de recolección de residuos orgánicos que consta de una mensualidad de \$185 y que actualmente consta de la participación de 160 familias y por otra parte los centros de acopio de residuos orgánicos, que son completamente gratuitos y se encuentran ubicados en 5 escuelas de San Andrés Cholula, existe una participación de alrededor de 40 familias (V. Trinidad, comunicación personal, 15 de marzo de 2022).

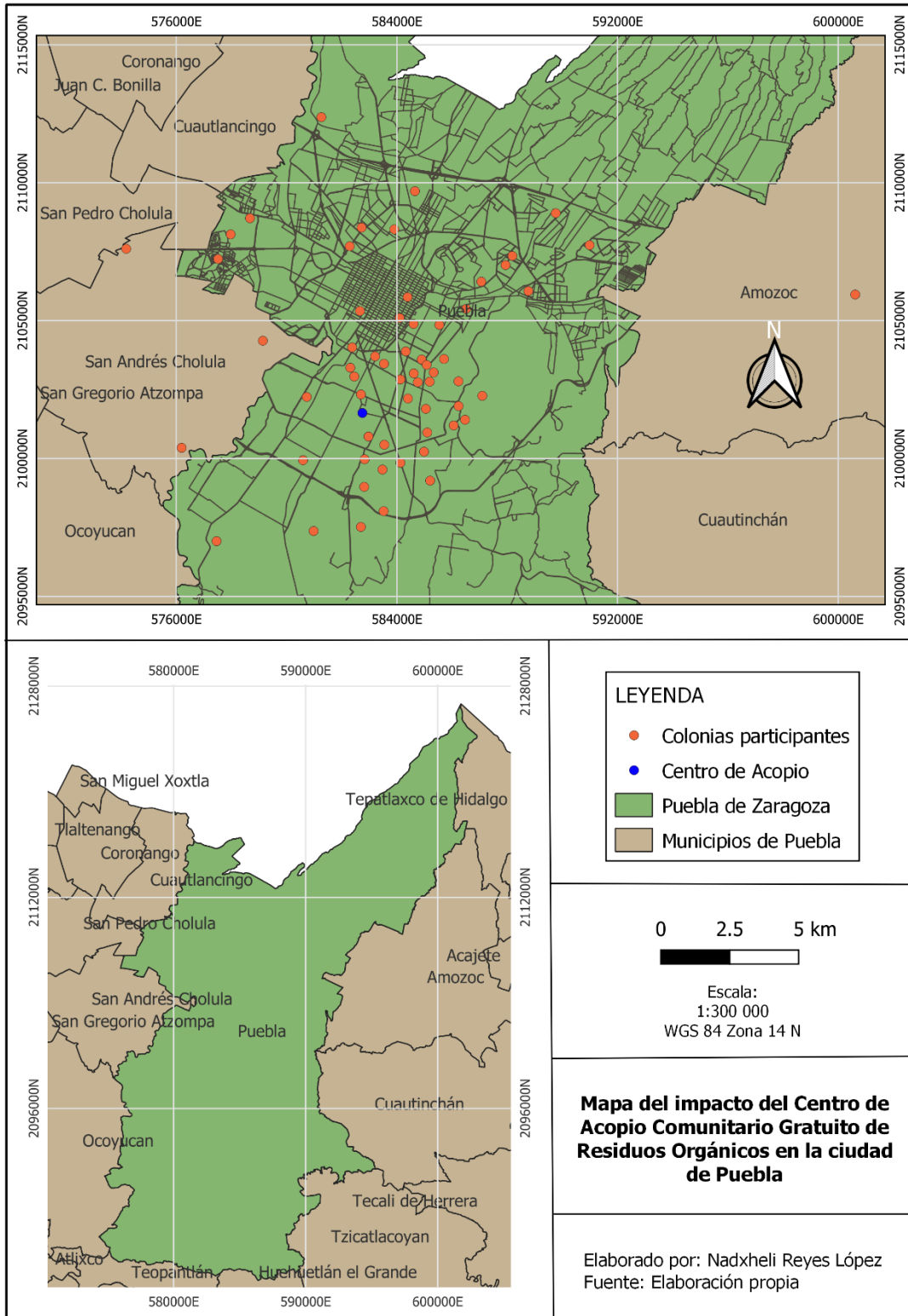


Figura 18. Mapa del impacto del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México. Elaboración propia.

En comparación con las 2 empresas anteriormente mencionadas, la participación social resulta alta en el centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla si se considera que son los mismos usuarios los que deben de llevar sus residuos a las instalaciones, que a diferencia de otros proyectos y/o empresas, no cuenta con un sistema de recolección.

La gratuidad del centro de acopio, así como la experiencia y constancia desde su implementación desde hace 13 años, ha sido un factor de éxito para que la población participe y deje sus residuos orgánicos puesto que persiste una agradable sensación de corresponsabilidad por parte del centro de acopio y de sus usuarios.

3.6. Impacto del Centro de Acopio Comunitario Gratuito de Residuos Orgánicos

Los datos obtenidos a partir del pesaje de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio fueron ingresados en el programa Excel, con el fin de realizar análisis estadísticos y medir el impacto ambiental generado en el centro de acopio.

En la figura 19 se muestra la cantidad de residuos orgánicos recepcionados los sábados en el centro de acopio de Puebla, en donde se observa que en la segunda semana de medición se acopiaron 1.2 toneladas de residuos orgánicos (siendo la cantidad más alta recibida el sábado), a partir de ahí el promedio de residuos recepcionados los sábados fue de 918.8 kg, mientras que la cantidad más baja fue de 700 kg.

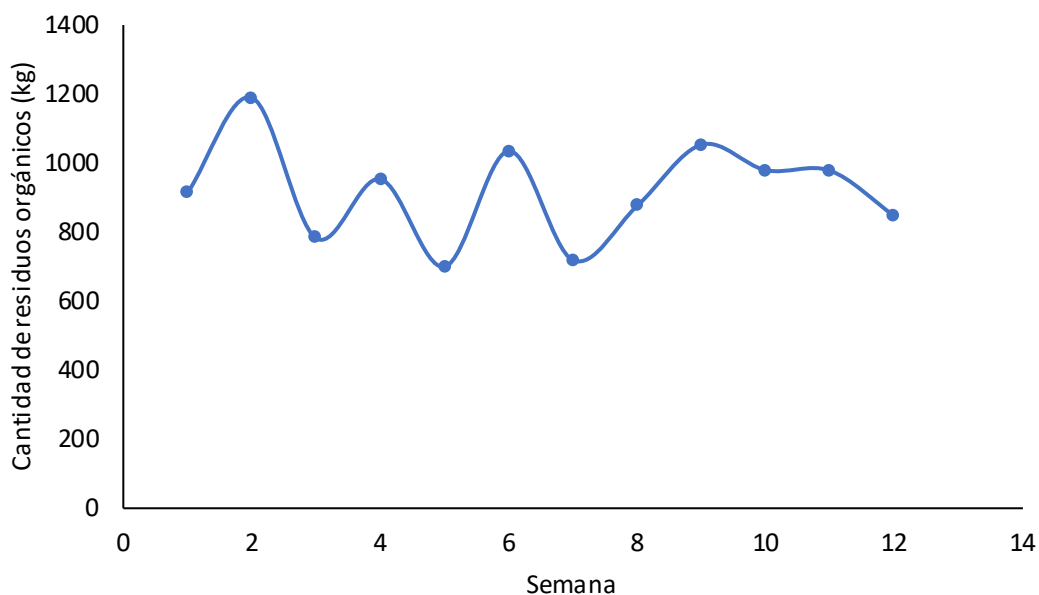


Figura 19. Residuos orgánicos recepcionados los sábados en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos, en la ciudad de Puebla. Elaboración propia.

Por otra parte, la figura 20 muestra la cantidad de residuos orgánicos acopiados los martes, en donde, en promedio se reciben 465.5 kg, además, se observa que la cantidad más alta recepcionada en este día fue de 838.6 kg, mientras que la cantidad más baja fue de 267 kg.

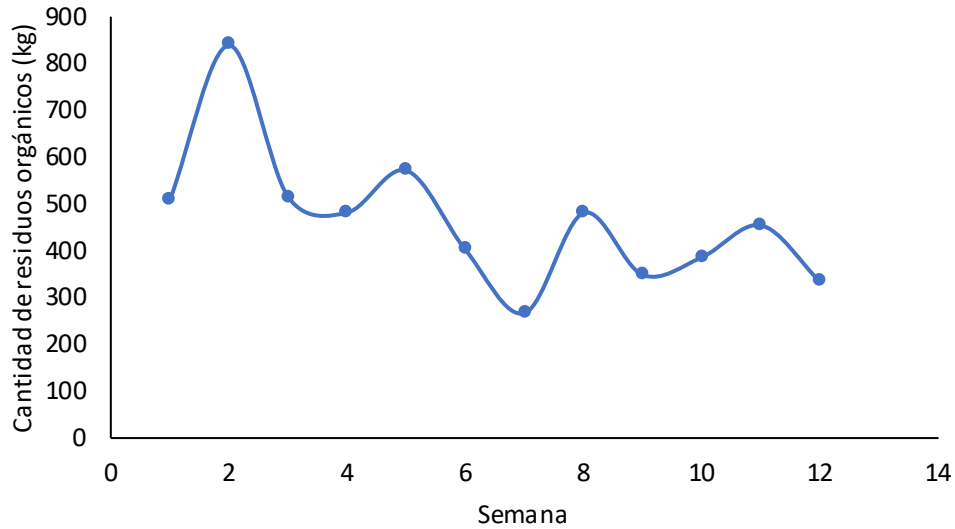


Figura 20. Residuos orgánicos recepcionados los martes en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla. Elaboración propia.

Así mismo en la figura 21 muestra el comportamiento en la recepción de los residuos orgánicos en el centro de acopio los jueves, en donde, 395.6 kg fue la cantidad más alta de residuos recepcionados, mientras que, 158.7 kg, fue la cantidad más baja. Por lo que, en promedio, los jueves se acopian 261 kg de residuos orgánicos en el centro de acopio.

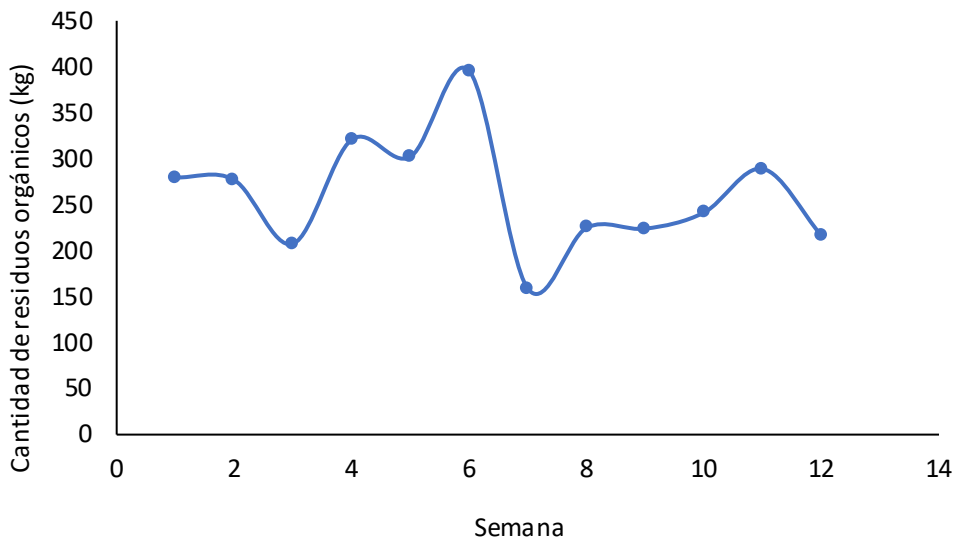


Figura 21. Residuos orgánicos recepcionados los jueves en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla. Elaboración propia.

En la figura 22 se observa el comportamiento en la recepción de residuos orgánicos durante las 12 semanas (3 meses) de estudio, en donde en promedio, se acopian de forma semanal 1.6 toneladas de residuos orgánicos.

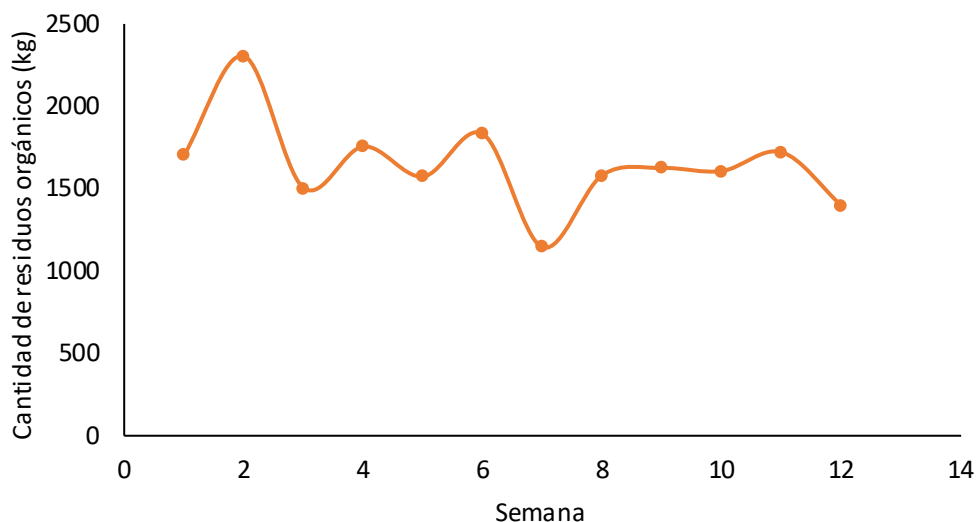


Figura 22. Residuos orgánicos receptionados de forma semanal en el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla. Elaboración propia.

Actualmente no existen datos oficiales sobre la generación de RSU por familia en México, sin embargo, con la realización de la presente investigación se obtuvo una cantidad específica de la generación de residuos orgánicos por familia, en donde cada familia participante del centro de acopio de Puebla genera en promedio 12.3 kg de residuos orgánicos a la semana, lo que en 1 año equivale a 640 kg de residuos orgánicos por familia.

Por último, se eliminaron las inconsistencias en los datos obtenidos para facilitar el análisis e interpretación de estos, posteriormente, se realizó una predicción anual de la recepción de residuos orgánicos en el centro de acopio, mediante el método de regresión lineal.

En la figura 23 se muestra la comparación entre los datos de recepción de residuos orgánicos de Puebla y la proyección a 1 año de la recepción de residuos orgánicos, en donde se observa que no existe una correlación entre los residuos

acopiados en el transcurso de 1 año, sin embargo, se estima una tendencia de aumento a un 1 año, en donde la recepción de residuos orgánicos será de alrededor de 88.5 toneladas.

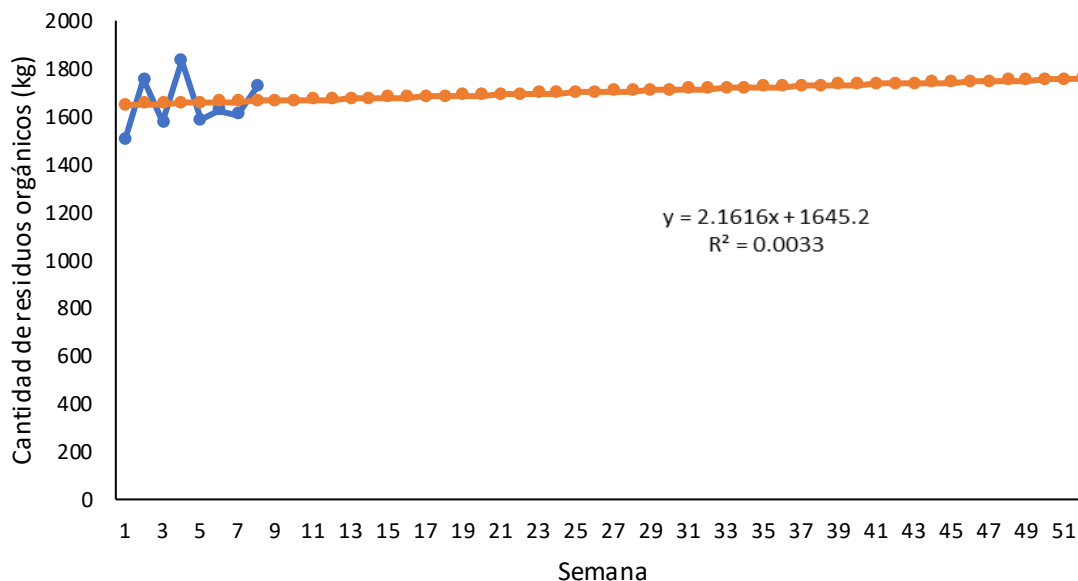


Figura 23. Comparación de la recepción de residuos orgánicos con la predicción anual del centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México. Elaboración propia.

En la ciudad de San Andrés Cholula, la empresa Compostando estima que recolectan alrededor de 1.3 toneladas de residuos orgánicos a la semana, por lo que en 1 año la recolección es de 67.6 toneladas (E. Diego, comunicación personal, 8 de marzo de 2022). Mientras que, la empresa Composta Social menciona que en su servicio de recolección reciben alrededor de 1.8 ton/semanalmente de residuos orgánicos, que representan 93.6 ton/año, sin embargo, en sus centros de acopio la recolección semanal es de aproximadamente 448 kg (V. Trinidad, comunicación personal, 15 de marzo de 2022).

Se observa que en la ciudad de Puebla y sus alrededores (San Andrés, Cholula), el promedio de recepción de residuos orgánicos es de 1.5 ton/semana, por lo que el centro de acopio supera el promedio de recepción con 1.6 ton/semana de residuos orgánicos, con una tendencia en el aumento de la participación y recepción de residuos orgánicos de hasta 88.5 ton/año.

De forma separada, el impacto ambiental no es muy grande (se acopia el 0.01% de los residuos generados en el municipio de Puebla), sin embargo, la sinergia con otras empresas dedicadas a la recolección y transformación de los residuos orgánicos evita que en 1 año ingresen alrededor de 249.7 ton de residuos orgánicos al relleno sanitario; por lo que, la creación de nuevos centros de acopio, ayudaría a disminuir la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario y que son los principales causantes de la generación de malos olores y fauna nociva, además, en Puebla capital, el relleno sanitario de Chiltepeque tiene una vida útil calculada de ocho años (Morales, 2021).

Por otra parte, a nivel nacional también se observa una creciente preocupación por el aprovechamiento de los residuos orgánicos, ejemplos de ello, son el municipio de Teocelo, Veracruz que comenzó su programa de gestión integral de residuos en el año 2001 cuyos objetivos al implementar un centro de lombricompostaje, eran reducir los pagos que realizaba el gobierno municipal por la disposición final de los RSU en los rellenos sanitarios, obtener abono de calidad para los productores de la zona, así como llevar a cabo una labor a favor del medio ambiente (Wojtarovksy, *et al.*, 2018).

Mientras que, en el Estado de México, Morelos y la CDMX, la empresa Hagamos Composta mediante su servicio de recolección privado, ha acopiado alrededor de 500 toneladas de residuos orgánicos (González, 2021).

En Hermosillo, Sonora, la empresa Compostero HMO, ofrece un servicio de recolección en donde acopian a la semana alrededor de 500 kg de residuos orgánicos de 290 familias, transformando desde su fundación (2020) alrededor de 21 toneladas de residuos orgánicos, además, por un año participaron en los reciclacentros establecidos por el Ayuntamiento en donde el acopio era aún mayor (J. Madrid, comunicación personal, 18 de marzo de 2022).

El aumento en la generación de los RSU y la falta de una separación y gestión adecuada de los residuos, especialmente de los orgánicos, ha ocasionado un incremento en la creación de alternativas para la recolección y tratamiento de estos.

La unión entre autoridades, empresas, instituciones educativas y sociedad es importante para disminuir el impacto ambiental a causa de los residuos que se producen en el país y los centros de acopio son una vía adecuada para lograrlo.

3.7. Viabilidad Social del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

Los resultados obtenidos mediante la realización de la encuesta mostraron que el promedio de edad de los usuarios del centro de acopio es de 49 años, no obstante, se observa que el 25% de los encuestados se encuentran en un rango de edad de 55 a 66 años, seguidos por un 21% que comprenden de los 45 a 54 años y con un 20% de 35 a 44 años (Figura 24). Resalta el hecho que los jóvenes de 15 a 24 años comprenden únicamente el 11% de los usuarios del centro de acopio de residuos orgánicos por lo que es importante promover la separación de residuos, especialmente los residuos orgánicos, entre los jóvenes.

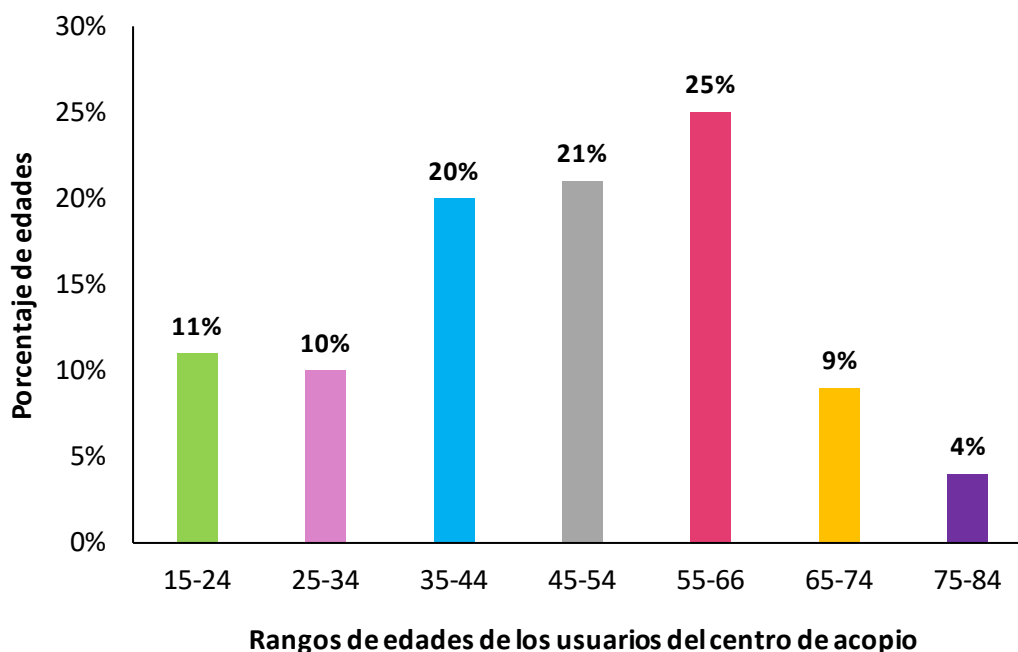


Figura 24. Rango de edades de los usuarios del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México. Elaboración propia.

Por otra parte, en la figura 25 se muestra el número de integrantes por familia que generan residuos orgánicos y que los llevan al centro de acopio, se observó que en promedio cada familia que lleva sus residuos orgánicos al centro de acopio

está conformado por 4 personas (27%), seguido por 3 miembros de familia (26%) y 5 miembros (20%); con menor participación se encuentran las familias con 6, 1 y 8 integrantes con un 4%, 3% y 1%, respectivamente.

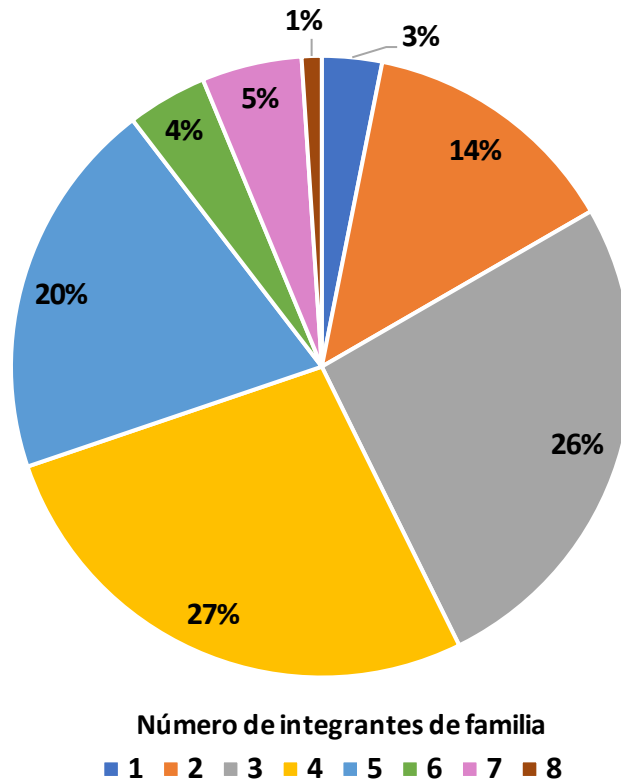


Figura 25. Número de integrantes de familia que conforman el centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México. Elaboración propia.

Además, dentro de la encuesta aplicada a los 96 participantes del centro de acopio de residuos orgánicos se consideró conocer acerca de la motivación de los usuarios para separar sus residuos orgánicos y llevarlos al centro de acopio; al ser una pregunta abierta las respuestas fueron analizadas y clasificadas en 9 temas (Figura 26) para su interpretación. Dentro de los motivos más frecuentes se encuentran: el cuidado del medio ambiente (40 personas), el reciclaje y aprovechamiento de los residuos orgánicos (15 personas) y la disminución de la generación de residuos (10 personas).

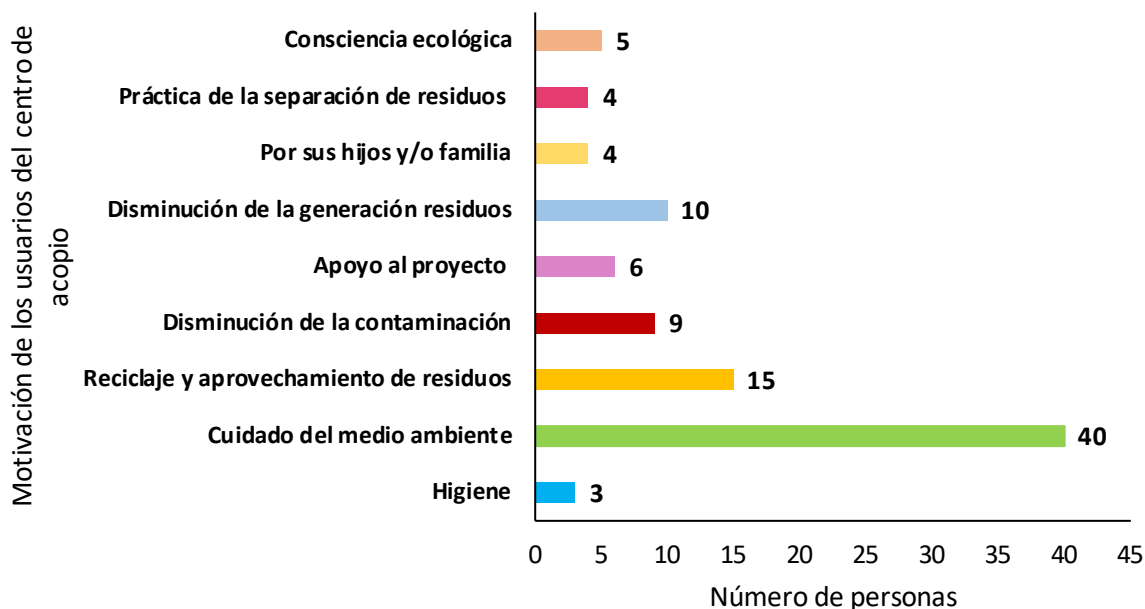


Figura 26. Motivos de los usuarios para dejar sus residuos orgánicos en el centro de acopio comunitario gratuito en Puebla, México. Elaboración propia.

Un estudio realizado por Wojtarovsky, *et al.* (2018) analizó los motivos por los cuales los habitantes de Teocelo, Veracruz, participan en el programa de separación y aprovechamiento de residuos orgánicos de la localidad; en donde, entre los motivos principales se encuentran: ayudar al medio ambiente (41%), aprovechamiento de los residuos orgánicos para la obtención de abonos (35%) y salud pública (11%).

Aunque, de acuerdo con un artículo publicado por Melara (2021) en donde menciona que el 54% de los mexicanos no entienden cómo funciona el reciclaje, se observa que, tanto en el caso de Teocelo como en el centro de acopio de residuos orgánicos de la ciudad de Puebla existe una creciente preocupación por parte de los ciudadanos por el cuidado del medio ambiente (alrededor del 40% de los participantes en ambos casos), así como una percepción positiva en el aprovechamiento de los residuos orgánicos, que es lo que ha ocasionado una mayor participación en la separación de origen de sus residuos orgánicos, no solo de manera individual sino como una práctica que involucra a toda la familia.

Por lo que, la viabilidad social de la implementación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos debe de estar estrechamente relacionada con la educación ambiental respecto a la separación de los residuos, Velázquez *et al.*, (2020) menciona que, la creación de una cultura de cuidado del ambiente implica la adopción de actitudes conscientes, la aceptación de responsabilidades sociales y ambientales que generen cambios reales en el mundo y la inclusión de cuestiones ambientales en los procesos formativos de los estudiantes en los diferentes niveles educativos.

Por último, es importante considerar que actualmente dentro de los programas de reciclaje en la ciudad de Puebla como lo es el de Puntos Verdes no existe un espacio para el acopio de los residuos orgánicos, por lo que es de importancia que los habitantes de Puebla cuenten con espacios suficientes para poder depositar sus residuos orgánicos y que estos sean aprovechados.

3.8. Viabilidad económica del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos.

De acuerdo con los datos obtenidos del pesaje de residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio por 3 meses, se obtuvieron los datos de la tabla 6. En promedio el centro de acopio recibe 1.6 toneladas de residuos orgánicos a la semana. Sin embargo, se realizó una proyección de la recepción anual de residuos orgánicos, mediante el método de regresión lineal en donde se obtuvo que de forma anual se recepcionarían 88.5 toneladas de residuos orgánicos en el centro de acopio.

Tabla 6. Promedio y estimación de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio comunitario de residuos orgánicos en Puebla, México.

Concepto	Cantidad
Promedio de residuos orgánicos obtenidos de forma semanal durante el estudio.	1,646.0 kg
Cantidad estimada de residuos orgánicos recepcionados de forma anual.	88,529.0 kg

Lo anterior sirve como referencia para realizar una estimación de la viabilidad económica del centro de acopio, por tal motivo, se realizó el cálculo de la cantidad de productos generados durante el proceso de lombricompostaje en donde se obtienen 2 productos que son: la lombricomposta y el extracto líquido de lombricomposta, todo esto a partir de la cantidad de residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio.

Cabe resaltar que, durante el proceso de transformación de los residuos orgánicos mediante el lombricompostaje, estos se reducen en masa y volumen debido a la pérdida de humedad del material, por lo que al final del proceso se obtiene una tercera parte en lombricomposta de la cantidad inicial de residuos orgánicos que entró. Por otra parte, con la lombricomposta que se produce cada 4 meses, se obtiene el extracto líquido de lombricomposta, el cual es un fertilizante foliar.

En la tabla 7, se muestra la cantidad estimada de productos generados de forma anual derivados del proceso de transformación de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio.

Tabla 7. Productos generados a partir de la transformación de residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla, México.

Concepto	Cantidad
Producción anual de lombricomposta.	29,500.0 kg/ 29.5 ton
Cantidad de costales de lombricomposta de 40 kg.	737.5 costales
Producción anual de extracto líquido de lombricomposta.	10,000 L
Garrafas por año de 20 L de extracto líquido de lombricomposta.	500 garrafas

Considerando una venta total de la producción de lombricomposta y extracto líquido, se obtuvieron las utilidades anuales presentadas en la tabla 8.

Tabla 8. Utilidad anual generada de la venta de productos orgánicos derivados de la transformación de los residuos orgánicos recibidos en el centro de acopio.

Concepto	Utilidad (\$MXN)
Venta de lombricomposta.	\$88,500.00
Venta de extracto líquido.	\$235,000.00
Total:	\$323,500.00

Cabe resaltar que el proceso de transformación de los residuos orgánicos se realiza en la planta de lombricompostaje ubicada en el Eco Campus Valsequillo de la BUAP perteneciente al Centro de Agroecología, por lo que se realizó un análisis financiero de las inversiones generadas tanto en el centro de acopio (Tabla 9) como en la planta de lombricompostaje (Tabla 10).

En la tabla 9, se observa que la inversión inicial para la implementación del centro de acopio de residuos orgánicos y la planta de lombricompostaje es de \$380,350.29, sin embargo, a partir del 2° año el gasto fijo para ambos establecimientos será de \$264,834.00.

Además, se realizó la proyección de la recuperación de la inversión para 5 años de operación del proyecto (Tabla 12), en donde la recuperación de la inversión es en el 1° año y se tendrá una utilidad fija de \$58,666.00 a partir del 2° año, con un flujo de acumulación de hasta \$236,479.71 para el 5° año.

Es importante aclarar que los cálculos de la utilidad se hicieron de acuerdo con la capacidad de venta actual que tiene el proyecto, en donde se hace uso de 3.8 toneladas de lombricomposta para la producción de extracto líquido, sin embargo, si la capacidad de venta de este producto aumenta, la utilidad crecerá aun teniendo la misma capacidad de recepción y transformación de los residuos orgánicos.

El hecho de que la obtención de la materia prima (residuos orgánicos) no tenga un costo, hace viable la gratuidad del centro de acopio, siempre y cuando la capacidad de venta de productos como la lombricomposta y extracto líquido se mantenga o aumente.

Tabla 9. Inversión para la operación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.

Concepto	Costo mensual	Inversión inicial (Año 0)	Inversión anual
Renta del terreno.	\$1,200.00	\$14,400.00	\$14,400.00
Salario de trabajadores (2 trabajadores) ¹ .	\$12,000.00	\$144,000.00	\$144,000.00
Gasolina para el transporte de los residuos orgánicos.	\$1,200.00	\$14,400.00	\$14,400.00
Equipo y herramientas (9 tanques de 200 L y 2 palas) ² .	N/A	\$9,610.00	\$0.00
Vehículo para el transporte de los residuos orgánicos ³ .	N/A	N/A	\$0
Total		\$182,410.00	\$172,800.00

¹ salario semanal por trabajador: \$1,500.00

² compra única.

³ vehículo oficial de la BUAP.

Tabla 10. Inversión para la operación de la planta de lombricompostaje en Eco Campus Valsequillo de la BUAP.

Concepto	Inversión inicial (Año 0)	Inversión anual
Construcción de 7 camas de lombricomposta ¹ .	\$77,906.29	\$0.00
Compra de 3.5 kg de plástico calibre 400	\$420.00	\$420.00
Compra de 1 tanque de 5000 L ¹ .	\$16,000.00	\$0.00
Cernidora ¹ .	\$12,000.00	\$0.00
Salario de trabajador (1 trabajador).	\$72,000.00	\$62,400.00
738 costales de 40 kg.	\$2,214.00	\$1,302.00
500 bidones de 20 L.	\$15,000.00	\$15,000.00
Karcher de gasolina.	\$2,400	\$2,400
Renta/Compra de terreno ² .	N/A	\$0.00
Total	\$197,940.29	\$92,034.00

¹ compra única.

² terreno de la BUAP.

Tabla 11. Inversión para la operación del centro de acopio de residuos orgánicos y la planta de lombricompostaje en los 2 primeros años.

Concepto	Utilidad anual	Inversión en el Año 0	Inversión a partir del 1° año
Centro de acopio y planta de lombricompostaje.	\$323,500.00	\$380,350.29	\$264,834.00

Tabla 12. Proyección de la recuperación de la inversión a 5 años de la operación del centro de acopio y planta de lombricompostaje.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Inversión					
Centro de acopio	-\$182,410.00	-\$172,800.00	-\$172,800.00	-\$172,800.00	-\$172,800.00	\$172,800.00
Planta de lombricompostaje	-\$197,940.29	-\$92,034.00	-\$92,034.00	-\$92,034.00	-\$92,034.00	-\$92,034.00
Inversión total	-\$380,350.29	-\$321,684.29	-\$264,834.00	-\$264,834.00	-\$264,834.00	\$264,834.00
	Ingresos					
Lombricomposta	\$88,500.00	\$88,500.00	\$88,500.00	\$88,500.00	\$88,500.00	\$88,500.00
Extracto líquido	\$235,000.00	\$235,000.00	\$235,000.00	\$235,000.00	\$235,000.00	\$235,000.00
Ingresos Totales	\$323,500.00	\$323,500.00	\$323,500.00	\$323,500.00	\$323,500.00	\$323,500.00
Balance anual	-\$56,850.29	\$1,815.71	\$58,666.00	\$58,666.00	\$58,666.00	\$58,666.00
Flujo acumulado		\$1,815.71	\$60,481.71	\$119,147.71	\$177,813.71	\$236,479.71

Por otra parte, un estudio realizado por Hernández (2019), determinó la calidad de la lombricomposta obtenida del centro de acopio de residuos orgánicos de Puebla, en donde se obtuvo que el 68% de la lombricomposta es aprovechable, mientras que el 32% restante corresponde a: material no digerido por las lombrices (15%), material mineral extraño (3%), humedad perdida en el proceso (14%) y solo el 0.3% corresponde a material inerte (plásticos, vidrio y/o metales).

Dentro de los parámetros de calidad establecidos por la norma NMX-AA-180-SCFI-2018 para el humus de lombriz, se menciona que cuando una lombricomposta tiene menos del 0.5% de material inerte, la lombricomposta es considerada de calidad extra.

Por lo anterior, se observa que, al ser los residuos orgánicos separados desde su origen, la calidad del producto final (lombricomposta y extracto líquido) incrementa, lo que permite ofrecer productos de excelente calidad y mantener e incrementar la venta de los productos orgánicos que pueden ser utilizados en la agricultura para la producción de alimentos más sanos.

Por último, los beneficios del impulso de las actividades e infraestructuras como los centros de acopio, en el eje económico permiten (Bautista y Martínez, 2021):

- Obtención de materiales susceptibles de aprovechamiento en nuevos procesos productivos o para la fabricación de nuevos productos, en este caso, lombricomposta y extracto líquido foliar.
- Generación de nuevas actividades económicas y nuevas empresas.
- Creación de nuevas fuentes de ingresos para las personas, y por lo tanto, nuevos empleos formales.
- Reducción del pago del municipio por disponer la basura en el relleno sanitario (Wojtarovsky, *et al.*, 2018).

4. CONCLUSIONES

1. Es viable socialmente la implementación y operación de un centro de acopio comunitario de residuos orgánicos en Puebla, ya que actualmente se cuenta con una participación de 132 familias que representan alrededor de 528 personas, con una tendencia en el aumento de la participación ciudadana debido a la preocupación por el cuidado del medio ambiente por parte de la ciudadanía y gobiernos.
2. Es viable económicamente la implementación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla con una utilidad anual de \$58,666.00 a partir del 2º año y un flujo acumulado de \$236,479.71 para el 5º año. Además, es importante considerar que es posible incrementar la utilidad si se aumenta la capacidad de venta de los productos generados del acopio y transformación de los residuos orgánicos.
3. A partir de los resultados obtenidos y de la respuesta de la sociedad en donde 132 familias (528 personas) participan en el proyecto y en donde existe una viabilidad económica, es factible que la instancia municipal correspondiente pueda realizar la apertura de centros de acopio de residuos orgánicos como parte de su plan de gestión de residuos o mediante convenios de colaboración con otras instituciones.
4. La implementación del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos de Puebla ha tenido un impacto en alrededor de 59 colonias de la capital, 1 colonia en Amozoc y otra en San Andrés Cholula, en donde cada familia separa y lleva al centro de acopio de forma semanal alrededor de 12.3 kg de residuos orgánicos.
5. El impacto del centro de acopio de Puebla es positivo, puesto que se acopian 1.6 toneladas de residuos orgánicos semanalmente, que en 1 año representan la recepción de 88.5 toneladas que no terminan en los rellenos sanitarios y que son transformados en 29.5 toneladas de lombricomposta y 10,000 L o más de extracto líquido (fertilizante foliar) para la regeneración de los suelos y la producción de alimentos más sanos.

5. RECOMENDACIONES

1. Es importante que se revisen los instrumentos normativos estatales y municipales de Puebla, referentes a los residuos orgánicos, puesto que actualmente no existen normativas y especificaciones para su separación, acopio, manejo y transformación.
2. Se sugiere establecer centros de acopio integrales en donde se reciban los residuos orgánicos, así como residuos susceptibles de ser aprovechables como el papel, cartón, aluminio, plásticos, entre otros.
3. Los centros de acopio son una vía para recibir los residuos orgánicos correctamente separados desde su origen lo que facilita el posterior tratamiento de dichos residuos mediante diversas tecnologías como compostas, lombricompostas y/o biodigestión.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, I. (2020). Recolección de Orgánicos se potencia en Quito. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/tendencias/recoleccion-organicos-potencia-quito-ambiente.html>
- Alayón, E. (2020). Guía para la caracterización y cuantificación de residuos sólidos. *Inventum*, vol. 15, no. 29, pp. 76-94. DOI: 10.26620/uniminuto.inventum. 15.29.2020.76-94
- Balderas, I. (2020). Manejo de residuos sólidos Urbanos en el municipio de Puebla: políticas, actores y acciones. [Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Recuperado de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/10156>
- Bernache, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: Un estudio de la región centro occidente de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, pp 99-107.
- Buenrostro, O. (2019). Condiciones operacionales en los centros de acopio de residuos sólidos urbanos. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, vol. 12, núm. 24. Versión en línea.
- CESOP. (2015). Reporte CESOP No. 51. Residuos sólidos urbanos en México. Recuperado de <http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/274147/851591/file/Reporte-51-Residuo-solidos-urbanos-Mexico.pdf>
- DOF. (1985). NMX-AA-19-1985. Protección al ambiente -contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".
- DOF. (2003). NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- DOF. (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

- DOF. (2006). Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- DOF. (2018). NMX-AA-180-SCFI-2018. Métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales.
- Escamiroso, L., Carpio, C., Castañeda, G., Quintal, C. (2001). Manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Ed. Plaza y Valdés, 1º Edición. México.
- Esnaurrizar, F. (2017). Alimentos orgánicos, tendencia e inversión. El Economista; Recuperado de <https://www.eleconomista.com.mx/finanzaspersonales/Alimentos-organicos-tendencia-e-inversion-20170922-0027.html>
- FAO. (1991). Manejo del suelo producción y uso de composta en ambientes tropicales. Boletín de Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 178 pp.
- Gaceta Oficial Del Distrito Federal. (2015). NADF-024-AMBT-2013. Secretaría del Medio Ambiente (SEMARNAT). Recuperado de <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/images/infografias/NADF-024-AMBT-2013.pdf>
- García, J., Orona, E., Fortis, M., Trejo, H. (2010). Agricultura Orgánica: Tercera Parte. México.
- Gobierno de Puebla. (2016). Carta Urbana de Puebla. Recuperado de <https://www.pueblacapital.gob.mx/images/transparencia/obl/vi-planes/prog.desa.carta.urbana.jpg>
- Gobierno de Puebla. (2018). Tabla de compatibilidad y usos de suelo. Recuperado de <https://www.pueblacapital.gob.mx/images/transparencia/obl/vi-planes/prog.desa.compat.pdf>
- González, C. (2021). “Hagamos composta” evitó el desecho de más de 500 mil kilos de residuos en México y han llegado a Puebla. Recuperado de

<https://www.periodicocentral.mx/2021/municipio/item/243-hagamos-composta-evito-el-desecho-de-mas-de-500-mil-kilos-de-residuos-en-mexico-y-han-llegado-a-puebla>

- Hernández, D. (2019). Calidad de la lombricomposta granulada VERMIBUAP a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en Puebla capital. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).
- INEGI. (2011). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2011/#Tabulados>
- INEGI. (2013). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2013. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2019/#Tabulados>
- INEGI. (2015). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2015. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2015/#Tabulados>
- INEGI. (2017). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017.
- INEGI. (2019). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2019/#Tabulados>
- INEGI. (2020). México en cifras: Estado de Puebla. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21>
- INEGI. (2020). México en cifras: Puebla, Puebla. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21114>
- INEGI. (2021). Banco de indicadores: Residuos Sólidos Urbanos. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?ag=21001#divFV6200101795>
- Jaquez, D. (2020). El nuevo proyecto que convertirá desechos orgánicos en composta. Recuperado de <https://www.elsoldehermosillo.com.mx/local/composta-el-compostero->

desechos-organicos-norberto-barraza-reciclacentros-hermosillo-5780904.html

- Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo especial para el Estado de Puebla. (2019). [Orden Jurídico Poblano].
- López, G. (2003). Biodigestión anaerobia de los Residuos Sólidos Urbanos. Revista Tecnura, vol. 7, núm 13. Versión en línea. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6187/7711>
- Melara, M. (2021). Separación de residuos: ¿por qué no se recicla en Puebla? Recuperado de <https://elpopular.mx/comunidad/medio-ambiente/2021/09/17/separacion-de-residuos-por-que-no-se-recicla-en-puebla>
- Morales, C. (2021). Obsoletos, la mayoría de los rellenos sanitarios de Puebla. Recuperado de <https://www.milenio.com/politica/comunidad/rellenos-sanitarios-de-puebla-la-mayoria-son-obsoletos>
- Moran, M. (2020). Consumo y producción sostenibles: Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Monroy, O. (1977). Biorreactores Anaerobios. Cuernavaca, México.
- Nieto, A., Murillo, B., Troyo, E., Larrinag, J., y García, J. (2002). El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*capsicum annuum l.*) en zonas áridas. Interciencia, 27(8), 417-421. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000800006&lng=es&tlng=es.
- OOSLMP. (2021). Programa de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Puebla. pp. 89.
- Ortiz, A. (2018). Frenan innovación de nopal. Recuperado de <https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/frenan-innovacion-de-nopal>

- PNUD. (2019). Antecedentes: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background/>
- Puebla Sustentable (2020). Mapa sustentable. Recuperado de https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1PSh3StLZJ8IOCyD29hBTF6u_kp_G93V&ll=19.101756804158423%2C-98.22250628634283&z=12
- Robles, F. (2008). Generación de biogás y lixiviados en los rellenos sanitarios. 2° Edición. Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal, México. pp 115.
- Ruíz, F. (1996). Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. Memorias Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. pp 149.
- SEDEMA. (2013). De la separación primaria a la avanzada, la historia del reciclaje en la CDMX. Recuperado de <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/separacion.html>
- SEMARNAT. (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT. México.
- SEMARNAT. (2017). Glosario. Recuperado de [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/compendio_2019/RECUADROS INT GLOS/D3 GLOS RSM.htm](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/compendio_2019/RECUADROS_INT_GLOS/D3_GLOS_RSM.htm)
- SEMARNAT. (2019). Tiraderos a cielo abierto dañan ambiente y salud humana. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/tiraderos-a-cielo-abierto-danan-ambiente-y-salud-humana?idiom=es>
- SEMARNAT. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. Edición 2020. SEMARNAT. México.
- Serna, D. (2019). Caracterización y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en la urbanización El Paraíso del municipio de San Andrés de Cuerquia. Recuperado de

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/27022/%20%09ddser%20nao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- SIMAR. (2015). Manual introductorio al Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste. Recuperado de https://issuu.com/simarsureste/docs/manual_de_introducci_n_simar_urest
- Sinha, R., Herat, S., Agarwal, S., Asadi, R., & Carretero, E. (2002). Vermiculture and waste management: study of action of earthworms *Eisenia foetida*, *Eudrilus euginae* and *Perionyx excavatus* on biodegradation of some community wastes in India and Australia.
- Sinha, R., Agarwal, S., Chauhan, K., Chandran, V. & Soni, B. (2010). Vermiculture technology: reviving the dreams of Sir Charles Darwin for scientific use of earthworms in sustainable development programs. Technol. Invest. 1:155-172.
- Trueba, C. (1996) Fertilizantes Orgánicos y Compostas. En Memorias Agricultura Orgánica: Una Opción Sustentable para el Agro Mexicano. UACH. Texcoco, México. 163 pp.
- Ullca, J. (2006). Los rellenos sanitarios. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>
- Velázquez, A., Trejo, A., y Tobón, J. (2020). Cultura de reciclaje en México: La educación ambiental. Boletín Científico Investigium de La Escuela Superior De Tizayuca, 6(11), 24-32. <https://doi.org/10.29057/est.v6i11.5561>
- VermiPowerMx. (2021). ¿Qué pasa después de llevar mis residuos orgánicos al Centro de Acopio? [Vídeo de YouTube]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=uTSu4FAI2Y4>.
- VermiPowerMx. (2021). Intégrate al Centro de Acopio Gratuito de Residuos Orgánicos. [Vídeo de YouTube]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=h3WGozfYDqA&t=1s>
- Villegas, C., y Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(2), 393-406. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>

- Wojtarovksy, A., Piñar, M., y Pérez, M. (2018). ¿Por qué Teocelo sí pudo? un análisis de los factores de éxito del programa de gestión integral de residuos sólidos municipales desde la teoría del comportamiento planificado. *Cultura y representaciones sociales*, 13(25), 235-278. <https://doi.org/10.28965/2018-25-09>

7. ANEXOS

Tabla 13. Resultados de la entrevista realizada a los 96 usuarios del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.

No. Registro	Nombre	Edad	Colonia de la que proviene	No. de miembros de familia
1	María del Carmen Escalona	34	Loma Linda	6
2	Rubén Robles	50	San Baltazar	2
3	Juana Beltran Aguilar	56	San Baltazar	6
4	Puerto Veracruz (Norma)	55	El Mirador	4
5	Salvador Sosa Iglesias	60	La Calera	4
6	Marisol Corona Díaz	39	San Ramón	2
7	Mónica Pérez Domínguez	47	Los Pilares	3
8	Mauricio Sánchez García	43	Viveros del Valle	5
9	Isabel Pérez Cabrera	45	El carmen	5
10	Andrea Casares Peña	24	San Manuel	5
11	Alejandro Gómez Sánchez	65	Satélite Magisterial	8
12	Alberto Morano Rodríguez	54	Lomas del Valle	5
13	Ángel Velázquez Palacios	63	Las Palmas	3
14	Dario Filora	24	San Manuel	3
15	Uriel Macías Moreno	16	San Manuel	3
16	Lucrecia Carrera García	71	Lomas de Angelópolis	4
17	David Flores	53	San Baltazar	6
18	Gabriel Muñoz Quintana	54	3 Cruces	3
19	Leopoldo Hernández	63	Santa María Calera	3
20	Josefina Mariscal	57	Héroes	2
21	Elvia Hernández	58	México 68	1
22	Jorge Navarro	58	Villa San Alejandro	2
23	Aaron Cuevas	35	Lomas del Valle	3
24	Lucina Guadalupe García Cano	69	Lomas de San Alfonso	2
25	Ayrtón López Ramírez	25	Volcanes	3
26	Luis Escalante Fósil	50	San Baltazar	6
27	Juan Manuel López Muñoz	58	Bosques de San Sebastián	9
28	Lucero Pérez Morales	41	3 Cruces	4
29	Rosa María Castillo Alcalá	59	Miguel Negrete	3
30	Alejandro Ricardo Ramillo	40	Resurgimiento	4
31	Felipe Celis Palacio	45	Vista Hermosa Alamus	5
32	Jorge Pastrana Sánchez	74	Villa Encantada	5
33	María Guadalupe Arce Peña	29	Santa Cruz Guadalupe	4
34	Rosa Juárez	66	La loma	3
35	Pablo Rodríguez	43	San Miguel Hueyotlipan	7
36	Pedro Baez González	58	El Cerrito	2
37	Alotia Espinosa Santacruz	35	San Baltazar	4
38	Said Peralta Hernández	34	México 68	2

Continua tabla 13...

No. Registro	Nombre	Edad	Colonia de la que proviene	No. de miembros de familia
39	Jaime Magaña Rodríguez	53	Bugambilias	5
40	Celina Contreras Sánchez	59	Loma Linda	5
41	Josué Cantoran	32	Valle dorada	4
42	Pablo Limón Jiménez	52	Azcarate	5
43	Elizabeth Ramírez	78	Vista Alegre	1
44	Jorge Paleta	29	México 68	4
45	Cleotilde Cartas Figueroa	53	San Baltazar	5
46	Armando Tello Olmedo	41	San José Mayorazgo	3
47	Amelia Fuentes Mora	45	La calera	3
48	Lucia Venegas	40	Loma Bella	9
49	Rosa Maráa Domínguez	70	La Hacienda	4
50	Jaime Vázquez	42	Cholula	2
51	Ismael González	45	Jardín	6
52	José Carlos Juárez Flores	26	Las palmas	5
53	Jorge Mauro Romero	74	Mirador	3
54	Héctor Tello	72	Prados Agua Azul	4
55	Aaron Torres Olmos	37	Vista Alegre	5
56	Alejandra Candia	59	Ex Hacienda Chapulco	6
57	Claudia Valencia	49	San Baltazar	7
58	Miguel de la Mora	21	Xilotzingo	9
59	María Isabel Morales Salgado	52	San José el Carpintero	1
60	Miguel de Zamora	60	Centro	7
61	Ángeles Peniche Taboada	60	Anzures	2
62	Lourdes Irineo Pérez	62	Universidades	2
63	Miriam Justo Contreras	40	Vista Alegre	3
64	Gumersindo Gómez Guarneros	78	San Manuel	2
65	Javier Castelan Ganzaga	37	Granjas San Isidro	4
66	Mariela Vázquez García	32	Villas Chautenco	7
67	Livia Arriaga García	53	Lomas del Marmol	4
68	Alberto Rogarcía	19	Villa Carnel	4
69	Sergioi Vélez	55	Unidad Guadalupe	2
70	Margarita Salgado	79	Circuito Juan Pablo II	2
71	Marcelino Justo Corona	65	Loma Linda	5
72	José Federico Núñez Flores	43	San Baltazar	3
73	Rubén Macías	59	Fracc. Camino Real	3
74	Enrique Ramírez Turbin	68	Fracc. Santa Monica	12
75	Xicotencatl A. Parva	79	San Manuel	5
76	Celia Panco Lucas	55	San Pedro Cholula	4
77	Rosalba Ponce Lucas	58	Guadalupe Calera	4
78	Mónica Domínguez Ríos	57	Alseseca	4

Continúa tabla 13...

No. Registro	Nombre	Edad	Colonia de la que proviene	No. de miembros de familia
79	David Ramirez González	37	Mpio. Amozoc	15
80	Marcela Limón Jiménez	42	Las Palmas	3
81	Lorena Reyes	53	Fracc. Camino Real	3
82	Tabare Douche García	31	Fracc. Santa Lucia II	7
83	María Susana Torres Carreto	57	El Angel	4
84	Rocio Jiménez Rosas	59	Lomas del Marmol	4
85	María Antonia Castillo García	71	El Carmen	5
86	Fernanda Echeverría	20	Jardines de Zavaleta	3
87	Juan Pablo Medrano Zepeda	16	Villa Verde	5
88	Alberto Moreno	22	Lomas del Valle	5
89	Mauricio Velasco Méndez	50	Geo. Villas Atlixcayotl	4
90	María Eugenia Sarmiento Saavedra	51	Loma Linda	3
91	Diego Pérez Segura	23	La Calera	4
92	Juan Manuel Mendiola	53	Unidad Guadalupe	5
93	Roció Lugo Pérez	55	Fracc. San José el Carpintero	5
94	Alma González Carrillo	38	Prados Agua Azul	4
95	Saúl René Torres Meza	59	Villa las Flores	3
96	Ricardo Rendón Téllez	65	Vista Alegre	3

Tabla 14. Motivación de los 96 usuarios del centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en Puebla, México.

No. Registro	Motivación para dejar sus residuos orgánicos al centro de acopio	Clave
1	Higiene y fauna de perros (mamá de alumno)	Higiene
2	Apoyar al medio ambiente	Cuidado del medio ambiente
3	Reciclaje de residuos (mamá alumna)	Reciclaje y aprovechamiento de residuos
4	Apoyar al medio ambiente/reciclaje	Disminución de la contaminación
5	Aprovechar y reciclar los recursos	Apoyo al proyecto
6	Medio ambiente/ reutilizar	Disminución de la generación residuos
7	Contribuir al medio ambiente	Por sus hijos y/o familia
8	Cuidado del planeta y reuso de recursos naturales	Práctica de la separación de residuos
9	Reducir la contaminación/reciclaje	Consciencia ecológica
10	Aprovechamiento de residuos/No contaminar	
11	Reducir la contaminación	
12	Pro Ecológico	
13	Contribuir al reciclaje de residuos	
14	Apoyar el poyecto	
15	Reducir contaminación/Apoyar proyecto	
16	Reutilización de los residuos	
17	Cuidar el medio ambiente/Apoyar proyecto (papá alumno)	
18	Cuidar el medio ambiente (7 años)	
19	Reutilizar los residuos orgánicos	
20	Cuidar el medio ambiente	
21	Cuidar el medio ambiente	
22	Generar menos residuos/Reutilizar residuos	
23	Contaminar menos el planeta	
24	Ayudar a la naturaleza	
25	Contribuir y aprovechar los residuos	
26	Ayuda a la naturaleza por gusto	
27	Mejorar nuestro ambiente/entorno	
28	No generar y aprovechar los residuos organicos	
29	Que no haya contaminación del ambiente, que lo que da la tierra se le devuelva	
30	Ayudar al medio ambiente	
31	papa de hijo, y genear nuevos hábitos a su hijos de prepa, consciencia ecológica	

Continúa tabla 14...

No. Registro	Motivación para dejar sus residuos orgánicos al centro de acopio
32	Que este mejor el medio ambiente y evitar contaminación
33	Amor a la madre tierra
34	Ayudar al medio ambiente /tratamiento de residuos
35	Reciclaje de residuos orgánicos
36	Para que no se tire la basura y no se aproveche
37	Hacer algo por el planeta
38	Contribuir a la mejora del medio ambiente
39	Reciclaje de residuos /cuidar el ambiente
40	Reducir residuos de los rellenos sanitarios
41	Generar menos basura
42	Evitar contaminación y sacar provecho
43	Contribuir el cambio en el medio ambiente
44	Practicar la separación de basura
45	Cuidar el ambiente
46	Su hija la motiva (mama estudiante)
47	Correcto manejo de residuos/Cuidar el planeta
48	Generar menos basura
49	Ayudar al planeta
50	Ayudar al planeta
51	Reducir la generación de basura
52	Aprovechar los residuos orgánicos
53	Cuidar el planeta/cultura ecológica
54	Cuidar el plante, la salud/ayudar al proyecto
55	No seguir contaminando/ayudar
56	Su hijo pequeño para darle un mejor mundo
57	Lograr un cambio para el planeta/consiencia
58	Consiencia y respeto al planeta
59	Cuidar el medio ambiente
60	Cuidar el medio ambiente/protegerlo
61	Reutilizar los residuos orgánicos
62	Contribuir con el cuidado al medio ambiente
63	Transformar en composta/desminuir residuos
64	Apoyar el proyecto/aprovechar residuos
65	Cuidar el medio ambiente
66	Generar menos basura/separa residuos
67	Ayudar al ambiente/separar basura/transformar los residuos organicos
68	Aprovechar residuos/Disminuir residuos
69	Darle un respiro al planeta
70	Que se contamine menos
71	Aprovechar los residuos
72	Consiencia ecológica y ciudadana
73	Ayudar a la naturaleza y medio ambiente

Clave
Higiene
Cuidado del medio ambiente
Reciclaje y aprovechamiento de residuos
Disminución de la contaminación
Apoyo al proyecto
Disminución de la generación residuos
Por sus hijos y/o familia
Práctica de la separación de residuos
Consciencia ecológica

Continúa tabla 14...

No. Registro	Motivación para dejar sus residuos orgánicos al centro de acopio
74	Deseo de apoyar para mejorar el medio ambiente
75	Aportar algo para cuidar el medio ambiente
76	Aportar algo para cuidar el medio ambiente
77	Medio ambiente, cuidar la tierra
78	Darle gracias al planeta
79	Cuidar el medio ambiente
80	No desperdiciar la basura/Aprovechar
81	No le gusta ver tanta basura, es un problema
82	No le gusta ensuciar y gastar, educar a la gente
83	Le encanta el fertilizante
84	Saber que algo que se transforma que no se vuelve basura, No se desperdicia, no se haga más basura, se hace abono para las plantas
85	Medio ambiente
86	Aprovecharlos
87	Apoyar proyectos ecológicos
88	Colabora a generar un poco de conciencia con el ejemplo a la familia
89	Le gusta el abono orgánico
90	No tirar tanta basura al relleno
91	Proyecto productivo exitoso
92	Separación de basura/ayudar el medio ambiente
93	Ejecutar la responsabilidad que tengo con los residuos que produzco
94	Mi esposa que escuchó el programa y ya traía para separar
95	No tirarlo, no incrementar la contaminación y el objetivo de ayudar crear nuevos
96	Ayudar al medio ambiente

Clave
Higiene
Cuidado del medio ambiente
Reciclaje y aprovechamiento de residuos
Disminución de la contaminación
Apoyo al proyecto
Disminución de la generación residuos
Por sus hijos y/o familia
Práctica de la separación de residuos
Consciencia ecológica

Tabla 15. Resumen del acopio de los residuos orgánicos los sábados en el centro de acopio de la ciudad de Puebla.

SEMANA	FECHA	CANTIDAD (Kg)	NÚMERO DE CUBETAS	NÚMERO DE ASISTENTES
1	22/05/2021	913.90	117	71
2	29/05/2021	1189.30	123	77
3	05/06/2021	782.30	87	57
4	12/06/2021	953.50	121	76
5	19/06/2021	699.79	96	64
6	26/06/2021	1034.85	114	71
7	03/07/2021	718.52	100	75
8	10/07/2021	876.70	93	71
9	17/07/2021	1053.36	122	81
10	24/07/2021	979.25	100	69
11	31/07/2021	977.81	110	82
12	07/08/2021	846.50	112	77
Promedio		918.81	108	73

Tabla 16. Resumen del acopio de los residuos orgánicos los martes en el centro de acopio de la ciudad de Puebla.

SEMANA	FECHA	CANTIDAD (Kg)	NÚMERO DE CUBETAS	NÚMERO DE ASISTENTES
1	25/05/2021	508.88	47	32
2	01/06/2021	838.60	45	31
3	08/06/2021	514.94	54	36
4	15/06/2021	481.54	34	25
5	22/06/2021	571.40	54	37
6	29/06/2021	401.78	39	30
7	06/07/2021	266.94	37	33
8	13/07/2021	480.90	57	38
9	20/07/2021	348.34	40	32
10	27/07/2021	386.25	44	38
11	03/08/2021	454.13	48	37
12	10/08/2021	333.29	34	29
Promedio		465.58	44	33

Tabla 17. Resumen del acopio de los residuos orgánicos los jueves en el centro de acopio de la ciudad de Puebla.

SEMANA	FECHA	CANTIDAD (Kg)	NÚMERO DE CUBETAS	NÚMERO DE ASISTENTES
1	27/05/2021	279.631	38	37
2	03/06/2021	276.9	43	29
3	10/06/2021	207.45	27	21
4	17/06/2021	320.76	45	31
5	24/06/2021	302.15	26	21
6	01/07/2021	395.62	32	28
7	08/07/2021	158.73	28	18
8	15/07/2021	224.81	25	25
9	22/07/2021	223.9	33	27
10	29/07/2021	241.51	27	24
11	05/08/2021	288.99	33	27
12	12/08/2021	216.3	31	25
Promedio		261.3959167	32	26

Tabla 18. Resumen semanal del acopio de los residuos orgánicos en el centro de acopio de la ciudad de Puebla.

SEMANA	FECHA	CANTIDAD (Kg)	NÚMERO DE ASISTENTES
1	22/05/21-27/05/21	1702.41	140
2	29/05/21-03/06/21	2304.80	137
3	05/06/21-10/06/21	1504.69	114
4	12/06/21-17/06/21	1755.80	132
5	19/06/21-24/06/21	1573.34	122
6	26/06/21-01/07/21	1832.25	129
7	03/07/21-08/07/21	1144.19	126
8	10/07/21-15/07/21	1582.41	134
9	17/07/21-22/07/21	1625.60	140
10	24/07/21-29/07/21	1607.01	131
11	31/07/21-05/08/21	1720.93	146
12	07/08/21-12/08/21	1396.09	131
Promedio		1645.79	132

