



**Benemérita  
Universidad Autónoma de Puebla**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS  
SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA LOCALIDAD DE  
SAN LUCAS EL GRANDE, SAN SALVADOR EL  
VERDE, PUEBLA”**

**TESIS PROFESIONAL**

**Que para obtener el Título de:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**Presenta:**

**MIGUEL ANGEL BLANCA HERNÁNDEZ**

**Directora de Tesis:**

**DRA. JANETTE ARRIOLA MORALES**

**Co-director de tesis:**

**DR. OCTAVIO OLIVARES XOMETL**

**Puebla, Pue. Noviembre 2021**

## *Índice General*

Introducción .....	8
Planteamiento del problema.....	10
Justificación .....	12
Objetivos.....	13
Capítulo 1. Marco teórico .....	14
1.1 Características generales de la región .....	14
1.1.1 Ubicación y población.....	14
1.1.2 Clima .....	15
1.1.3 Características y uso de suelo.....	16
1.1.4 Actividades económicas .....	17
1.2 Situación de los Residuos Sólidos Urbanos .....	18
1.2.1 Nivel nacional .....	18
1.2.2 Nivel Estatal .....	19
1.2.3 RSU en la localidad de San Lucas el Grande, San Salvador el Verde, Puebla .....	19
1.3 Situación del relleno sanitario intermunicipal de Huejotzingo, Puebla .....	21
1.4 Normatividad para el manejo de residuos .....	21
1.4.1 Ley General para la Gestión Integral de Residuos .....	22
1.4.2 Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla .....	22
1.4.3 Código Reglamentario Municipal para el estado de Puebla (COREMUN). .....	22
1.4.4 Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.....	22
1.5 Problemática por RSU.....	23
1.6 Consecuencias ambientales .....	24
1.6.1 Contaminación de los suelos y cuerpos de agua .....	24
1.6.2 Proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades .....	25
1.6.3 Generación de contaminantes y gases de efecto invernadero .....	25
1.7 Aprovechamiento de residuos orgánicos .....	25
1.8 Compostaje.....	28
1.8.1 Fases del compostaje .....	29
1.8.2 Parámetros durante el compostaje .....	30

1.8.3 Tipos de compostaje y consideraciones para su aplicación .....	31
1.8.4 Sistemas para el compostaje.....	32
1.8.5 Proceso para elaboración de composta.....	34
1.8.5.1 Tren de actividades para el compostaje.....	34
1.8.6 Beneficios por aplicación de la composta .....	36
Capítulo 2. Metodología .....	37
2.1 Información gubernamental .....	37
2.2 Información teórica .....	37
2.3 Información de campo.....	38
2.4 Actividades de campo .....	40
2.4.1 Preparación de participantes y materiales .....	40
2.4.2 Preparación de composta.....	41
2.4.3 Alimentación de composta .....	46
2.4.4 Transformación de residuos .....	94
2.4.5 Mezclado de composta .....	94
2.4.6 Transformación de residuos .....	98
2.4.7 Finalización de proceso de compostaje .....	99
Capítulo 3. Resultados y discusión .....	104
3.1 Aplicación de abono.....	104
3.2 Análisis de datos .....	113
3.3 Comparación de resultados por parámetro.....	121
3.3.1 Temperatura .....	121
3.3.2 Cantidad de residuos orgánicos compostados .....	123
3.3.3 Cantidad de agua .....	125
Conclusiones.....	129
Anexo A.....	132
Bibliografía.....	135

## Índice de Tablas

Tabla 1. Características de la población .....	15
Tabla 2. Temperatura media normal enero-diciembre 1981-2010 .....	15
Tabla 3. Temperatura media mensual enero-julio 2019 .....	16
Tabla 4. Beneficios por el aprovechamiento de residuos orgánicos .....	26
Tabla 5. Residuos compostables y no compostables .....	33
Tabla 6. Beneficios del compostaje .....	36
Tabla 7. Características de los sitios participantes en el proceso de compostaje .....	41
Tabla 8. Recopilación de datos composta 1 .....	113
Tabla 9. Recopilación de datos composta 2.....	115
Tabla 10. Recopilación de datos composta 3.....	116
Tabla 11. Recopilación de datos composta 4.....	117
Tabla 12. Recopilación de datos composta 5.....	119
Tabla 13. Recopilación de datos composta 6.....	120
Tabla 14. Datos de temperatura por composta.....	121
Tabla 15. Residuos orgánicos totales compostados .....	124
Tabla 16. Resumen residuos orgánicos totales compostados .....	124
Tabla 17. Cantidad de agua implementada durante el compostaje .....	126
Tabla 18. Agua total aplicada por composta.....	127

## Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de la localidad de San Lucas el Grande, San Salvador el Verde, Puebla.....	14
Figura 2. Proceso para la elaboración de compostaje... ..	35
Figura 3. Colocación de infografía.....	39
Figura 4. Difusión informativa a través .....	39
Figura 5. Colocación de infografía .....	39
Figura 6. Ubicación de sitios para la realización de compostaje .....	41
Figura 7. Insumos para elaborar composta.....	42
Figura 8. Acondicionamiento de composta .....	42
Figura 9. Materiales para la elaboración de compostadora 2.....	43
Figura 10. Insumos para elaborar composta 3 .....	43
Figura 11. Insumos para elaborar composta.....	44
Figura 12. Construcción composta 4 .....	44
Figura 13. Materiales para composta 5.....	45
Figura 14. Construcción composta 5 .....	45
Figura 15. Acondicionamiento de composta 5 .....	45
Figura 16. Construcción composta 6 .....	46
Figura 17. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d) .....	47
Figura 18. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d) .....	48
Figura 19. Alimentación composta casa 3 a), b), c), d) .....	50
Figura 20. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d), e) .....	51
Figura 21. Alimentación composta casa 5 a), b), c), d) .....	52
Figura 22. Alimentación composta casa 6 a), b), c), d) .....	53
Figura 23. Alimentación composta casa 1 a), b), c).....	54
Figura 24. Alimentación composta casa 2 a), b), c).....	55
Figura 25. Alimentación composta casa 3 a), b), c).....	56
Figura 26. Alimentación composta casa 4 a), b), c).....	56
Figura 27. Alimentación composta casa 5 a), b), c).....	57
Figura 28. Alimentación composta casa 6 a), b), c).....	58
Figura 29. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d) .....	59
Figura 30. Alimentación composta casa 2 a), b).....	60
Figura 31. Alimentación composta casa 3 a), b), c).....	61
Figura 32. Alimentación composta casa 4 a), b), c).....	61
Figura 33. Alimentación composta casa 5 a), b), c).....	62
Figura 34. Alimentación composta casa 6 a), b), c).....	63
Figura 35. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d) .....	64
Figura 36. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d) .....	65
Figura 37. Toma de temperatura composta sitio 3.....	66
Figura 38. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d) .....	67
Figura 39. Alimentación composta casa 5 a), b), c), d) .....	68
Figura 40. Alimentación composta casa 6 a), b), c), d) .....	69
Figura 41. Alimentación composta casa 1 a), b), c).....	70

Figura 42. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d) .....	71
Figura 43. Alimentación composta casa 3 a), b), c), d) .....	73
Figura 44. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d) .....	74
Figura 45. Alimentación composta casa 5 a), b), c).....	75
Figura 46. Alimentación composta casa 6 a), b), c), d) .....	75
Figura 47. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d) .....	77
Figura 48. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d) .....	78
Figura 49. Alimentación composta casa 3 a), b), c).....	78
Figura 50. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d), e) .....	79
Figura 51. Alimentación composta casa 5 a), b), c).....	80
Figura 52. Alimentación composta casa 6 a), b), c).....	81
Figura 53. Alimentación composta casa 1 a), b), c).....	82
Figura 54. Alimentación composta casa 2 a), b), c).....	82
Figura 55. Alimentación composta casa 3 a), b).....	83
Figura 56. Alimentación composta casa 4 a), b).....	84
Figura 57. Alimentación composta casa 5 a), b).....	84
Figura 58. Alimentación composta casa 6 a), b).....	85
Figura 59. Alimentación composta casa 1 a), b), c).....	86
Figura 60. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d) .....	87
Figura 61. Alimentación composta casa 3 a), b).....	88
Figura 62. Alimentación composta casa 4 a), b), c).....	88
Figura 63. Alimentación composta casa 5 a), b).....	89
Figura 64. Alimentación composta casa 1 a), b), c).....	90
Figura 65. Alimentación composta casa 1 a), b), c).....	90
Figura 66. Alimentación composta casa 2 a), b), c).....	91
Figura 67. Alimentación composta casa 3 a), b), c).....	92
Figura 68. Alimentación composta casa 4 a), b), c).....	92
Figura 69. Alimentación composta casa 5 a), b).....	93
Figura 70. Medición de temperatura composta 6.....	93
Figura 71. Mezclado de composta a), b).....	95
Figura 72. Mezclado de compostas a), b), c), d).....	96
Figura 73. Segundo mezclado de compostas a), b), c).....	97
Figura 74. Segundo mezclado de compostas a), b), c).....	98
Figura 75. Abono obtenido en la composta 1 .....	99
Figura 76. Abono obtenido en la composta 2 a), b).....	100
Figura 77. Abono obtenido en la composta 3 a), b).....	100
Figura 78. Abono obtenido en la composta 5 a), b).....	101
Figura 79. Abono obtenido en la composta 5 a), b).....	102
Figura 80. Abono obtenido en la composta 6 a), b).....	103
Figura 81. Sitio para la aplicación del abono de la composta 1 a), b) .....	105
Figura 82. Sitio para la aplicación del abono de la composta 2 a), b) .....	105
Figura 83. Primer sitio para la aplicación del abono de la composta 3 a), b) .....	106
Figura 84. Segundo sitio para la aplicación del abono de la composta 3 a), b), c).....	107

Figura 85. Primer sitio para la aplicación del abono de la composta 4 a), b), c).....	108
Figura 86. Segundo sitio para la aplicación del abono de la composta 4 a), b).....	109
Figura 87. Aplicación del abono de la composta 5 a), b), c), d), e), f), g).....	111
Figura 88. Primer sitio para la aplicación del abono de la composta 6 a), b).....	111
Figura 89. Segundo sitio para la aplicación del abono de la composta 6 a), b).....	112
Figura 90. Tercer sitio para la aplicación del abono de la composta 6 a), b).....	112
Figura 91. Gráfico del comportamiento de temperatura por composta.....	123
Figura 92. Gráfico de residuos totales por composta.....	125
Figura 93. Gráfico del agua total para el proceso de compostaje.....	127
Figura 94. Gráfico de la relación cantidad de residuos orgánicos compostados y agua total por composta.....	128

## Introducción

El mundo ofrece claras señales de que la humanidad enfrenta una grave crisis. Una crisis que no se observa tan solo en la gran proporción de la población, sobre todo de los países emergentes, que vive en severas condiciones de pobreza, ni en la inequitativa distribución de la riqueza o en las alarmantes consecuencias socioambientales del cambio climático y la pérdida de los ecosistemas y su biodiversidad. Es una crisis que sacude y cuestiona de frente al modelo que ha guiado el derrotero de la mayoría de las naciones en las últimas décadas; es una crisis del modelo civilizatorio moderno, del mundo globalizado, industrial, hiperconsumista, individualista, narcisista y depredador de la naturaleza (...). México no ha conseguido escapar a la tendencia global de la pérdida y degradación de su valioso patrimonio natural. Puede decirse, sin riesgo de caer en exageraciones, que enfrenta una difícil situación ambiental que, en casos particulares, se agrava y puede calificarse como de emergencia ambiental. De no detenerse la inercia de las fuerzas que, con el modelo neoliberal, han puesto al país frente a esta crisis, las generaciones presentes y las que vendrán están en un inminente riesgo (SEMARNAT, 2020).

Por su parte, los residuos sólidos constituyen un grave problema de degradación ambiental en muchas regiones por la notoria debilidad de los sistemas de gestión, principalmente por su escasa separación, recuperación y disposición final. En México la generación total de residuos se estima en 120, 128 toneladas por día, de este total el 46.42% corresponde a residuos orgánicos (SEMARNAT-INECC, 2020).

Los residuos orgánicos generados al disponerse en un relleno sanitario generan un desaprovechamiento de los nutrientes que los conforman y la disipación de problemas ambientales.

Desde el punto de vista ambiental y de salud pública, el manejo adecuado de los residuos en las etapas que siguen a su generación permite mitigar sus impactos negativos sobre el ambiente y la salud. El reúso y el reciclaje de materiales son fundamentales para reducir la presión sobre los ecosistemas y otras fuentes de recursos de las que se extraen (SEMARNAT, 2019).

Por lo tanto, se considera “el compostaje” como una forma adecuada para el reciclaje de residuos orgánicos, ya que ayuda a resolver el problema de su eliminación, a reducir problemas ambientales y también dar lugar al compost, que funciona como un agente mejorador de suelos. Este producto final puede ser utilizado para fines agrícolas en diferentes escalas y sobre todo para

recuperar los suelos degradados, su incorporación al suelo en condiciones adecuadas aumenta la fertilidad (UNA, 2015).

En el presente trabajo se contempla este método como una técnica viable para su implementación a nivel domiciliario en la comunidad de San Lucas el Grande, San Salvador el Verde en el Estado de Puebla por algunos sectores de la población partiendo de la difusión informativa y de conocimiento para la comprensión del proceso de compostaje con el fin de responsabilizarse, manejar y aprovechar adecuadamente los residuos propios que se generan promoviendo un impacto positivo y beneficios repercutibles a favor del medio ambiente y la sociedad.

Se contempla la participación de pobladores para realizar compostas caseras a partir de información proporcionada mediante herramientas de difusión informativa para generar abono orgánico a partir de residuos sólidos orgánicos. Se aplicará un monitoreo constante de las condiciones de humedad y temperatura en cada composta para verificar un adecuado proceso de compostaje; estos datos generados servirán para la identificación de la viabilidad de esta herramienta en cuanto a la cantidad de insumos requeridos y cantidad desviada de materia orgánica de los rellenos sanitarios para su reutilización en el hogar.

## **Planteamiento del problema**

Los principales elementos del problema de la basura en municipios urbanos de México son el creciente monto de residuos sólidos urbanos (RSU) que se desechan y que demandan mayor infraestructura para recolección y disposición de estos (Bernache, 2015).

El Estado de Puebla mantiene una generación de 5, 991 toneladas diarias de RSU manteniendo la predominancia de residuos orgánicos sobre los inorgánicos (IGAVIM, 2020). Dentro del panorama local en la localidad de San Lucas el Grande la generación de residuos se estima aproximadamente dentro de un rango de 4 a 6 toneladas diarias, adicionalmente se suma la inexistencia de lineamientos o programas para la separación, generación, control, disposición, revalorización de residuos y la escasa participación social, gubernamental y privada lo que afecta aún más la condición de la localidad frente a la problemática de RSU.

De acuerdo con el CENAPRED 24 sitios de disposición final cumplen con la NOM-083-SEMARNAT-2003 lo que representa el 24.74% del total de los 97 sitios identificados en la entidad poblana, sin embargo, se identificaron 6 sitios que no cuentan con geomembrana ni con la captura de lixiviados por lo que resulta deficiente la valoración de que cumplen con la normativa. Por lo tanto, la mayoría de los sitios de disposición final no cuentan con infraestructura completa y eficiente para el manejo de residuos y control de la contaminación.

La situación actual de los rellenos sanitarios está en una situación de vulnerabilidad que compromete las metas aspiradas por los marcos normativos y, con ello, el mantenimiento de un equilibrio entre la población con su medio ambiente. Dentro de los elementos identificados en los problemas de los rellenos sanitarios se contemplan las relaciones entre los gobiernos, la interpretación y ejecución de las acciones para la valorización de los residuos; la falta de generación y de acceso a la información; la falta de sensibilización de la población y la falta de innovación tecnológica (Marcos, 2017).

Aguirre (2016) establece que la problemática ambiental relacionada directamente con el manejo de los residuos sólidos en los sitios de confinamiento afecta al ser humano y a su entorno de diferentes maneras. La descomposición de la materia orgánica en los rellenos sanitarios produce líquidos contaminados que son filtrados por el suelo y pueden comprometer los acuíferos; la contaminación del suelo como recurso que más directamente se ve afectado por el inadecuado

manejo de los residuos sólidos, ocurre por los lixiviados que se filtran a través del suelo afectando su productividad y acabando con la microfauna que habita en ellos; durante el proceso de descomposición, los residuos generan malos olores y gases, como metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que ayudan a incrementar el efecto invernadero en el planeta, aumentando la temperatura y generando deshielo en los polos.

El relleno sanitario de Huejotzingo Puebla, sitio en el que se confinan los RSU que se generan en la localidad de San Lucas el Grande por un convenio intermunicipal debido a una inadecuada operación fue adepto de una clausura desde el año 2018 siendo el año 2015 la fecha restrictiva para la disposición final de residuos por motivo de generación de contaminación al manto acuífero que afectó a Huejotzingo, Calpan, Juan C. Bonilla, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y Puebla.

Por lo tanto, se considera el compostaje como alternativa y como tratamiento para el manejo de residuos sólidos orgánicos desde su fuente de generación.

## **Justificación**

Los residuos orgánicos representan una oportunidad para crear un sistema de circuito cerrado en favor de la sustentabilidad, con un menor impacto ambiental y productos derivados aprovechables. El hecho de desviar del flujo de desechos sólidos la parte correspondiente a residuos orgánicos para su manejo en procesos de compostaje no sólo contribuye a conservar el valioso y cada vez más reducido espacio destinado a los rellenos sanitarios, sino que también aporta beneficios económicos y ambientales, entre los que figuran la generación de energía renovable, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, y mejores condiciones de los recursos hídricos y el suelo (CCA, 2017).

Los residuos de origen domiciliario al representar cerca de la mitad de las emisiones de RSU en los centros poblacionales se asocian a problemas ambientales y sanitarios por el inadecuado manejo por parte de los municipios. El compostaje interviene como una herramienta que permite el aprovechamiento de residuos orgánicos de casi cualquier origen representando una fuente importante de nutrientes para las plantas, es un aporte de materia orgánica que devuelve al suelo lo que la planta exige durante su desarrollo (Hernández, 2003).

La implementación del compostaje es una buena alternativa para dar solución a los problemas que existen en la actualidad en los vertederos. Así mismo, la fabricación de composta principalmente se contempla por la disminución de los impactos negativos producidos por la contaminación y por la generación de un producto orgánico de implementación agrícola.

El presente trabajo contempla la cooperación y esfuerzo de personas de la población con el interés para desarrollar compostaje casero desde sus alcances individuales con el fin de generar un producto a partir de la transformación biológica de residuos orgánicos que se generan en los hogares para producir efectos positivos que conlleva el proceso de formación y aplicación; del mismo modo se demostrará la viabilidad a partir de la obtención de resultados durante el proceso reflejando que su aplicación con una mayor intervención de la población aumentaría los resultados y beneficios.

La necesidad de intervenir en las problemáticas ambientales que nos rodean y de las cuales somos responsables no le conciernen únicamente a las autoridades u organismos especializados en la materia, sino que es un deber común dentro de la relación del hombre con la naturaleza que nos

concierno de manera individual y colectiva con base en una mentalidad conservacionista, principios éticos y morales para conducir nuestra forma de vida hacia un desarrollo sustentable.

## **Objetivos**

### **General**

Aprovechar los residuos orgánicos generados en la población de San Lucas el Grande, San Salvador el Verde, Puebla para la obtención de abono y disminución de los residuos que se disponen en el relleno sanitario perteneciente al municipio de Huejotzingo.

### **Específicos**

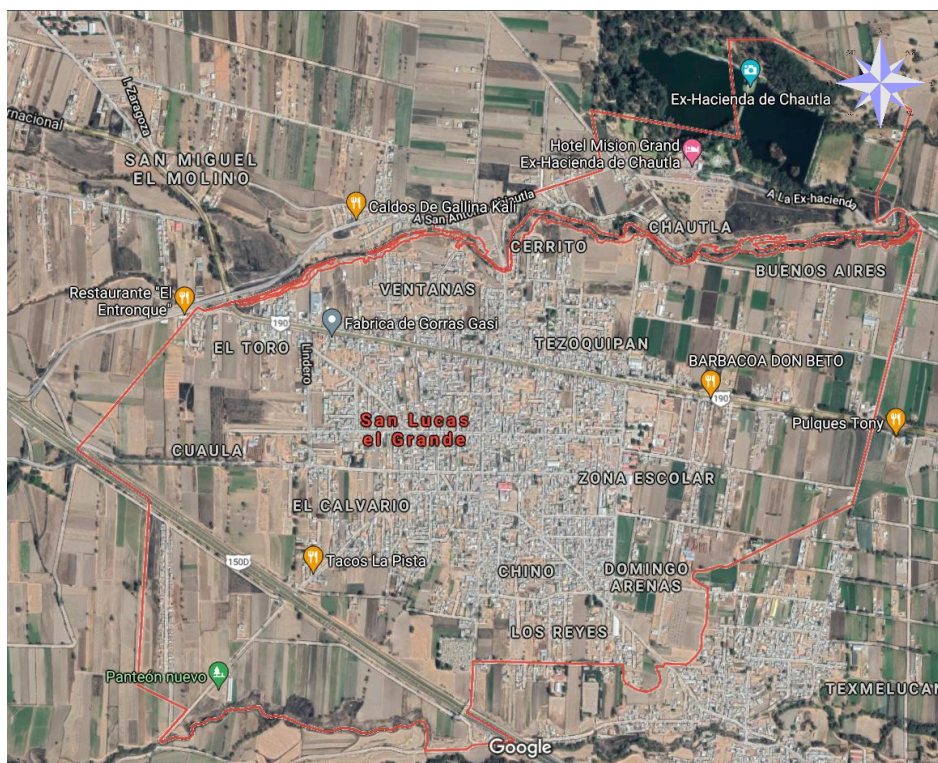
- Conocer la perspectiva de la población respecto a la disposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).
- Analizar la generación y disposición de los RSU en la localidad.
- Capacitar a la población para el aprovechamiento de los RSU tipo orgánico.
- Elaborar compostas experimentales en la población de San Lucas el Grande.
- Obtener, utilizar y almacenar el abono obtenido en la composta.

## Capítulo 1. Marco teórico

### 1.1 Características generales de la región

#### 1.1.1 Ubicación y población

La comunidad de San Lucas el Grande en el Estado de Puebla (ver Figura 1), se encuentra a 2318 metros de altitud con respecto al nivel del mar con una superficie de aproximadamente 580 hectáreas; las coordenadas de la localidad son  $19^{\circ} 18' 19''$  en latitud norte y  $-98^{\circ} 28' 45''$  de longitud oeste. Entre sus colindancias se ubica la localidad de San Matías Tlalancaleca al noroeste, San Rafael Tlanalapan en la parte sureste, en la zona este se encuentra San Cristóbal Tepatlaxco y al suroeste la cabecera municipal San Salvador el Verde.



*Figura 1. Mapa de la localidad de San Lucas el Grande, San Salvador el Verde, Puebla. Toma Satelital Google Maps (2021)*

De acuerdo con el INEGI (2020) el número total de habitantes es de 9138 de los cuales a continuación se dividen por edades como se muestra en la Tabla 1; el número de viviendas particulares en la comunidad es de 2, 555 de las cuales solo 2, 194 se encuentran habitadas.

*Tabla 1. Características de la población*

<b>Población</b>	<b>Total</b>
De 0 a 14 años	2,297
De 15 a 29 años	2,290
De 30 a 59 años	2,819
De 60 y más años	1,081
De 65 y más años	734
Con discapacidad	28

Fuente: INEGI 2020

**1.1.2 Clima***Tabla 2. Temperatura media normal enero-diciembre 1981-2010*

<b>Mes</b>	<b>Temperatura °C</b>
Enero	12.8
Febrero	14.0
Marzo	14.7
Abril	16.0
Mayo	17.8
Junio	18.2
Julio	17.3
Agosto	17.2
Septiembre	16.8
Octubre	15.3
Noviembre	14.1
Diciembre	12.8

Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Meteorológico Nacional.

En el municipio se presenta la transición de los climas templados del valle de Puebla, y a los semifríos de las partes bajas de la Sierra Nevada; se identifican dos climas: clima templado subhúmedo con lluvias en verano; clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Cuya

precipitación pluvial del mes más seco es menor de 40 milímetros presentándose en las faldas inferiores de la Sierra Nevada, en el clima predominante.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional a través de la estación ubicada en San Martín Texmelucan, Puebla a 6.5 kilómetros de la localidad de San Lucas el Grande mediante la base de datos de las Normales Climatológicas de 1981 a 2010 se registraron los datos de temperatura media de los meses de enero a diciembre como se observa en la Tabla 2, por lo tanto, la temperatura media normal anual comprendida en ese periodo es de 15.6 °C. En el caso de la temperatura media mensual para el periodo más reciente que comprende el año 2019 del mes de enero a julio (ver Tabla 3) corresponde una temperatura de 16.5 °C.

*Tabla 3. Temperatura media mensual enero-julio 2019*

<b>Mes</b>	<b>Temperatura °C</b>
Enero	12.129
Febrero	15.267
Marzo	16.419
Abril	17.35
Mayo	18.983
Junio	17.933
Julio	17.403

Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Meteorológico Nacional.

### ***1.1.3 Características y uso de suelo***

En la Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2010) establece que en el territorio del municipio de San Salvador el Verde, Puebla se presenta una gran variedad edafológica; identificando seis grupos de suelos:

**Suelo Litosol.** Se localiza en las partes más elevadas del municipio al Suroeste, así como en la ribera del río Atoyac. No son aptos para cultivos de ningún tipo y sólo pueden destinarse a pastoreo.

**Suelo Regosol.** Se presenta en las faldas inferiores de la Sierra Nevada, así como en zonas planas del noreste ocasionalmente presenta fase gravosa (fragmentos de roca o tepetate menores de 7.5 centímetros de diámetro en el suelo).

**Suelo Andasol.** Ocupa las últimas estribaciones orientales de la Sierra Nevada, presenta fase pedregosa (fragmento de roca o tepetate de 7.5 centímetros de diámetro).

**Suelo Cambisol.** Se localiza en la porción central y extremo noreste.

**Suelo Fluvisol.** Se localiza en un área reducida al centro-sur.

**Suelo Feozem.** Se presenta en algunas áreas al sureste, en fase gravosa.

#### ***1.1.4 Actividades económicas***

Las actividades preponderantes en la localidad de acuerdo con lo establecido por el INAFED (2010) del Estado de Puebla se describen a continuación:

**Fruticultura.** Se tiene tejocote, pera, ciruela, chabacano, durazno, manzana, aguacate, capulín y nogal.

**Ganadería.** En esta actividad se cuenta con ganado de traspatio, entre ellos el bovino, caprino, porcino, lanar y equino; además existen otros como el mular y asnal. Existen diferentes variedades de aves.

**Pesca.** En el municipio de San Salvador el Verde, en los cuerpos de agua San Simón. La mesa y el ejido, se implantan las especies carpa y tilapia.

**Industria.** El municipio cuenta únicamente con fabricación de alimentos y muebles de madera, con desarrollo incipiente.

**Explotación Forestal.** En la actividad forestal se tienen zonas boscosas en las que predomina el pino-encino, aptos para explotar.

**Comercio.** Tiendas de abarrotes, farmacias, papelerías, misceláneas, peleterías y refresquerías.

**Servicios.** En lo que respecta a esta rama se encuentran veterinarias, loncherías y torterías, restaurantes, fondas para la preparación de alimentos, talleres de reparación automotriz, de bicicletas y aparatos eléctricos.

Derivado de las actividades económicas y cotidianas que se realizan en la comunidad se pueden identificar los siguientes aspectos ambientales (resultado de la interacción entre las actividades antropogénicas y el medio ambiente), por mencionar, el uso de agua y descarga de aguas residuales, uso de suelo, emisiones a la atmósfera, recursos naturales flora y fauna silvestre y generación de residuos sólidos urbanos siendo este último el tema y situación abordada.

## **1.2 Situación de los Residuos Sólidos Urbanos**

La definición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) establecida en la fracción XXXIII del artículo 5 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (2015) menciona que son los generados en las casas habitación, que 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, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole.

### ***1.2.1 Nivel nacional***

En México la generación per cápita es un indicador que se utiliza para estimar la cantidad de residuos producidos en las localidades, para dimensionar las instalaciones o equipos necesarios para su recolección, aprovechamiento o disposición final (...) en México la generación per cápita calculada fue de 0.944 kg/hab/día de los cuales el 0.653 corresponde a residuos domiciliarios y el 0.291 restante a residuos no domiciliarios, es decir, aquellos que resultan de las actividades económicas. A partir de los datos de generación per cápita por tamaño de municipio y la cantidad de habitantes reportado por el INEGI, en el Censo de Población de 2015, en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos 2020 se determinó la generación de residuos a nivel nacional en 120,128 t/día; 17,233 t/día más que las estimadas en el DBGIR 2012 (SEMARNAT-INECC, 2020).

Del total de residuos el 31.56% corresponde a residuos susceptibles de aprovechamiento, el 46.42% a residuos orgánicos y el 22.03% a “otros residuos” (SEMARNAT, 2020).

### ***1.2.2 Nivel Estatal***

De acuerdo con lo establecido por el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (2012) la generación de residuos sólidos urbanos para la entidad federativa de Puebla en el año 2009 fue de 1, 770 toneladas. Para el año 2012 la entidad originó diariamente 3,415.31 toneladas de residuos sólidos, de las cuales más de la mitad (50.7%) son orgánicos y 30% se dividen en plásticos, papel, cartón, vidrio, metales, entre otros. Sin embargo, sólo 3% de la basura se recicla en las zonas urbanas de la demarcación. De acuerdo con la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial, Puebla “se ubica en el 8º lugar nacional de residuos sólidos urbanos confinados en rellenos sanitarios, ya que ahí se deposita el 80.5% de éstos” (CESOP, 2012).

En el 2016, la recolección de RSU en Puebla ascendió a 4,218 toneladas, por lo que el estado ocupó el séptimo lugar nacional en volumen de RSU recolectados (Balderas, 2020).

De acuerdo con el Instituto para la Gestión, Administración y Vinculación Municipal (IGAVIM) el estado de Puebla (2020) tiene una generación estimada de residuos sólidos urbanos (RSU) de 5,991 toneladas diarias, con una recolección aproximada de 4,218 toneladas diarias y un promedio de cobertura del 70.41%.

Uno de los aspectos más importantes en la generación de residuos sólidos urbanos es el aumento considerable de las cantidades conforme el paso de los años de acuerdo con los datos anteriormente mencionados sin considerar que del total de residuos generados una parte de ellos no son recolectados ni dispuestos en algún sitio de disposición final o relleno sanitario, sino que debido a los hábitos inadecuados e inconscientes de algunos sectores de la sociedad la disposición se realiza a cielo abierto, calles, vertederos, ríos o sitios con las condiciones inapropiadas para su confinamiento final por lo que generan problemas de contaminación ambiental.

### ***1.2.3 RSU en la localidad de San Lucas el Grande, San Salvador el Verde, Puebla***

El panorama actual de la localidad frente a los RSU de acuerdo con lo que establece el Sr. Eduardo Brindis, regidor de obras públicas de San Salvador el Verde, Puebla, menciona la inexistencia de programas para el manejo integral o aprovechamiento de residuos, datos

cuantificables y respaldados de las cantidades y tipo de residuos que se generan en las diferentes juntas auxiliares así como la falta de un relleno sanitario municipal propio por lo que la disposición final de los residuos de la comunidad de San Lucas el Grande y las demás juntas auxiliares pertenecientes al municipio se lleva a cabo en el relleno sanitario intermunicipal ubicado en el municipio de Huejotzingo, Puebla (E. Brindis, comunicación personal, 11 de enero de 2021).

De acuerdo con la declaración del Sr. Ansberto Coraza, trabajador y encargado en el sistema de recolección de RSU del municipio de San Salvador el Verde se reporta que la cantidad actual de residuos recolectada y transportada de la localidad de San Lucas el Grande hacia el relleno sanitario de Huejotzingo, Puebla, es de 4 a 6 toneladas por día (A. Coraza, comunicación personal, 27 de abril de 2021). De la cantidad anteriormente expresada, aunque de manera cualitativa menciona la superioridad en cantidad por residuos sólidos orgánicos; tal información puede sustentarse de acuerdo con lo expuesto por la SEMARNAT-INECC (2020) a través del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (DBGIR) en donde se estima que del total de residuos sólidos generados en México el 46.42% corresponde a residuos orgánicos.

Dentro de la etapa de recolección una de las autoridades principales en la junta auxiliar de San Lucas el Grande, el C. Erick Aguilar menciona que las dos unidades del sistema de recolección de residuos al servicio de la comunidad cada vez más se ve limitada para cubrir con la demanda de generación de residuos por lo que el periodo de recolección es más frecuente y los camiones tienen que ir a descargar los residuos hasta dos veces al día al sitio de disposición final.

El sistema de recolección cuenta con dos camiones los cuales realizan un recorrido por toda la población de lunes a viernes repartidos en las diferentes secciones, al día cada camión realiza de dos a tres viajes al relleno sanitario para la disposición final de los RSU y regresa para finalizar la ruta, el problema explicado por los trabajadores es la cantidad de residuos a transportar ya que las cantidades van en aumento a comparación con años anteriores situación que genera una mayor cantidad de tránsito de las unidades así como la inversión de más recursos financieros y aumento en la generación de emisiones de gases de combustión.

De manera conjunta se incluyen al proceso de recolección de residuos de manera no oficial la gente de otras localidades que haciendo uso de animales y un contenedor transportan los residuos a vertederos u otros lugares no aptos, ni autorizados para la disposición final de la basura, desarrollándose esta actividad ilegal como una fuente económica de ingresos; el número

aproximado de unidades que ingresan a la comunidad va de veinte a treinta de acuerdo con el testimonio de uno de los recolectores.

### **1.3 Situación del relleno sanitario intermunicipal de Huejotzingo, Puebla**

De acuerdo con el recurso de revisión con número de folio 003220, expediente RR-112/2020 interpuesto a través del Instituto de Transparencia Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales del Estado de Puebla con solicitud para obtener información correspondiente con la operación del relleno sanitario en Huejotzingo para conocer el estatus del sitio se expidió un resolutivo referente a la clausura del mismo con fecha del 15 de octubre de 2018 la cual se actualizó el 30 de enero de 2019 percatando que la disposición de residuos se negó desde mayo de 2015; siendo está la única información existente referente al manejo y operación del relleno sanitario por lo que se considera una gran faltante de información.

La clausura del Relleno Sanitario como lo expone el IGAVIM (2020) obedece a la contaminación que éste provocó al manto acuífero que fluye de manera subterránea, afectando a los municipios de Huejotzingo, Calpan, Juan C. Bonilla, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y Puebla, representando un riesgo a la salud de la población que se abastece de dicho manto acuífero. La descarga de desechos sólidos en esta área está prohibida, la persona o personas que hagan uso del Relleno Sanitario en mención serán acreedores a las sanciones legales que estas acciones conllevan.

Posteriormente se realizó la reapertura del relleno sanitario de acuerdo con lo que se establece en la página oficial de la administración 2018-2021 del municipio de Huejotzingo.

### **1.4 Normatividad para el manejo de residuos**

Las bases jurídicas y la reglamentación ambiental en materia de residuos en México comprenden un grupo de instrumentos y marcos de intervención regulados por los tres órdenes de gobierno que confieren soportes de legalidad y legitimidad a la actuación gubernamental. Esta legislación se encarga de la regulación entre la interacción de la sociedad y los componentes del medio ambiente natural con el fin de reducir los impactos negativos y estandarizar la generación y manejo integral de residuos garantizando el cuidado del entorno natural. Algunos de los instrumentos más importantes son:

#### ***1.4.1 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos***

Establece las bases para aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos (LGPGIR, 2015).

#### ***1.4.2 Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla***

Tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona de contar con un medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención y regulación de la generación, caracterización, la valorización y la gestión integral de residuos de competencia estatal y municipal; prevenir la contaminación de sitios por residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como llevar a cabo la remediación en su caso (LPGIRSUMEEP, 2019).

#### ***1.4.3 Código Reglamentario Municipal para el estado de Puebla (COREMUN)***

De acuerdo con lo establecido en el artículo 1789 del código reglamentario el Honorable Ayuntamiento, a través de la Agencia y el OOSL, en forma conjunta con los diferentes órdenes de gobierno y la sociedad, fomentará y desarrollará programas de manejo integral de residuos sólidos urbanos, mediante actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte, y disposición final (COREMUN, 2018).

#### ***1.4.4 Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003***

Establece las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Los resultados de Jiménez (2015) indican que la instrumentación legal institucional en el marco de residuos exhibe límites en la forma de conducción de la acción pública debido a la ausencia de una institución con legitimidad y rectoría en el sector; desajustes en los procedimientos organizativos entre las instituciones inmiscuidas y en los diferentes niveles de gobierno así como debilidades en las instancias de seguimiento, evaluación y apoyo para conducir la construcción de

la acción pública. La intención gubernamental expresada en el modelo de gestión no ha podido implementar su orden sobre los territorios locales: estados y municipios, este escenario establece una situación privilegiada para el análisis de la construcción de la acción pública ya que exhibe una laguna en la implementación. La instrumentación de la política de residuos se lleva a cabo en espacio de incertidumbre, de incoherencia, de falta de continuidad y de armonía.

Los efectos derivados de la falta de seguimiento de los recursos jurídicos generan consecuencias ambientales por la inadecuada disposición y manejo de los residuos resultando negativamente en la salud de las personas y de los ecosistemas naturales.

### **1.5 Problemática por RSU**

Los principales elementos del problema de la basura en municipios urbanos de México son el creciente monto de residuos sólidos urbanos (RSU) que se desechan y que demandan mayor infraestructura para recolección y disposición de los mismos; los requerimientos económicos (presupuestales) para el pago de personal y parque vehicular para la recolección; la disposición final de residuos en sitios, ya que no siempre se cuenta con infraestructura completa para el control de la contaminación; la falta de estrategias para la gestión sustentable de residuos; y la escasa participación social en los procesos de gestión, particularmente en lo que se refiere a minimizar la producción y separar los residuos (Bernache, 2015).

Los RSU pueden dividirse en dos grandes grupos: *a)* los residuos orgánicos como los de frutas y verduras, residuos de comida y de jardín; *b)* los inorgánicos que incluyen materiales de plástico, vidrio, metales y otros (Pérez *et al.*, 2019).

La predominancia de residuos orgánicos o inorgánicos se asocia a la condición económica de la población: en los países con menores ingresos dominan los de composición orgánica, mientras que en los países con mayores ingresos los residuos son principalmente inorgánicos, con una cantidad importante de productos manufacturados. México está migrando hacia una composición con una menor predominancia de residuos orgánicos (SEMARNAT, 2019).

A pesar de la disminución en esta tendencia, los residuos sólidos orgánicos al ser el componente en mayor proporción del total de RSU su inapropiada disposición final genera problemas sociales y ecológicos.

Como lo menciona Tejada (2013) la composición de los residuos orgánicos está provocando una transición, pasando de ser densos y casi completamente orgánicos a voluminosos y crecientemente no biodegradables, es decir, con una mayor proporción de materiales de lenta descomposición. Es precisamente ésta última característica la que alberga consecuencias y retos particulares, asociados al tiempo de degradación de estos, aunado a características particulares como el volumen, puesto que el incremento en la generación total de residuos también implica el manejo de mayores cantidades.

Según caracterizaciones de RSU la proporción de orgánicos sobre los residuos sólidos urbanos y la disposición indiscriminada de estos residuos en rellenos sanitarios se traduce en pérdida de nutrientes y contaminación ambiental.

Las características fisicoquímicas de los residuos sólidos urbanos orgánicos y los procesos de descomposición que le son propios, se corresponde con la generación de gases y lixiviados con altas cargas contaminantes, creando la necesidad de sistemas de tratamiento costosos y complejos, necesarios para realizar la remoción de contaminantes que exige la normatividad, de tal manera que se evite un mayor deterioro de los recursos agua, aire y suelo. De igual manera, el no aprovechamiento implica que la vida útil de los rellenos sanitarios se agote de manera más rápida. Se sabe hoy que sitios aptos para tal fin escasean y que, además el montaje y operación de estas infraestructuras es inductor de graves conflictos ambientales y sociales (Jaramillo y Zapata, 2008).

## **1.6 Consecuencias ambientales**

Algunos de los impactos ambientales negativos generados por el inadecuado manejo de RSU de acuerdo con lo que establece SEMARNAT (2013) a través del informe de medio ambiente en México se genera:

### ***1.6.1 Contaminación de los suelos y cuerpos de agua***

La descomposición de los residuos y su contacto con el agua puede generar lixiviados (es decir, líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales) que contienen, en forma disuelta o en suspensión, sustancias que se infiltran en los suelos o escurren fuera de los sitios de depósito. Los lixiviados pueden contaminar los suelos y los cuerpos de agua, provocando su deterioro y representando un riesgo para la salud humana y de los demás organismos.

### ***1.6.2 Proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades***

Los residuos orgánicos que se disponen atraen a un numeroso grupo de especies de insectos, aves y mamíferos que pueden transformarse en vectores de enfermedades peligrosas como la peste bubónica, tifus murino, salmonelosis, cólera, leishmaniasis, amebiasis, disentería, toxoplasmosis, dengue y fiebre amarilla, entre otras.

### ***1.6.3 Generación de contaminantes y gases de efecto invernadero***

La descomposición de los residuos orgánicos produce biogases que resultan desagradables no sólo por los olores que generan, sino que pueden ser peligrosos debido a su toxicidad o por su explosividad. Algunos de ellos son también gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global. Entre estos gases destacan el bióxido y monóxido de carbono ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ , respectivamente), metano ( $\text{CH}_4$ ), ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y compuestos orgánicos volátiles (COVs, como la acetona, benceno, estireno, tolueno y tricloroetileno).

## **1.7 Aprovechamiento de residuos orgánicos**

Así mismo, derivado de la información proporcionada por las autoridades gubernamentales y del personal que labora en el área de manejo de residuos sólidos urbanos se logra identificar la necesidad de implementar y generar planes, programas y estrategias para el manejo integral de residuos y en su caso de reutilización y revalorización para su aprovechamiento.

Avendaño (2003) menciona que el compostaje se puede considerar como una alternativa de aprovechamiento simple y de bajo costo, como también una tecnología ambiental para convertir residuos orgánicos en un producto de alta calidad, logrando reducir el efecto contaminante y a la vez permitir su reutilización en la agricultura.

Por lo tanto, se disminuirá la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se generan en la población de San Lucas el Grande, San Salvador el Verde, Puebla los cuales se disponen inadecuadamente reincorporando los nutrientes que se desaprovechan, con el fin de mejorar la salud del suelo.

En 2019, Baquero concluye que el aprovechamiento de los residuos orgánicos trae consigo múltiples beneficios donde encontramos principalmente algunos relacionados con problemáticas ambientales, salud humana, económicas, soberanía alimentaria y sociales como se muestra en la

Tabla 4. Por otro lado, las poblaciones más beneficiadas, en este caso, serían las que viven cerca de los rellenos sanitarios ya que son ellas las directamente afectadas con los malos manejos que se ven con respecto a los residuos orgánicos.

*Tabla 4. Beneficios por el aprovechamiento de residuos orgánicos*

<b>Aspecto</b>	<b>Beneficio</b>
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducen la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario.</li> <li>• Se transforman en materia prima para fertilización ecológica.</li> <li>• Contribuyen a la recuperación de suelos degradados.</li> <li>• Facilitan la transición hacia modelos de agricultura ecológica u orgánica.</li> <li>• Mitigan la emisión de gases de efecto de invernadero, al utilizar abonos orgánicos en sustitución de fertilizantes sintéticos.</li> <li>• Incentivan el aumento de la cobertura vegetal de la ciudad, al tener disponibilidad de sustratos para cultivar plantas, que aumentan la tasa de fijación de dióxido de carbono, lo que mitiga el calentamiento global.</li> <li>• Disminuyen la presión sobre los recursos naturales como la tierra negra y el petróleo (materia prima de fertilizantes sintéticos), al reducir su consumo.</li> <li>• Regulan el pH del suelo, y su aplicación es benéfica en la producción de cultivos.</li> <li>• Aplacan los olores ofensivos que se derivan de la descomposición de los residuos en el relleno sanitario, que afectan principalmente a las personas que viven cerca del relleno.</li> </ul>

<b>Aspecto</b>	<b>Beneficio</b>
Salud humana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitan la obtención de alimentos orgánicos, libres de contaminación por agroquímicos, fomentando la alimentación sana como estrategia de salud preventiva.</li> <li>• Permiten disponer de sustratos orgánicos para el cultivo ecológico de plantas aromáticas medicinales, las cuales se constituyen en una alternativa natural a los productos farmacológicos.</li> <li>• Previenen la aparición y transmisión de enfermedades que se generan con un manejo inadecuado de los recursos orgánicos al reducir la proliferación de vectores (moscas, roedores, entre otros).</li> </ul>
Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilitan la consolidación de proyectos productivos para la generación de ingresos alrededor de la producción de abonos y alimentos orgánicos.</li> <li>• Minimizan la dependencia externa de fertilizantes, así mismo, brindan una mayor sostenibilidad y autonomía para los agricultores al aprovechar los recursos locales y reducir la compra de insumos para sus cultivos.</li> <li>• Reducen los gastos de la canasta familiar al facilitar la producción de alimentos y materias primas naturales que dejan de ser compradas.</li> <li>• Disminuyen los costos de producción al reemplazar los fertilizantes de síntesis química derivados del petróleo (urea y otros) de origen mineral como el fósforo, por abonos orgánicos producidos dentro de la finca.</li> </ul>
Soberanía alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite el acceso y la disponibilidad de alimentos de la calidad para las comunidades, al disponer de abonos orgánicos para su producción ecológica.</li> </ul>

Aspecto	Beneficio
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilitan la organización de las comunidades alrededor de proyectos comunitarios.</li> <li>• Generan cambios culturales y transforman los valores en los grupos comprometidos en liderar este tipo de iniciativas.</li> <li>• Fortalecen el tejido social, al generar espacios para la integración de la comunidad y el intercambio de saberes.</li> <li>• Preparan a las comunidades para un desarrollo humano sostenible y un consumo responsable a nivel local.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con información proveniente de Baquero (2019), Aprovechamiento de residuos orgánicos residenciales para la generación de abono en Bogotá.

## 1.8 Compostaje

El compostaje de acuerdo con lo que establece el Manual de Compostaje por el Gobierno de España a través del Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino (2009) es una técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para la degradación de residuos orgánicos a través de microorganismos descomponedores (bacterias y hongos) fabricando un abono de elevada calidad asimilable por las plantas.

Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2013) establece que el compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Es posible interpretarlo como la sumatoria de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo.

Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura.

### 1.8.1 Fases del compostaje

La FAO (2013) establece las siguientes fases durante el proceso de compostaje.

**Fase Mesófila.** Con el material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono y nitrógeno generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

**Fase Termófila o de Higienización.** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono (C), como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

**Fase de Enfriamiento o Mesófila II.** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material de compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

**Fase de Maduración.** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

### ***1.8.2 Parámetros durante el compostaje***

**Temperatura.** La temperatura es consecuencia del tipo de proceso y por tanto un indicador de su funcionamiento. El incremento de la actividad biológica genera calor debido a que en las moléculas orgánicas al degradarse y transformarse en otras más sencillas se libera energía almacenada en los enlaces. Se considera que la mayor diversidad microbiana se consigue entre 35 y 40 °C, la máxima degradación entre 45 y 55 °C, y la higienización cuando se superan los 55 °C. El contenido en humedad y la cantidad de materia intervienen en el mantenimiento de la temperatura debido a la elevada capacidad para almacenar calor (Barrena, 2006).

**Humedad.** La presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso. La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70 %; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso. El exceso de humedad puede ser reducido con una mayor aireación. A su vez, con un buen control de la humedad y de la aireación, puede llevarse a cabo el control de la temperatura (Márquez *et al.*, 2016).

**Tamaño de partícula.** El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es una importante variable para la optimización del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Por lo tanto, el desmenuzamiento del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso. Las dimensiones óptimas consideradas son entre 1 y 5 cm, entre 2 y 5 cm o 2.5 y 2.7 cm. Un tamaño inferior genera la reducción de espacio entre las partículas limitando la difusión de oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono hacia el exterior (Moreno y Moral, 2008).

**Relación Carbono-Nitrógeno (C:N).** Para un correcto compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del C y del N, la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35. La relación C/N es un importante factor que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos. La relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercana a 10, similar a la del humus (Márquez *et al.*, 2016).

**pH.** El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6.0 - 7.5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5.5-8.0. El rango ideal es de 5.8 a 7.2 (FAO, 2013).

**Oxígeno.** El oxígeno es fundamental para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Por ello, el aporte de aire en todo momento debe ser idóneo para mantener la actividad microbiana, sin que aparezcan condiciones anaerobias. Para que no se inicie el proceso anaeróbico, debe superarse un mínimo del 10% de aireación. Por ello es importante controlar los materiales introducidos en la pila, ya que, muchos de los restos vegetales, en especial el césped, tienden a apelmazarse y provocar putrefacciones (MMARM, 2009).

### 1.8.3 Tipos de compostaje y consideraciones para su aplicación

Rodríguez y Córdova (2006) refieren que hacer composta doméstica requiere de un espacio, ya sea en un patio, jardín, balcón, azotea, terraza o huerto. El área necesaria varía según la cantidad de residuos biodegradables que se pretenda compostar; el espacio mínimo es un metro cuadrado. El acceso al lugar del compostaje debe ser fácil (...) y el lugar adoptado debe ser protegido de los elementos naturales.

Por ejemplo, una excesiva exposición al sol o al viento puede secar la composta y, por otro lado, el viento y el frío pueden disminuir severamente la temperatura. También la lluvia excesiva puede influir negativamente en el proceso de compostaje.

Existen diversos métodos y técnicas para la realización de compostas; de acuerdo con Storino (2017) la elección del sistema de compostaje depende de la disponibilidad de recursos materiales, la cantidad de restos orgánicos, así de como la disponibilidad de tiempo y espacio disponible, y de eventuales exigencias estéticas. Los sistemas de compostaje pueden ser clasificados según su disposición (en pilas o en contenedores), según su manejo (estático o dinámico), antigüedad de utilización (sistemas tradicionales o modernos) o su grado de tecnificación.

#### ***1.8.4 Sistemas para el compostaje***

Los métodos más comunes son los sistemas abiertos y los sistemas cerrados.

**Sistemas abiertos.** Los sistemas abiertos son los sistemas tradicionales de compostaje. Los sustratos a compostar se disponen en montones o pilas que pueden estar al aire libre o en naves. La aireación de la masa fermentable puede hacerse por volteo mecánico de la pila o mediante ventilación forzada. Esta última tiene la ventaja de permitir el control del nivel de oxígeno, así como de la humedad y de la temperatura. Además, supone menores costes y necesidades menores de espacio, evitándose los inconvenientes del volteo de las pilas (Negro *et al.*, 2016).

Los sistemas más utilizados son los siguientes:

- a) Compostaje en pilas estáticas con aireación natural
- b) Compostaje en pilas estáticas con ventilación forzada
- c) Compostaje en pilas por volteo

**Sistemas Cerrados.** Codony y Ros (2007) mencionan que estos sistemas permiten ampliar la capacidad de tratamientos. Se hace uso de la ventilación forzada. Se da una degradación más rápida y completa con una mínima contaminación de los alrededores. Este método es frecuentemente usado a nivel familiar.

La técnica del recipiente tiene una serie de características que favorecen su replicación: evita la acumulación de lluvia, protege al material de vientos fuertes, facilita las labores de volteo,

facilita la extracción de lixiviado, controla la invasión de vectores (ratones, aves), y evita el acceso al material en descomposición por personal no autorizado y animales.

Algunos materiales para implementar son tambos, cajas para fruta, cajón de madera, tela de alambre, tabiques, trinchera, cajón múltiple o jardinera.

El Manual de compostaje del Agricultor de acuerdo con la FAO (2013) establece que la gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 5. Residuos compostables y no compostables*

<b>Residuos compostables</b>	<b>Residuos no compostables</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín. Ramas trituradas o procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos. Heno y hierba segada. Césped o pasto previamente secado.</li> <li>• Restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas). Alimentos estropeados o caducados. Cáscaras de huevo (preferible trituradas). Restos de café. Restos de té e infusiones. Cáscaras de frutos secos. Cáscaras de naranja, cítricos o piña (pocos y troceadas).</li> <li>• Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).</li> <li>• Virutas de serrín (en capas finas).</li> <li>• Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados).</li> <li>• Cortes de pelo (no teñido), residuos de esquilado de animales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos químicos-sintéticos, pegamentos, solventes, gasolina, petróleo, aceite de vehículos, pinturas.</li> <li>• Materiales no degradables (vidrio, metales, plásticos).</li> <li>• Tabaco.</li> <li>• Detergentes, productos clorados.</li> <li>• Animales muertos.</li> <li>• Restos de alimentos cocinados, carne.</li> <li>• Frutos con espinas.</li> <li>• Vísceras, sangre o huesos de animales.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con información de la FAO (2013).

### ***1.8.5 Proceso para elaboración de composta***

Rodríguez y Córdova (2006) establecen que en el compostaje a nivel doméstico el proceso puede dividirse en dos tipos, de acuerdo con la velocidad de degradación de los residuos. El tipo “lento” el cual no requiere invertir mucho trabajo, pero la composta tardará en producirse hasta 12 meses; en el tipo “rápido” el cual se seleccionó para su elaboración requiere de mayor esfuerzo, y la composta puede estar lista hasta en dos meses. El compostaje doméstico rápido se lleva a cabo ocupando la totalidad del volumen del recipiente, por lo que se puede emplear la pila, la trinchera, la jardinera o múltiples cajones.

#### ***1.8.5.1 Tren de actividades para el compostaje***

La metodología establecida para la elaboración del compostaje se muestra en la Figura 2. El diagrama se elaboró a partir de diversas fuentes bibliográficas tratando de establecer el proceso más adecuado y eficiente para ser aplicado por los participantes de la comunidad.

Es importante mencionar que como parte de la metodología establecida será necesario registrar las mediciones de temperatura y verificación de la condición de humedad.

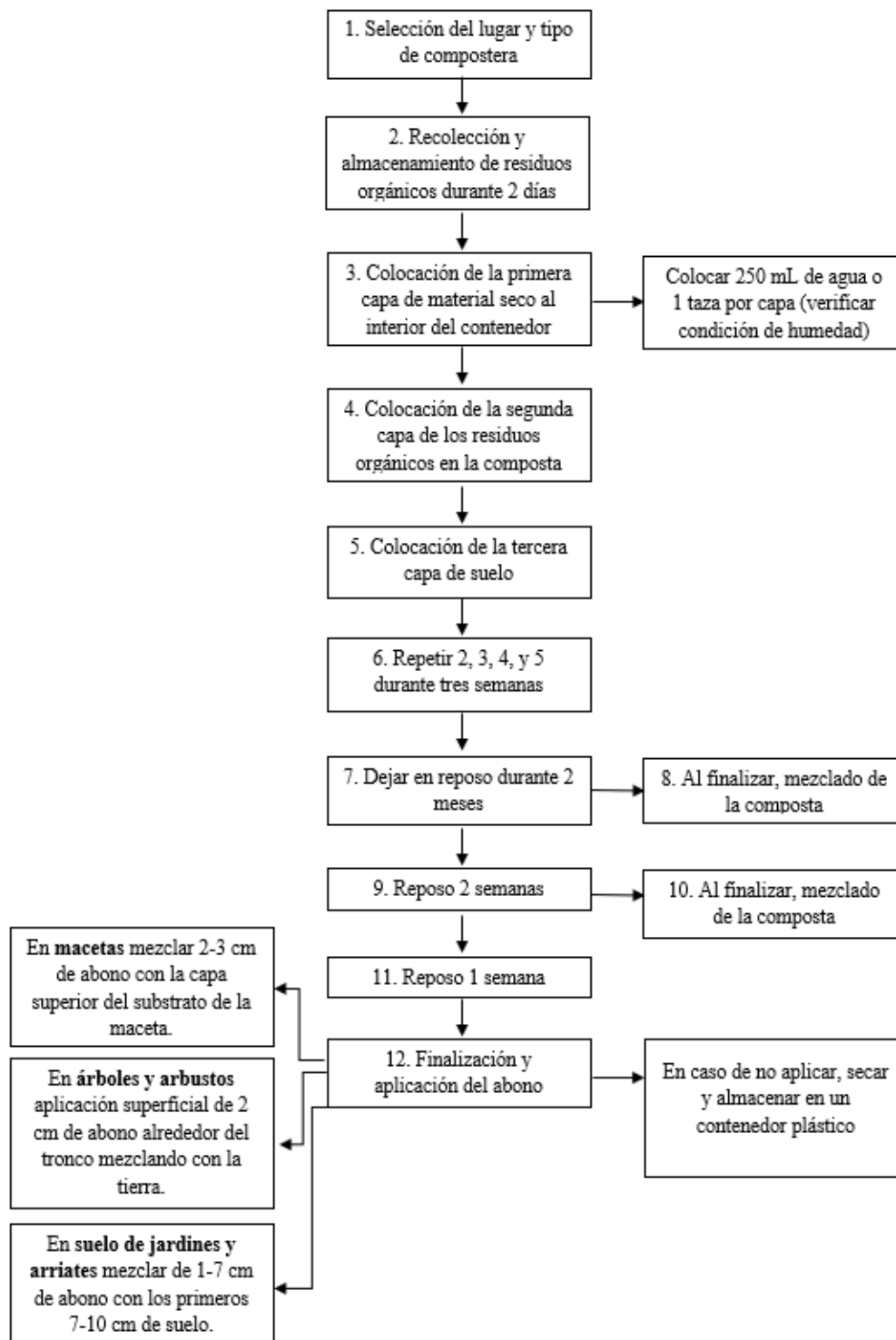


Figura 2. Proceso para la elaboración de compostaje. Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida de Rodríguez y Córdova (2006), FAO (2013), MMARM (2009), MAB (2018), (Negro et al., 2016).

### 1.8.6 Beneficios por aplicación de la composta

La aplicación del abono orgánico sobre o dentro de perfil de suelo afecta positivamente (ver Tabla 6) el crecimiento y desarrollo de los cultivos, al influir de manera directa o indirecta sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

*Tabla 6. Beneficios del compostaje*

<b>Beneficio</b>	<b>Descripción</b>
Compactación del suelo.	A mayor densidad aparente, mayor compactación lo que limita la disponibilidad de agua, nutrientes y aire, indispensables para el óptimo crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas. La aplicación del abono disminuye la densidad aparente.
Almacenamiento de agua y estabilidad estructural.	Efecto positivo en la filtración y retención de agua, disminución de la erosión y mejoramiento del intercambio gaseoso, incrementa la estabilidad de los agregados de los suelos, a través de la formación de puentes catiónicos, mejorando de esta manera la estructura de este.
Fuente de nutrientes.	Aumenta la disponibilidad de elementos minerales, particularmente de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y manganeso.
Aumento del pH del suelo.	En suelos arenosos aumenta el contenido de materia orgánica y estabiliza el pH en rangos cercanos a la neutralidad.
Efecto sobre parámetros de rendimiento.	En las plantas, se destaca mayor absorción de agua y nutrientes, mayor contenido de clorofila, mayor contenido de biomasa y rendimiento en diferentes cultivos agrícolas como maíz, papa, pasto, cebada, lechuga, tomate, En términos generales, el beneficio para la planta y los cultivos incluye el incremento del crecimiento y el vigor, y la reducción de los requerimientos de fertilizantes, agua y pesticidas

Fuente: Elaboración propia con información proveniente de Bohórquez (2019). El proceso de compostaje.

## **Capítulo 2. Metodología**

### **2.1 Información gubernamental**

Para la identificación de la situación real que deriva de la generación de residuos sólidos urbanos, se solicitó a las autoridades municipales de San Salvador el Verde, Puebla, información referente al manejo integral de residuos con el fin de conocer el funcionamiento y operación del sistema de recolección municipal de residuos, así como las cantidades de residuos en particular los residuos sólidos orgánicos generados y recolectados por el organismo autorizado en la comunidad de San Lucas el Grande y en su caso planes o programas para el manejo integral o aprovechamiento (ver sección 1.2.3).

Se planteó la posibilidad de tener un acercamiento con el personal encargado del relleno sanitario en Huejotzingo con ayuda de las autoridades municipales, pero no se logró el objetivo. De manera personal se trató de contactar a los prestadores de servicio y encargados del relleno sanitario del municipio de Huejotzingo, pero no se logró establecer contacto. Con el fin de obtener más información se indagó a través de diversos medios obteniendo información referente a la clausura del sitio de disposición final (ver sección 1.3).

Para centrar y definir más la situación que deriva de los RSU se acudió a la presidencia auxiliar de San Lucas el Grande, Puebla con las autoridades correspondientes para obtener un mayor panorama de la condición que se vive; de la misma forma se encontró un déficit de información en datos que reflejen la condición actual de la localidad, únicamente se dio a conocer las limitaciones en el sistema de recolección de la comunidad. Se realizó una visita nuevamente a las autoridades municipales y posteriormente con los trabajadores encargados en el sistema de recolección de residuos dentro de la localidad de San Lucas el Grande, Puebla para la obtención de información y datos confiables sobre la cantidad de RSU que manejan, tal información se incorpora en la sección 1.2.3.

### **2.2 Información teórica**

Con el fin de aplicar el compostaje como estrategia y herramienta para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en la localidad de San Lucas el Grande en el Estado de Puebla, se realizó una búsqueda de información a través de diversas fuentes informativas para conocer y asimilar los

fundamentos teóricos y prácticos para la aplicación de compostaje con el fin de simplificar y adaptar la información para su posterior difusión a través de la comunidad.

De la información obtenida se seleccionó aquella que mejor se adapta a las características y necesidades de la población de manera que las personas pudiesen intervenir en la disminución de la problemática ambiental que deriva de los residuos a partir de sus actividades cotidianas y alcances por considerar el tiempo, escala, los recursos e insumos y asequibilidad a los mismos, costos, lugar y disponibilidad de espacio para realizar y aplicar el abono de la composta; se concentró la información en un tríptico informativo y en forma de infografía (ver Anexo A) con el fin de dar a conocer la importancia para la aplicación de la composta, beneficios, proceso para su realización, principios para su elaboración, cuidados necesarios, etc. La información comprendida en tales instrumentos se describe en la sección 1.7 y 1.8.

### **2.3 Información de campo**

Se realizó un sondeo aleatorio a través de la población con el fin de identificar la situación real por la generación de residuos sólidos urbanos, en específico los residuos orgánicos que se generan en los diferentes hogares de la comunidad de San Lucas el Grande, Puebla.

Ya realizados los instrumentos de difusión informativa se comenzó a compartir y presentar la información a la población mediante diversos recorridos a través de la comunidad con acercamientos a distintos hogares y pobladores que transitaban en las calles con el fin de invitarlos en la participación del proceso para la realización de compostaje; de la misma forma en el proceso de interacción con la gente se solicitó información referente a la generación de residuos en cada uno de sus hogares para conocer si aplican alguna técnica para su separación y cómo disponen de ellos por lo que la mayoría refirió al desaprovechamiento de restos orgánicos tras su disposición como basura para su manejo por el servicio de limpia que proporciona el municipio y en menor cantidad su uso para la alimentación de animales de traspatio.

Para contribuir en el proceso de difusión, se proporcionó al presidente auxiliar la información referente al compostaje a través del material didáctico elaborado para que ellos también pudiesen compartir la información con la población; de igual manera se colocaron infografías en al menos 15 ubicaciones distintas de la comunidad junto con la información de

contacto como se muestra en la Figura 3, 4 y 5 para que las personas interesadas tuviesen el acercamiento para realizar y participar en la elaboración de compostas.



*Figura 3. Colocación de infografía*



*Figura 4. Difusión informativa a través de infografías*



*Figura 5. Colocación de infografía*

Así mismo, en esta etapa se mantuvo un acercamiento con los trabajadores del sistema de recolección de residuos de la localidad de San Lucas el Grande con el motivo de conocer la frecuencia de recolección.

## **2.4 Actividades de campo**

### ***2.4.1 Preparación de participantes y materiales***

Con la presentación de los recursos formativos a la población se propuso el acercamiento para la participación de 10 voluntarios, mismos a los que se les presentó nuevamente la información para elaboración de compostas con el fin del esclarecimiento de algunas cuestiones. Anteriormente mencionado y previo a la elaboración de la composta se determinó el alcance, los insumos y materiales a implementar para la construcción de la compostadora en los diferentes hogares por los voluntarios con base en la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados.

Los participantes cuentan con el espacio suficiente para elaborar la composta, así como las áreas verdes con plantas, árboles, traspatios y espacios de suelo aptos para la aplicación del abono orgánico.

Se estableció el procedimiento y fechas para realizar la construcción, alimentación, supervisión, verificación y medición de las condiciones de humedad y temperatura para asegurar un adecuado proceso de la transformación de residuos orgánicos en un abono de calidad.

Dentro de las situaciones emergentes en esta etapa, dos de los participantes por dificultades personales se vieron en la necesidad de cancelar su participación para la elaboración de compostas, un tercer participante más por motivo de la pandemia de salud COVID-19 por el temor y prevención a contagio restringió la participación y acercamiento para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Posteriormente se prosiguió con 7 participantes dentro de los cuales en la primera etapa de transformación de residuos una de las compostas sufrió un percance por lo que el material agregado se perdió y descartó, por lo tanto, a continuación, se describen las compostas sobrantes.

Los sitios seleccionados para la aplicación del compostaje se ubican en el mapa de la Figura 6. La descripción de las características de cada sitio se muestra en la Tabla 7 en donde se menciona el número de personas que radica en cada uno de los hogares, así como la disponibilidad de espacio para el desarrollo de la composta.

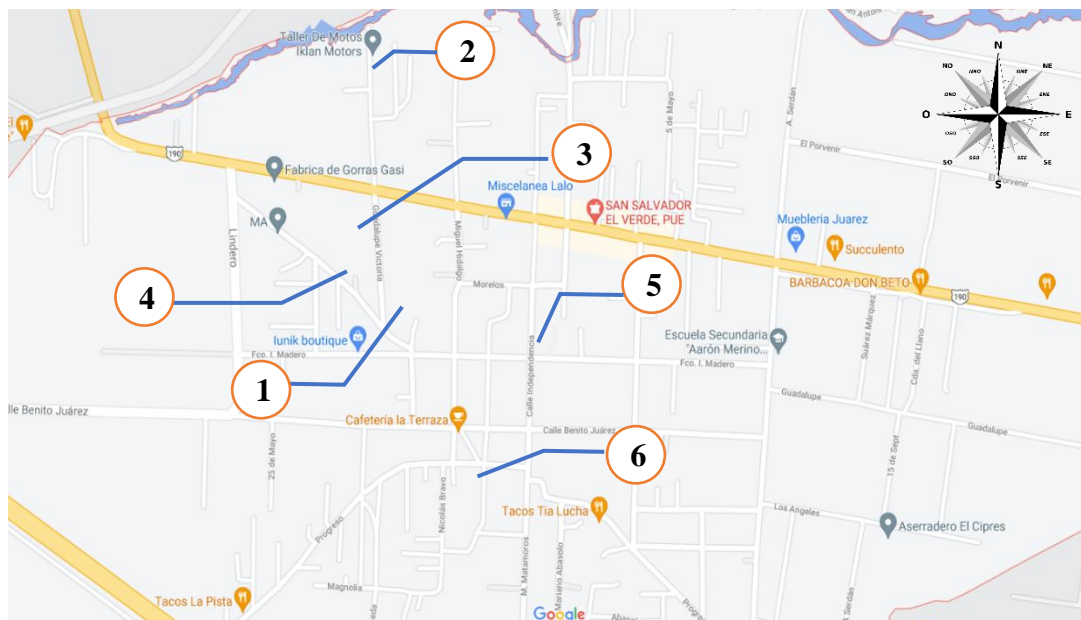


Figura 6. Ubicación de sitios para la realización de compostaje. Fuente Google Maps (2021). Capa de relieve.

Tabla 7. Características de los sitios participantes en el proceso de compostaje

Número de composta	Nombre	Número de personas en el hogar	Áreas verdes en la vivienda
Composta 1	Lorena Saavedra	8 (7 adultos, 1 niño)	Si
Composta 2	Yasmín Pérez	4 (adultos)	Si
Composta 3	Edith Díaz	4 (2 adultos, 2 niños)	Si
Composta 4	Laura Hernández	8 (adultos)	Si
Composta 5	Rubén Pérez	6 (adultos)	Si
Composta 6	Areli Ramos	6 (adultos)	Si

#### 2.4.2 Preparación de composta

- 01 de marzo de 2021

Como parte de la metodología establecida se comenzó con la construcción del contenedor o compostadora. A continuación, se describe el proceso para la realización del compostaje con sus respectivas figuras observándose el tipo de composta elaborada a partir de los distintos materiales en los diferentes sitios seleccionados.

### **Casa 1: Composta 1 - Lorena Saavedra**



*Figura 7. Insumos para elaborar composta*

*Figura 8. Acondicionamiento de composta*

Para la realización de la composta se utilizó material que se encontraba en el sitio uno, en este caso la caja de plástico deriva de las actividades de trabajo y demás materiales como los residuos orgánicos que provienen de las verduras en la preparación de alimentos y las frutas que se consumen; el material seco se recolectó de las áreas de jardín siendo hojas de árboles y pasto en su mayoría, el agua, el suelo y demás materiales complementarios para el armado como se muestra en la Figura 7.

Las medidas del contenedor para la compostadora son 70.5 cm de largo por 39.5 cm de ancho por 30 cm de altura.

Se procedió a colocar un recubrimiento en el interior de la caja de plástico con una bolsa desechada véase Figura 8, para permitir la aireación y un correcto proceso de degradación de los residuos se perforaron todas las caras interiores del plástico.

### **Casa 2: Composta 2 - Yasmín Pérez**

En el segundo sitio seleccionado se proporcionó una caja de plástico como recipiente para elaborar la composta la cual se recubrió con un plástico perforado para la aireación de los residuos al interior; la cantidad de los residuos orgánicos almacenados durante dos días era considerable, en su mayoría estaban integrados por residuos de fruta como cáscaras de piña y verduras como cáscara de pepino, en menor cantidad cáscara de huevo y de aguacate; el material seco consistió en hojas y pasto que se recolectó del área de traspatio junto con el suelo. Estos materiales se pueden observar en la Figura 9.

Las dimensiones con las que cuenta la composta son 60 cm de largo por 40 cm de ancho y 28 cm de altura.



*Figura 9. Materiales para la elaboración de compostadora 2*

- 02 de marzo de 2021

### **Casa 3: Composta 3 - Edith Díaz**



*Figura 10. Insumos para elaborar composta 3*

Para el tercer caso de la implementación de la composta se utilizó el material que aparece en la Figura 10, un bote de plástico el cual se perforó para permitir la entrada de oxígeno, se recolectó hojarasca como material seco y los residuos orgánicos principalmente derivados de los alimentos, en mayor cantidad cáscara de sandía, seguido de verdura como col y cítricos como limón, por último, en menor cantidad cáscaras de huevo.

Las dimensiones finales de la composta cilíndrica son 29 cm de circunferencia con 35.5 cm de altura.

### **Casa 4: Composta 4 - Laura Hernández**



*Figura 11. Insumos para elaborar composta*      *Figura 12. Construcción composta 4*

En la Figura 11 se presenta el material que se implementó para la elaboración de la composta. En este caso se utilizó un cajón de metal que no tenía un uso por lo que se perforó para permitir la entrada de aire al interior, así como la malla tipo mosquitero para tapar la superficie; el material seco y el suelo se recolectó del área de jardín consistiendo en hojas y pasto; los residuos orgánicos en mayor cantidad eran restos de verduras como restos de papa, pepino, tomates y chile, fruta como plátano; de igual manera era considerable la cantidad de restos de huevo; el material complementario para el acondicionamiento es reciclado.

Debido a que el cajón estuvo expuesto al exterior por un grande lapso de tiempo se creó una reacción de oxidación en el metal por lo que fue necesario acondicionar con un plástico reutilizado el interior del contenedor mostrado en la Figura 12, de tal manera que los materiales que integran la composta no se encontraran en contacto directo con el metal; de igual manera se realizaron aberturas con el fin de permitir una adecuada aireación.

De las dimensiones de la composta se considera un largo de 75 centímetros por 53.5 cm de ancho por 32.5 cm de altura.

#### **Casa 5. Composta 5 - Rubén Pérez**

En la casa número 5 el material con que se contaba para la realización de la composta se presenta en la Figura 13 el cual consistió en tabiques que se obtuvieron del derribo de una construcción, la colocación de cada pieza se acomodó de acuerdo a la Figura 14, de tal manera que existieran aberturas para la aireación del interior; el suelo se obtuvo del área de jardín; el material seco consistió en pasle y se reciclaron materiales que ya habían sido desechados como los residuos orgánicos siendo la mayoría restos de fruta como cáscaras de melón, naranja, mango y aguacate, restos de mamey con uvas, poca verdura con cáscara de huevo y para el

acondicionamiento interno de la estructura se colocó una bolsa de plástico tal como se muestra en la Figura 15, que al mismo tiempo se perforó para permitir la entrada de aire.



*Figura 13. Materiales para composta 5*



*Figura 14. Construcción composta 5*



*Figura 15. Acondicionamiento de composta 5*

Las dimensiones de la composta son 56 cm de largo, 42 cm de ancho y 52 cm de altura con la disposición de aumentar el tamaño en altura de acuerdo con el aumento en la cantidad de residuos.

### **Casa 6: Composta 6 - Areli Ramos**

En la Figura 16 se muestra una caja de plástico la cual se utilizó y acondicionó, realizándole múltiples perforaciones en todas las caras para una adecuada oxigenación.

De las dimensiones de la composta se cuenta con las siguientes medidas: 37 cm de ancho, 60 cm de largo y 23 cm de altura.



*Figura 16. Construcción composta 6*

### **2.4.3 Alimentación de composta**

Posterior a la construcción de la compostadora se precedió con la integración de los residuos orgánicos; para obtener un buen proceso de transformación de los residuos se integró al interior en diferentes tiempos residuos orgánicos de diferentes tipos. De acuerdo con la FAO (2013) establece que inicialmente se colocará material estructurante o material seco en forma de capa (serrín, hojarasca, pasto seco, paja, restos de poda seco) para permitir la aireación de los residuos orgánicos; como segunda capa la adición de los residuos orgánicos frescos (restos de alimentos, restos de poda frescos) previamente recolectados durante dos días y trozados en fracciones pequeñas; finalmente una ligera capa de suelo. Es importante la adición de 250 mililitros aproximadamente o una taza de agua a cada capa de material y en caso de ser necesario aumentar la cantidad de agua respecto a la cantidad de residuos compostados de tal manera que se humecten todos los residuos. El proceso de alimentación se realizó durante tres semanas comenzando a partir del 01 de marzo de 2021.

- 01 de marzo de 2021

#### **Composta 1**

Como primer paso en la alimentación de la compostadora se adicionó una capa de material seco como se observa en la Figura 17 (a), posteriormente se agregó una taza o 250 mL de agua.

Seguida de la capa de material seco se colocaron los residuos orgánicos vegetales previamente trozados como se muestra en la Figura 17 (b) y se humedecieron con media taza de

agua. Los residuos orgánicos en su mayoría consistieron en cítricos como cáscaras de limón y lechuga, en menor cantidad cáscaras de plátano y tomates.

Como última etapa se agregó una ligera capa de suelo véase Figura 17 (c), la cual se humedeció con una taza de agua.

Con una malla tipo mosquitero se cubrió la superficie de la compostadora sujetándose alrededor para evitar que se mueva y el material quede expuesto a moscos, moscas o algún otro animal, este material por sus orificios permite una adecuada entrada de aire al interior. La composta se colocó bajo un techado en el exterior como se aprecia en la Figura 17 (d).



*a) Adición material seco*



*b) Adición restos orgánicos*



*c) Adición de suelo*



*d) Acondicionamiento final de la composta*

*Figura 17. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d)*

## Composta 2



*a) Adición de material seco*



*b) Adición residuos orgánicos*



*c) Adición de suelo y humectación*



*d) Acondicionamiento final*

*Figura 18. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d)*

Después de acondicionar el recipiente para la composta con un plástico reutilizado se agregó una primera capa de hojarasca la cual se humedeció con una taza de agua como se aprecia en la Figura 18 (a).

De manera complementaria se agregó una capa de residuos orgánicos aptos para compostaje véase Figura 18 (b), a los cuales se agregó media taza de agua debido a que se encontraban húmedos por su descomposición.

Finalizando el proceso de alimentación de la compostadora se añadió una capa de suelo como se observa en la Figura 18 (c), favoreciendo la degradación de los residuos, eliminación de olores y evitando la presencia de mosquitos o moscas. Debido a que el suelo poseía un porcentaje reducido de agua se humectó con una taza de agua.

Se procedió a cubrir con un plástico la parte superficial del contenedor sujetándose adecuadamente para evitar la exposición directa a la intemperie de los residuos. Se posicionó en un lugar específico debido a su protección hacia las condiciones directas climáticas permitiendo regular su exposición como se muestra en la Figura 18 (d).

- 02 de marzo de 2021

### **Composta 3**

Se procedió a agregar la primera capa de hojarasca humectándola posteriormente con una taza de agua, como se observa en la Figura 19 (a). Sucesivamente se agregó la segunda capa de material de acuerdo con la Figura 19 (b), es decir, los residuos orgánicos que previamente fueron trozados para reducir su tamaño además de agregarles media taza de agua.

El último material por adicionar fue el suelo en forma de una ligera capa sobre los residuos orgánicos apreciable en la Figura 19 (c), a los que posteriormente se agregó una taza de agua ya que por la temporada y el tipo de región el suelo se encuentra con un bajo porcentaje de humedad, así que para degradar adecuadamente los residuos orgánicos durante el proceso es necesario adicionar agua.

Como parte final del acondicionamiento acorde a la Figura 19 (d) se cubrió con una bolsa de plástico la parte superficial de la composta con sus respectivos orificios ubicándose en un sitio adecuado en el exterior de tal forma que pueda protegerse de la exposición directa a las condiciones externas y pueda regularse su contacto.



*a) Adición de hojarasca*



*b) Adición de residuos orgánicos*



*c) Adición de suelo*



*d) Cubrimiento y acomodo de la composta*

*Figura 19. Alimentación composta casa 3 a), b), c), d)*

#### **Composta 4**

Como siguiente paso (Figura 20 a) después de tener lista la compostadora, es la adición de una capa del material seco u hojarasca la cual se hidrató con una taza de agua.

Previamente trozados los residuos orgánicos con motivos para reducir el tamaño y acelerar el proceso de degradación se agregaron sobre la capa de material seco creando la segunda capa de

material la cual posteriormente se hidrató con media taza de agua; este paso se denota en la Figura 20 (b).

La Figura 20 (c) muestra la última capa de material añadida, suelo con un grosor pequeño y se agregó una taza de agua sobre la misma. En la parte superficial del contenedor se colocó una malla tipo mosquitero facilitando la aireación al interior véase Figura 20 (d). Finalmente, en la Figura 20 (e) la compostadora se colocó en un lugar techado en el exterior permitiendo regular su exposición a las condiciones naturales y por ende el proceso de degradación de los residuos se realice adecuadamente.



*a) Adición del material seco*



*b) Adición de residuos orgánicos*



*c) Adición de suelo*



*d) Acondicionamiento  
final de la composta*



*e) Acomodo  
de la composta*

*Figura 20. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d), e)*

## Composta 5

Para este caso se contaba con pascle como material seco por lo que se utilizó para colocar la primera capa de material en la composta correspondiente a la Figura 21 (a) humedeciendo con dos tazas de agua. Los residuos orgánicos previamente trozados para la reducción de su tamaño se agregaron al interior como segunda capa como se muestra en la Figura 21 (b) que de igual manera se hidrató con media taza de agua; en la Figura 21 (c) se observa la adición de suelo como última capa a la cual se agregó una taza y media de agua. Finalmente, en la Figura 21 (d) se observa la colocación de un plástico de 0.5 cm de grosor en la parte superficial de la composta para proteger de las condiciones climáticas externas, este plástico fue perforado para una adecuada transpiración.



*a) Adición del material seco*



*b) Adición de residuos orgánicos*



*c) Adición de suelo*



*d) Composta final*

*Figura 21. Alimentación composta casa 5 a), b), c), d)*

## Composta 6

Se colocó una cama de material seco (ver Figura 22 a) constituido por hojarasca recolectada en el área de jardín y se humectó con una taza y media de agua. Posteriormente se agregó la segunda capa de material véase Figura 22 (b), consistiendo en residuos orgánicos provenientes de alimentos como restos de piña, plátano y mango, cítricos como limón con cáscara de pepino, cáscara de huevo y en mayor cantidad partes de flores. La última capa de material agregada tal como se muestra en la Figura 22 (c), consistió en suelo el cual debido a su estado se agregó una taza y media de agua por su bajo contenido de humedad.

Se colocó una bolsa en la parte superficial de la composta, con sus respectivos orificios y sujetándose para evitar dejar al descubierto los residuos como se aprecia en la Figura 22 (d); finalmente se ubicó en el exterior bajo un techado.



*a) Adición del material seco*



*b) Adición de residuos orgánicos*



*c) Adición de suelo*



*d) Acondicionamiento final*

*Figura 22. Alimentación composta casa 6 a), b), c), d)*

- 04 de marzo de 2021

### **Composta 1**

Se analizaron las condiciones de la composta y debido a que presentaba falta de humedad se agregó 75 mL de agua; como se proyecta en la Figura 23 (a) se procedió a colocar una capa de material seco con 250 mL de agua.

La segunda capa de residuos colocada manifestada en la Figura 23 (b) se conformó en su mayoría por residuos de frutas y verduras como cáscaras de limón y naranja; en menor cantidad aguacate, hojas de lechuga, cáscara de mango y cascarón de huevo siendo un total de residuos de 1.465 Kg. Como última capa se colocó suelo mostrándose a través de la Figura 23 (c), hidratándolo nuevamente con 250 mL y ubicándola en el sitio adecuado.



*a) Adición material seco*



*b) Adición capa de residuos orgánicos*



*c) Adición de suelo*

*Figura 23. Alimentación composta casa 1 a), b), c)*

## Composta 2

Como parte del procedimiento, se analizó el estado en el que se encontraba la composta tras la alimentación anterior por lo que se observó poca humedad y procedió a agregar 125 mL de agua. Se colocó la primera capa de material seco (hojarasca) proyectada en la Figura 24 (a), humectando con 250 mL de agua. La capa de residuos orgánicos mostrada en la Figura 24 (b) consistió mayoritariamente de residuos vegetales como cáscara de tomate, restos de aguacate, cebolla, chile; minoría restos de frutas como mango y mamey adicionando 250 mL más de agua; el peso total de los residuos orgánicos consistió en 0.83 Kg. La tercera capa adicionada fue de suelo manifestándose en la Figura 24 (c) la cual se hidrató con 250 mL de agua.



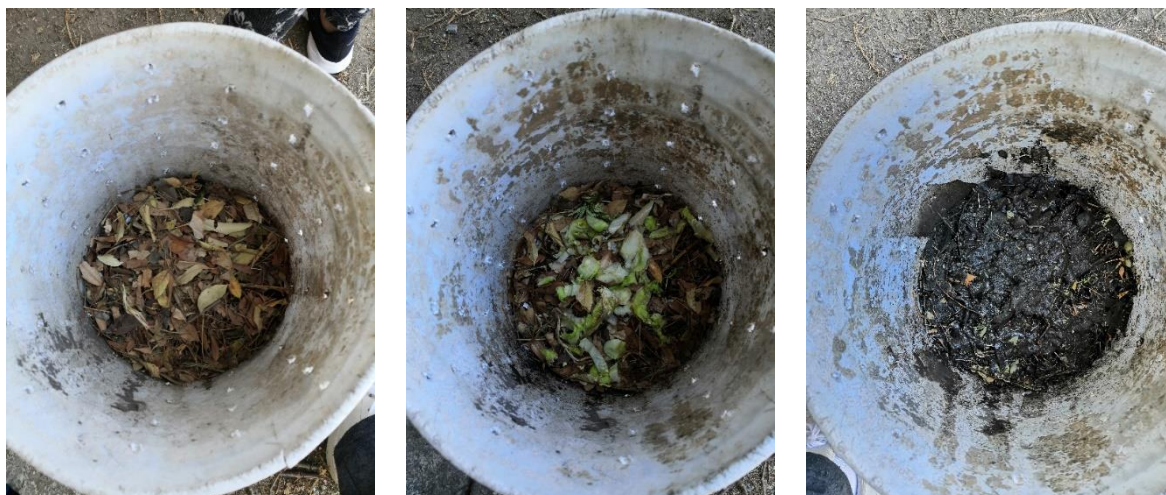
a) Llenado con material seco    b) Adición de residuos orgánicos    c) Capa de suelo

Figura 24. Alimentación composta casa 2 a), b), c)

## Composta 3

En el sitio número 3 no hubo necesidad de agregar agua debido a que permanecía húmeda por lo que se procedió a realizar la primera capa de hojarasca como se exhibe en la Figura 25 (a) con 250 mL de agua adicionales. Continuando con la siguiente parte del procedimiento se tendió la poca cantidad de residuo vegetal de lechuga véase Figura 25 (b) y se humectó con 250 mL de agua; el total de residuos fue de 0.07 Kg.

Finalmente se colocó una ligera capa de suelo (Figura 25 c) con 250 mL adicional de agua debido a que este se encontraba seco.



a) Adición de hojarasca    b) Adición de restos orgánicos    c) Adición de suelo

*Figura 25. Alimentación composta casa 3 a), b), c)*

#### **Composta 4**

Al analizar la composta en el sitio 4 las condiciones indicaban la necesidad de añadir agua por lo que se agregó 250 mL, como primer parte se tendió hojarasca como se contempla en la Figura 26 (a); se adicionaron 250 mL de agua. Posteriormente con los residuos previamente trozados como aparece en la Figura 26 (b) se colocó la segunda capa de material en su mayoría de residuos vegetales como restos de papa, lechuga, espinaca, zanahoria, calabaza; minoría de restos de fruta como mango, plátano, manzana y naranja junto con 250 mL de agua como parte del procedimiento, el total de residuos fue de 1.548 Kg.



a) Adición del material seco    b) Adición de materia orgánica    c) Adición de suelo

*Figura 26. Alimentación composta casa 4 a), b), c)*

Finalmente, en la Figura 26 (c) se muestra la adición de una capa ligera de suelo la cual se hidrató con 250 mL de agua.

### Composta 5

La compostadora en el sitio número 5 presentó demanda de agua por lo que se vertió 250 mL. Se procedió a agregar las diferentes capas comenzando con material seco ver Figura 27 (a) y la cantidad de agua correspondiente (1 taza o 250 mL). Continuando con el material orgánico previamente trozados cubriendo el material seco ver Figura 27 (b); los compuestos orgánicos en su mayoría eran residuos de fruta como cáscara papaya, mango, mamey, aguacate y naranja; minoría cascarón de huevo y pedazos de tortilla; la cantidad de residuos consistió en 0.829 Kg. Finalmente, la capa de suelo se colocó, ver Figura 27 (c), por mencionar que en cada una de las tres capas se agregó 250 mL de agua.



*a) Adición capa de hojarasca*



*b) Adición de material orgánico*



*c) Adición de la capa de suelo*

*Figura 27. Alimentación composta casa 5 a), b), c)*

## Composta 6

La composta en el sitio 6 por su exposición a las condiciones ambientales presentaba deficiencia de humedad por lo que se agregaron 250 mL de agua, se comenzó a colocar el material respectivo en cada capa comenzando con el material seco u hojarasca proyectado a través de la Figura 28 (a) y nuevamente 250 mL de agua.

Siguiendo con la alimentación de la compostadora se agregaron los residuos orgánicos mostrado en la Figura 28 (b), siendo la mayoría de restos frutales como piña, manzana, mango y poda de flores; minoría de residuos vegetales como hojas de elote, restos de limón y cáscara de huevo, la cantidad de agua que se agregó fue de 250 mL y el peso total de los residuos fue de 2.008 Kg.

Se agregó suelo en forma de una capa ligera como se observa en la Figura 28 (c) y se humectó con 250 mL.



a) Adición de material seco    b) Adición de material orgánico    c) Adición de suelo

Figura 28. Alimentación composta casa 6 a), b), c)

- 06 de marzo de 2021

## Composta 1

Antes de realizar la alimentación y humectación de la compostadora de acuerdo al procedimiento establecido, se midió con un termómetro de mercurio la temperatura como se establece en la Figura 29 (a) siendo esta de 20 °C.

Procediendo con el procedimiento para la alimentación de la composta se agregó el material seco siendo hojarasca mostrándose en la Figura 29 (b) y posteriormente se hidrató con 250 mL. La segunda capa consistió en residuos orgánicos como se contempla en la Figura 29 (c); en su mayoría los residuos consistían en vegetales como lechuga, restos de pepino y de cítricos; minoría de residuos de fruta como cáscara de naranja y plátano, cascarón de huevo y tortilla resultando en un total de 1.239 Kg; adicionando 250 mL de agua.

Finalizando la adición del contenido al interior del contenedor se tendió una capa ligera de suelo (véase Figura 29 d) la cual se humectó con 1 taza de agua.



*a) Medición de temperatura*



*b) Adición del material seco*



*c) Adición de material orgánico*



*d) Adición de suelo*

*Figura 29. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d)*

## Composta 2

Inicialmente se midió la temperatura, el valor fue de 18 °C; se observó la condición en que se encontraba la composta por lo que se determinó la necesidad de adicionar agua (250 mL). Se colocó la capa de residuos secos como se muestra en la Figura 30 (a), con su respectiva cantidad de agua.

Se tendieron los restos orgánicos siendo estos mayoría de residuos vegetales como restos de espinaca, cebolla y chile; minoría de fruta como cascara de naranja y cascarón de huevo, la cantidad total resultó en 0.538 Kg; posteriormente se agregó 1 taza de agua. Por último, se adicionó la capa de suelo como recubrimiento de los restos orgánicos con 250 mL de agua. El proceso se proyecta a través de la Figura 30 (b).



*a) Alimentación de composta con material seco*



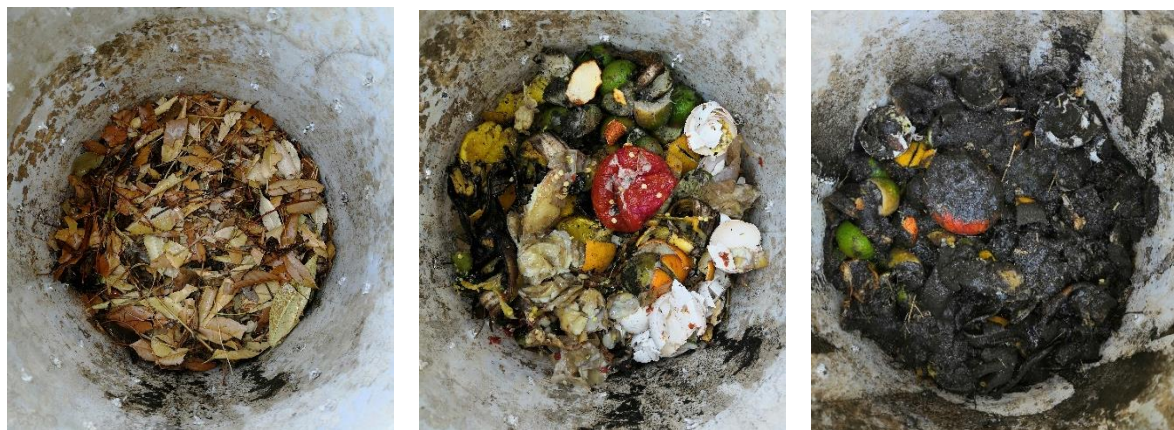
*b) Adición de residuos orgánicos y recubrimiento con suelo*

*Figura 30. Alimentación composta casa 2 a), b)*

## Composta 3

Realizada la medición de temperatura (18 °C) se agregó material seco (hojarasca) con 250 mL de agua (Figura 31 a). Posteriormente sobre la capa de material seco se añadieron los residuos orgánicos (Figura 31 b) siendo una mayor cantidad de residuos cítricos como limón y naranja, en menor porcentaje verduras como cascara de plátano y cascara de huevo; la cantidad total de residuos consistió en 0.637 Kg y a su vez se agregó 125 mL de agua. Como procedimiento final

se agregó una ligera capa de suelo (Figura 31 c) y por su condición de escasa humedad se agregaron 250 mL de agua.



*a) Adición de materia seca    b) Adición de residuos orgánicos    c) Adición de suelo*

*Figura 31. Alimentación composta casa 3 a), b), c)*

#### **Composta 4**



*a) Adición de material seco    b) Capa de residuos orgánicos    c) Capa de suelo*

*Figura 32. Alimentación composta casa 4 a), b), c)*

La temperatura inicial de la composta indicaba un valor de 18 °C, debido a la falta de agua que presentaba la composta se agregaron 500 mL de agua, después se agregó la primera capa de material seco como se observa en la Figura 32 (a), con 250 mL adicionales de agua.

Con los residuos orgánicos previamente trozados se tendió una cama, esparciéndolos por sobre toda la superficie de la composta véase Figura 32 (b), la cantidad de estos fue de 1.578 Kg siendo la mayoría residuos de fruta como melón; minoría de residuos de limón, y chile con los 500 mL de agua respectivamente. Como última capa de material se esparció suelo sobre los restos orgánicos y posteriormente 250 mL de agua como se proyecta en la Figura 32 (c).

### **Composta 5**

Inicialmente se realizó la medición de temperatura (18 °C) y se agregaron 250 mL de agua al material de la composta añadido días antes, se procedió a ingresar al interior la hojarasca con los 250 mL de agua respectivos tal como se expone en la Figura 33 (a).

Los restos orgánicos añadidos conforme a la Figura 33 (b) consistieron en su mayoría de residuos vegetales como haba, residuos de espinaca; minoría de cascaras de sandía, plátano y mango siendo 1.645 Kg; humectando con una taza de agua.



*a) Alimentación poda seca*

*b) Material orgánico*

*c) Capa de suelo*

*Figura 33. Alimentación composta casa 5 a), b), c)*

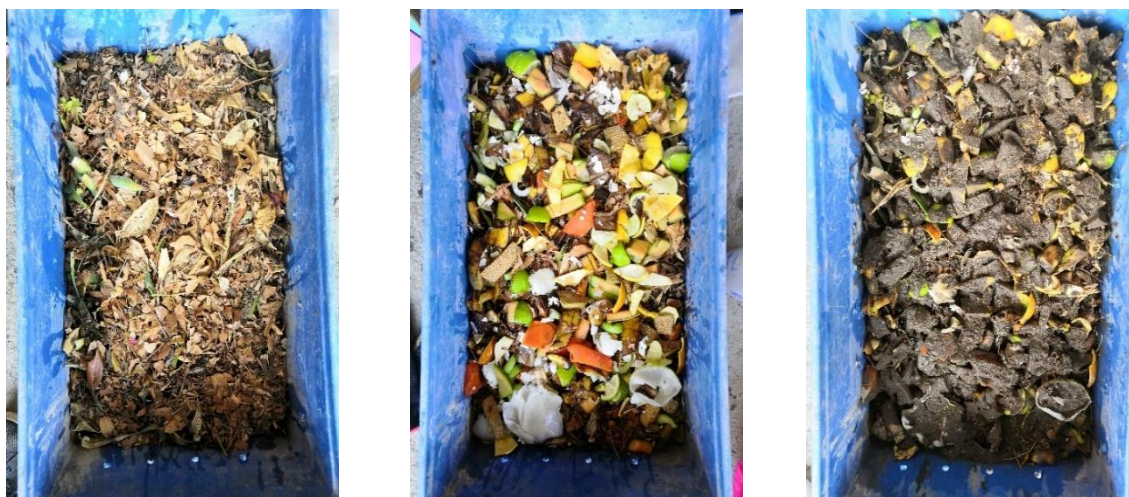
Como se presenta en la Figura 33 (c) se agregó suelo como último material de contenido en la composta junto con 250 mL de agua.

### **Composta 6**

Se agregó la capa de material seco como aparece en la Figura 34 (a), junto con una taza de agua.

Los restos orgánicos previos a su adición en el interior de la composta mostrados en la Figura 34 (b) fueron pesados en una báscula resultando un total de 1.164 Kg los cuales se trozaron en partes más pequeñas, dentro de los residuos la mayoría eran de fruta como cáscara de melón, restos de cítricos como limón; minoría de residuos de papaya, plátano y cebolla; en este caso no se agregó agua debido a que al inicio se presentó un alto nivel de humedad.

El último material adicionado véase Figura 34 (c) fue suelo en una ligera capa a la cual se agregó 250 mL de agua.



*a) Adición de hojarasca      b) Adición de restos orgánicos      c) Adición de suelo*

*Figura 34. Alimentación composta casa 6 a), b), c)*

- 09 de marzo de 2021

### **Composta 1**

Antes de iniciar con el procedimiento para la alimentación de la compostadora se realizó la medición de la temperatura acorde a la Figura 35 (a), el tiempo para la medición fue durante 1 minuto y el valor resultante fue de 20 °C.

De los residuos orgánicos recolectados durante dos días se obtuvo en mayor cantidad cítricos como naranja y limón; minoría de restos vegetales como cáscara de tomate y plátano, lechuga y hierbas los cuales se muestran en la Figura 35 (b). El resultado del pesaje consistió en un total de 2.414 Kg y se procedió a trozarlos para la reducción de su tamaño para su adición al interior de la composta como se muestra en la Figura 35 (c).

Posterior a la toma de temperatura, se observó un poco de resequead por lo que se agregó 250 mL de agua seguido del material seco, en este caso hojarasca la cual fue hidratada con 250 mL de agua; con los residuos trozados se tendió la segunda capa de material más 250 mL de agua.

Se tomó suelo del área de jardín y añadió como último material esparciéndose en forma de capa ligera sobre los restos orgánicos con los 250 mL respectivos, ver Figura 35 (d).



*a) Medición de la temperatura*



*b) Residuos orgánicos para compostar*



*c) Alimentación de la compostadora*



*d) Capa final de la compostadora*

*Figura 35. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d)*

## **Composta 2**

Verificando las condiciones de la composta del sitio número dos se procedió a la toma de temperatura con un termómetro de mercurio (procedimiento que se expone en la Figura 36 a); el valor obtenido fue de 16 °C. En el sitio, los residuos que se recolectaron por dos días consistieron

en su mayoría en restos vegetales como cáscara de haba y de tomate; minoría de residuos de fruta como plátano como se observa en la Figura 36 (b), siendo una cantidad total de 1.766 Kg. Tras la toma de temperatura y antes de colocar el material de composteo al interior de la compostadora se agregó 250 mL de agua; se tendió material seco y después la cantidad de residuos recolectados; procedimiento expuesto en la Figura 36 (c). Cada capa con sus respectivos 250 mL de agua. La capa superior de material consistió en suelo como se aprecia en la Figura 36 (d) el cual fue humectado con 250 mL de agua.



*a) Medición de la temperatura*



*b) Resiuos orgánicos*



*c) Composteo de restos orgánicos*



*d) Capa de suelo de la composta*

*Figura 36. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d)*

### Composta 3



*Figura 37. Toma de temperatura composta sitio 3*

Debido a que no se recolectaron residuos orgánicos en el sitio 3 los únicos procedimientos que se realizaron en el sitio tres fue la medición de temperatura ver Figura 37 y el valor que se obtuvo fue de 17 °C; el segundo paso fue la adición de 250 mL de agua.

### Composta 4

En el sitio número cuatro se realizó la toma de temperatura como se observa en la Figura 38 (a) y el valor obtenido fue de 20 °C.

Los residuos orgánicos que se recolectaron se muestran en la Figura 38 (b); se pesaron y el valor total fue de 0.523 Kg siendo estos en su mayoría residuos de fruta como cáscara de mango, plátano y aguacate; minoría de residuos vegetales como calabaza y cascara de cebolla.

Se colocó una capa de hojarasca en el interior de la composta del sitio número cuatro y posterior a ello con los residuos orgánicos en trozo se tendió la segunda capa (ver Figura 38 c); se integró 250 mL de agua en cada una de las capas.

Como último paso se agregó una ligera capa de suelo sobre los restos de verdura y fruta adicionando 250 mL de agua (ver Figura 38 d).



a) *Medición de temperatura*



b) *Residuos orgánicos recolectados*



c) *Alimentación de la composta*



d) *Adición de la capa de suelo*

*Figura 38. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d)*

### **Composta 5**

Inicialmente se comenzó por la toma de la temperatura, procedimiento que se percibe en la Figura 39 (a), el valor que se registró fue de 20 °C. Posterior a esto se vertió 250 mL de agua.

Antes de comenzar con la alimentación de la compostadora en el sitio cinco, se realizó el pesaje de los residuos obteniendo un valor de 1.469 Kg consistiendo la mayoría en residuos

frutales, dentro de ellos cáscara de melón, plátano y aguacate; en menor cantidad verdura, pan y tortilla; previo a eso se trozaron para la reducción de tamaño. Observar Figura 39 (b).

Se colocó una capa de restos secos, en este caso de hojarasca con sus respectivos 250 mL de agua; después se agregaron los restos de comida observados en la Figura 39 (c) y se humectaron con 250 mL más de agua.

Finalmente se agregó el suelo (Figura 39 d), cubriendo los restos orgánicos y sobre la misma capa se vertieron 250 mL de agua.



a) Medición de la temperatura en



b) Residuos orgánicos recolectados



c) Alimentación de la composta



d) Adición de la capa de suelo

Figura 39. Alimentación composta casa 5 a), b), c), d)

## Composta 6



*a) Medición de temperatura*



*b) Residuos para compostar*



*c) Alimentación de la composta*



*d) Adición de la capa de suelo*

*Figura 40. Alimentación composta casa 6 a), b), c), d)*

Se procedió a medir la temperatura (Figura 40 a), el dato obtenido fue de 30 °C y por las condiciones en que se encontraba el contenido del interior se vertieron 250 mL de agua.

Los restos orgánicos recolectados (Figura 40 b) se pesaron, obteniendo un valor de 1.54 Kg, ya trozados se identificaron residuos mayoritarios como cáscara de chayote, plátano, cítricos como limón, restos de plátano y en menor cantidad cascarón de huevo y espinaca.

Se agregó hojarasca como primera capa, en seguida los residuos a compostar esparciéndolos sobre toda la superficie (Figura 40 c) y se vertieron 250 mL de agua en cada capa.

Se colocó la tercera capa de material, es decir, suelo para cubrir los residuos a compostar (Figura 40 d) junto con 250 mL de agua para humectar.

- 11 de marzo de 2021

### Composta 1

Como parte de la recolección de datos, se hizo la medición de temperatura tal como se proyecta en la Figura 41 (a), obteniendo un valor de 20 °C; debido a que se presentaba poca humedad se agregaron 250 mL de agua.

Los residuos recolectados para compostar consistieron mayoritariamente en tortillas de maíz y cáscara de plátano; minoría como cáscara de plátano, huevo y lechuga observándose en la Figura 41 (b); el total de residuos consistió en 0.621 Kg.

El proceso como se muestra en la Figura 41 (c) continuó con la introducción de los materiales de alimentación al interior de la composta, en primer lugar, hojarasca seguido de los residuos orgánicos recolectados y finalmente suelo, mencionando que sobre cada material se vertió 250 mL de agua, es decir, 750 mL en total.



a) Medición de temperatura



b) RO recolectados



c) Alimentación de composta

Figura 41. Alimentación composta casa 1 a), b), c)

## Composta 2



a) *Medición de temperatura*



b) *Residuos orgánicos*



c) *Integración de residuos orgánicos a la composta*



d) *Acondicionamiento final*

*Figura 42. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d)*

Como se detalla en la Figura 42 (a) se procedió a medir la temperatura, el valor obtenido fue de 18 °C y conjuntamente se agregó 250 mL de agua.

Los restos orgánicos recolectados mayoritarios fueron de vegetales como cáscara de chayote; minoría de restos de fruta como melón, elote, aguacate y cilantro; observados en la Figura 42 (b). El peso total de los residuos fue de 1.147 Kg.

Se integraron a la composta los residuos orgánicos ver Figura 42 (c), previamente trozados y en adición 250 mL de agua. Como capa final se agregó suelo (Figura 42 d) el cual se humectó con 250 mL de agua.

### **Composta 3**

Como parte del procedimiento se tomó nuevamente la temperatura como se percibe en la Figura 43 (a) antes de llevar a cabo la alimentación de la composta. El valor obtenido fue de 18 °C.

Los residuos orgánicos que se observan en la Figura 43 (b), consisten en restos de cítricos de limón en mayor cantidad junto con cáscaras de plátano; poca cantidad de papa. El peso de los residuos consistió en 0.538 Kg.

Se llevo a cabo en primer lugar la integración de hojarasca como capa de material seco, continuando con los residuos orgánicos previamente trozados véase Figura 43 (c); en la primera capa se agregaron 250 mL de agua y en la segunda 125 mL. Como último paso se colocó suelo por encima de los residuos vegetales tal como se muestra en la Figura 43 (d), finalmente 250 mL de agua para la humectación de este.



*a) Revisión de la temperatura*



*b) Residuos para alimentar composta*



*c) Alimentación de la composta*



*d) Acondicionamiento de la composta*

*Figura 43. Alimentación composta casa 3 a), b), c), d)*

#### **Composta 4**

Se procedió a medir la temperatura en la composta del sitio número cuatro presentándose en la Figura 44 (a), en donde el valor registrado fue de 22 °C. Posteriormente se vertió 125 mL de agua.

La cantidad de residuos que se almacenaron para alimentar la composta fue de 1.884 Kg, dentro de ellos en mayor cantidad vegetales como zanahoria, haba, papa, cilantro; en menor cantidad cáscara de melón y hojas de jamaica expuestos en la Figura 44 (b).

En la composta del sitio número cuatro se colocó la primera capa de material seco (hojarasca), la segunda capa consistió en desechos orgánicos vegetales en trozos pequeños, presentados en la Figura 44 (c), la cantidad de agua que se integró fue de 250 mL a la primera capa y en la segunda 500 mL. El material final agregado fue suelo en forma de una ligera capa con 250 mL de agua como se observa en la Figura 44 (d).



a) *Medición de la temperatura*



b) *Residuos orgánicos para compostar*



c) *Adición de residuos orgánicos*



d) *Adición de la capa de suelo*

*Figura 44. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d)*

### **Composta 5**

En la Figura 45 (a) se muestra la medición de temperatura en donde el valor obtenido fue de 22 °C.

Se llevó a cabo el pesado del material y el resultado que se obtuvo fue de 1.243 Kg consistiendo la mayoría en residuos vegetales como cáscara de haba, hojas de lechuga; en minoría trozos de cebolla, cítricos como naranja, sandía y chile que posteriormente se integraron al interior de la composta correspondiente a la Figura 45 (b) y se adicionó 250 mL de agua. Se adicionó la capa de suelo mostrada en la Figura 45 (c) para recubrimiento de los desechos orgánicos junto con 250 mL.



a) *Medición de temperatura*   b) *Integración restos orgánicos*   c) *Adición de suelo*

*Figura 45. Alimentación composta casa 5 a), b), c)*

### Composta 6



a) *Toma de temperatura de la composta*



b) *Residuos orgánicos almacenados*



c) *Adición de los desechos orgánicos*



d) *Capa de suelo de la composta*

*Figura 46. Alimentación composta casa 6 a), b), c), d)*

Se realizó la toma de la temperatura de las condiciones en que se encontraba la composta, procedimiento que se muestra en la Figura 46 (a), el valor obtenido fue de 32 °C. Los residuos a integrar en la composta de la Figura 46 (b) consistieron en residuos vegetales como trozos de lechuga, apio y cáscara de naranja mayoritariamente; en menor cantidad restos de melón.

Tras la colocación de la primera capa de material seco u hojarasca se integraron los residuos vegetales ya reducidos de tamaño como se demuestra en la Figura 46 (c); sobre la primera capa se añadió 250 mL de agua, en la segunda capa 250 mL más. Finalmente se tendió una capa de suelo encima de los desechos orgánicos véase Figura 46 (d) y se humedeció con 250 mL de agua.

- 13 de marzo de 2021

### **Composta 1**

Se comenzó con la medición de la temperatura durante un minuto (ver Figura 47 a), el valor registrado fue de 24 °C. Posterior a eso se hidrató la composta con 500 mL de agua. Los restos que se recolectaron en el sitio seis eran mayoría de residuos cítricos como naranja, entre otros, cáscara de plátano y tortilla; en menor cantidad cascarón de huevo y aguacate (ver Figura 47 b).

Se integró el material seco, en este caso pascle por lo que la cantidad de agua añadida fue de 500 mL, posteriormente el material orgánico se incorporó (ver Figura 47 c) con 500 mL de agua. Se esparció suelo (ver Figura 47 d) de tal manera que cubriera los residuos depositados anteriormente el cual debido con las condiciones de resequedad se integró 500 mL de agua.



*a) Registro de temperatura*



*b) Restos orgánicos para compostar*



*c) Alimentación de la composta*



*d) Incorporación de suelo*

*Figura 47. Alimentación composta casa 1 a), b), c), d)*

## **Composta 2**

Se llevó a cabo la medición de temperatura de la composta en el sitio 2, proceso expuesto en la Figura 48 (a), en donde el valor obtenido fue de 22 °C; se incorporó además agua en un total de 500 mL. Los residuos que se colectaron sumaban un total de 2.111 Kg, siendo en su totalidad de residuos de hojas de lechuga como se aprecia en la Figura 48 (b). Se colocó una capa de pascle como material seco, seguido de la capa de hojas de lechuga en trozos observable en la Figura 48 (c); la cantidad agregada de agua en cada capa fue de 500 mL sumando un total de 1 litro.

Finalmente, en la Figura 48 (d) se muestra la incorporación de la última capa de suelo que cubre la mayoría de los residuos y la cantidad de agua esparcida fue de 250 mL.



*a) Temperatura de la composta*



*b) Residuos recolectados*



*c) Incorporación de restos vegetales*



*c) Adición de suelo*

*Figura 48. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d)*

### **Composta 3**

Se llevó a cabo la toma de temperatura en el interior de la composta 3 como lo presenta la Figura 49 (a), el valor obtenido fue de 20 °C. Los residuos para alimentar la composta mostrados en la Figura 49 (b) consistieron mayoritariamente en residuos cítricos como restos de naranja; en menor cantidad limón, cilantro y cascarón de huevo con un pesaje total de 1.028 Kg. Después se procedió a integrar cada una de las tres capas de material; en primer lugar, se aplicó pascle como material seco, en segundo lugar los restos vegetales y de fruta; por último el suelo obteniendo el resultado de la Figura 49 (c), en cada una de las capas se adicionaron 250 mL de agua.



*a) Registro de temperatura*



*b) Residuos para compostar*



*c) Acondicionamiento final*

*Figura 49. Alimentación composta casa 3 a), b), c)*

## Composta 4

Antes de proceder a integrar los materiales a la composta se midió la temperatura en la compostadora del sitio número cuatro como se ve en la Figura 50 (a), el valor obtenido fue de 22 °C hidratándose con 500 mL de agua.

Se comenzó a integrar el material al interior de la composta, comenzando por pascle (ver Figura 50 b) como capa de material seco al cual se agregó 500 mL de agua. El material para compostar consistió en restos vegetales de chile morrón y jalapeño en mayor cantidad; pocos residuos de manzana (ver Figura 50 c) y la cantidad total de residuos fue de 0.411 Kg. Se incorporó a la composta el material orgánico (ver Figura 50 d) al cual se adicionó 250 mL de agua. Se integró suelo a la composta sobre los residuos y se hidrató con 250 mL de agua (ver Figura 50 e).



a) *Medición de temperatura*      b) *Adición de material seco*      c) *RO para la composta*



d) *Incorporación de RO*

e) *Incorporación de suelo*

*Figura 50. Alimentación composta casa 4 a), b), c), d), e)*

## Composta 5

Los materiales recolectados para integrar a la composta que se contemplan en la Figura 51 (a), consistieron la mayoría en restos de fruta como melón; en menor cantidad restos de mango,

calabaza y tortilla; la cantidad total de residuos fue de 0.963 Kg. Previamente trozados los residuos se adicionó una capa de material seco, después se procedió a la incorporación de los residuos orgánicos al interior de la composta como se evidencia en la Figura 51 (b), los cuales se hidrataron con 250 mL de agua respectivamente.

La última capa de material que se incorporó fue de suelo, correspondiente a la Figura 51 (c) y posteriormente se humectó con 250 mL de agua.



a) Residuos colectados    b) Adición de residuos orgánicos    c) Incorporación de suelo

Figura 51. Alimentación composta casa 5 a), b), c)

### Composta 6

Se procedió a tomar la temperatura de la composta en el sitio seis como se distingue en la Figura 52 (a), obteniendo un valor de 32 °C. Posteriormente se agregó 250 mL de agua.

Se procedió a integrar por capa los diferentes materiales, en primer lugar material seco o pascle hidratándolo con 500 mL de agua. Continuando con la segunda capa de residuos orgánicos se integró en mayor cantidad residuos vegetales de elote, zanahoria y chayote; en menor cantidad cáscara de melón, cebolla, calabaza y huevo como se refleja en la Figura 52 (b); el peso total de los residuos consistió en 1.45 Kg, se esparció una cantidad de 500 mL de agua sobre ellos.

De acuerdo con la Figura 52 (c), se incorporó suelo sobre los residuos orgánicos creando una ligera capa de material y se humectó con 250 mL de agua.



a) Registro de temperatura    b) Alimentación de la composta    c) Recubrimiento con suelo

Figura 52. Alimentación composta casa 6 a), b), c)

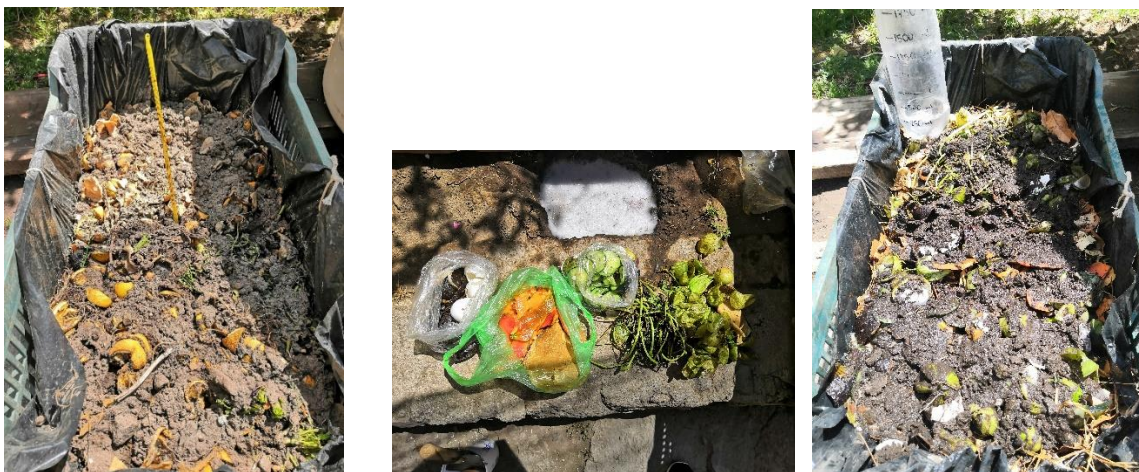
- 16 de marzo de 2021

### Composta 1

Para continuar con el proceso de compostaje se comenzó con la toma de temperatura de la composta como se observa en la Figura 53 (a) en donde el valor obtenido fue de 28 °C. De acuerdo con el grado de resequead que se observaba en la composta se agregó 500 mL de agua.

Como se observa en la Figura 53 (b), los residuos sólidos en mayor cantidad consistieron en residuos verdes como cáscara de tomate, restos de espinaca y pepino, cáscara de papaya; en menor cantidad cascarón de huevo y aguacate. El peso total de los residuos fue de 1.089 Kg.

El proceso de alimentación de la composta véase Figura 53 (c), se inició con la adición de hojarasca como primera capa de material seco seguida de la capa de material orgánico la cual fue triturada antes de su adición y finalmente se colocó la capa ligera de suelo. Cabe mencionar que en cada una de las capas de agregaron 500 mL de agua.



*a) Medición de temperatura    b) Residuos para compostar    c) Alimentación de composta*

*Figura 53. Alimentación composta casa 1 a), b), c)*

## **Composta 2**

Antes de la alimentación de la composta se procedió a la medición de la temperatura como se observa en la Figura 54 (a) y el valor registrado fue de 24 °C; debido a la poca humedad que presentaba la composta se adicionaron 250 mL de agua.

Se prosigió con la colocación de los residuos al interior de la composta comenzando con el material seco seguido de los residuos orgánicos triturados de los cuales en mayor cantidad eran de limón y en menor cantidad tomate y tortilla vease Figura 54 (b); el peso total de estos residuos fue de 0.598 Kg. Finalmente se colocó la capa de suelo sobre los residuos orgánicos (vease Figura 54 c) considerando la hidratación con 250 mL de agua de cada capa.



*a) Medición de temperatura    b) Adición de RO    c) Adición de capa de suelo*

*Figura 54. Alimentación composta casa 2 a), b), c)*

### Composta 3

Se comenzó con la medición de la temperatura (24 °C) en las condiciones en que se encontraba la composta, posterior a eso se procedió con la colocación de los materiales al interior comenzando por el material seco con sus respectivos 125 mL de agua, seguido por los restos vegetales y frutales como se muestra en la Figura 55 (a); los residuos consistían en pepino en mayor cantidad y plátano con huevo en menor cantidad a los cuales se vertieron 125 mL de agua. El peso total de los residuos fue de 0.448 Kg.

De acuerdo con la Figura 55 (b), el suelo fue el último material adicionado en forma de capa ligera y adicionalmente 125 mL de agua sobre la capa.



a) Alimentación de la composta



b) Adición de suelo en la composta

Figura 55. Alimentación composta casa 3 a), b)

### Composta 4

Continuando con el proceso de elaboración de la composta se analizó nuevamente el grado de temperatura, obteniéndose un valor de 24 °C, por la resequedad que se observaba se agregó 250 mL de agua. Después se realizó el pesaje de los elementos recolectados en donde el valor que se obtuvo fue de 2.311 Kg consistiendo en mayor cantidad restos de lechuga, jícama, pepino; residuos en menor cantidad de cáscara de haba, aguacate y huevo, tales residuos se muestran en la Figura 56 (a), se colocaron en el interior de la composta el material seco en primer lugar seguido de los

recolectados esparciéndolos y sin compactar. Finalmente se cubrieron los restos con una capa de suelo (véase Figura 56 b). Después de agregar cada tipo de material se vertieron 250 mL de agua.



a) Colocación de residuos en la composta



b) Esparcimiento de la capa de suelo

Figura 56. Alimentación composta casa 4 a), b)

### Composta 5



a) Residuos orgánicos recolectados



b) Alimentación de la composta

Figura 57. Alimentación composta casa 5 a), b)

Previo al proceso de elaboración de la composta se verificó la temperatura que presentaba y el valor obtenido fue de 26 °C, se agregaron 500 mL de agua posteriormente. Prosiguiendo con el proceso los residuos que se colectaron eran en mayor cantidad restos de fruta como plátano, mango y melón; en menor cantidad tortilla, nopal y restos de pan (véase Figura 57 a); el peso de los materiales resultó de 1.165 Kg.

Sucesivamente se colocó en el interior la primera capa de hojarasca como material seco, la segunda capa fue de los residuos orgánicos compostables previamente triturados, la tercera capa era suelo el cual se esparció por sobre la superficie y el resultado obtenido se muestra en la Figura 57 (b). En cada capa agregada se colocaron 500 mL de agua.

### **Composta 6**

Inicialmente se realizó la medición de la temperatura como se observa en la Figura 58 (a) (28 °C). Se comenzó con la integración del material seco con 125 mL de agua debido a la poca humedad presentada, el segundo material integrado constaba en su mayoría de restos de cáscara de tomate; en menor cantidad cascarón de huevo y mango en una cantidad total de 0.768 Kg, se adició 125 mL de agua.

El acondicionamiento final de la composta consistió en la aplicación de suelo obteniendo como resultado lo presentado en la Figura 58 (b).



*a) Medición de temperatura*



*b) Alimentación de la composta*

*Figura 58. Alimentación composta casa 6 a), b)*

- 18 de marzo de 2021

### **Composta 1**

Como penúltima ocasión para el llenado de la composta se procedió a la toma de temperatura como lo muestra la Figura 59 (a), en donde el valor obtenido fue de 30 °C, además se agregaron 250 mL. Posteriormente se comenzó con la integración de los residuos al interior comenzando por la capa de hojarasca y 250 mL de agua; seguida la capa residuos de pepino,

cáscara de naranja y plátano en mayor cantidad; en menor cantidad tortilla y cebolla (véase Figura 59 b) sumando un total en peso de 0.677 Kg, de igual manera se adicionaron 250 mL de agua. Finalmente se agregó la capa de suelo como se denota en la Figura 59 (c).



*a) Medición de temperatura*

*b) Adición de residuos*

*c) Adición de suelo*

*Figura 59. Alimentación composta casa 1 a), b), c)*

## **Composta 2**

En la composta del sitio número dos, de acuerdo con la Figura 60 (a) se realizó la medición de temperatura obteniendo un valor de 20 °C, de igual manera se hidrató el material con 250 mL de agua.



*a) Medición de temperatura*

*b) Residuos orgánicos a compostar*



c) Colocación de material por capas



d) Colocación de suelo

*Figura 60. Alimentación composta casa 2 a), b), c), d)*

Se realizó el pesaje de los residuos de jícama, cítricos como limón y zanahoria mayoritariamente; en menor cantidad cáscara de aguacate y restos de calabaza (ver Figura 60 b), el valor del pesaje fue de 0.447 Kg.

La introducción de material a la composta comenzó con hojarasca y 250 mL de agua, después el material incorporado fueron los residuos orgánicos (ver Figura 60 c). La adición de suelo se colocó acorde a la Figura 60 (d).

### **Composta 3**

Como se muestra en la Figura 61 (a), se llevó a cabo la toma de temperatura en donde se obtuvo un valor de 26 °C.

Los residuos recolectados para su adición en la compostadora constituían un peso de 0.687 Kg con residuos mayoritarios de papa, cáscara de plátano y naranja; en menor porción tortilla con aguacate y huevo los cuales se trozaron con posterioridad.

Se procedió con agregar el material seco con 250 mL de agua, posteriormente los residuos orgánicos y encima la capa de suelo con 250 mL de agua como se manifiesta en la Figura 61 (b).



a) Registro de temperatura



b) Integración de materiales

Figura 61. Alimentación composta casa 3 a), b)

#### Composta 4

En la compostadora del sitio cuatro, como nos muestra la Figura 62 (a), se midió la temperatura y el valor resultante fue de 26 °C, conjuntamente se adicionaron 500 mL de agua. Como paso posterior se introdujo el material seco más 250 mL de agua; como segundo material se agregó como residuos mayoritarios el melón; en menor cantidad cáscara de limón y plátano (véase Figura 62 b) en donde el peso total fue de 0.851 Kg hidratando con 250 mL de agua; la última capa consistió en suelo y 250 mL de agua (véase Figura 62 c).



a) Medición de temperatura



b) Adición de residuos



c) Adición de suelo

Figura 62. Alimentación composta casa 4 a), b), c)

### Composta 5

Inicialmente se midió la temperatura obteniendo un valor de 26 °C, al notar poca humedad se agregaron 500 mL de agua.

Continuando con el proceso de compostaje como se muestra en la Figura 63 (a), se integró la capa de hojarasca seguida de 250 mL, posteriormente la segunda capa consistió en su mayoría de residuos como cáscara de piña, papaya y trozos de pan; en menor cantidad tortilla, cáscara de plátano, aguacate y partes de chile en una cantidad total de 2.223 Kg; el material superficial o tercera capa tendida fue de suelo (ver Figura 63 b).



*a) Proceso de compostaje*



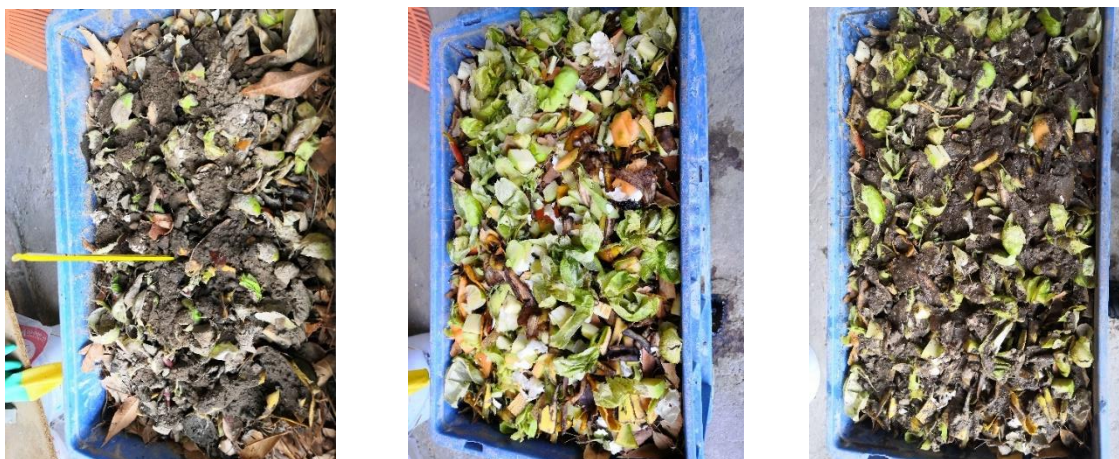
*b) Adición de suelo*

*Figura 63. Alimentación composta casa 5 a), b)*

### Composta 6

El proceso de compostaje en el sitio seis se comenzó a partir de la medición de temperatura donde se obtuvo un valor de 30 °C como se proyecta en la Figura 64 (a).

Los residuos que se integraron fue hojarasca como primera cama, en segunda los restos orgánicos (residuos mayoritarios de tomate y plátano; en menor cantidad cáscara de melón, cítricos como el limón y trozos de manzana) tal integración de las dos primeras capas se puede observar en la Figura 64 (b), el peso de la segunda capa fue de 1.12 Kg; el tercer material consistió en suelo (véase Figura 64 c). El agua adicionada se aplicó únicamente a la primera y tercera capa siendo 125 mL de agua por cada una.



a) *Medición de temperatura*    b) *Incorporación de residuos*    c) *Adición de suelo*

*Figura 64. Alimentación composta casa 1 a), b), c)*

- 20 de marzo de 2021

### **Composta 1**

En el sitio número 5 se aplicó la última alimentación; se registró un valor de 30 °C de temperatura y adicionó 250 mL de agua. En la Figura 65 (a), los residuos a compostar consistieron en mayor cantidad en tortilla, cáscaras de naranja y plátano; en menor cantidad cáscara de aguacate y huevo, cebolla, chile y cilantro. Se comenzó con la adición de hojarasca con 250 mL de agua, en seguida los restos orgánicos como se observa en la Figura 65 (b) y 125 mL de agua. La última capa de material agregado acorde a la Figura 65 (c) consistió en suelo más 250 mL de agua.



a) *Residuos para compostar*    b) *Incorporación de residuos*    c) *Incorporación de suelo*

*Figura 65. Alimentación composta casa 1 a), b), c)*

## Composta 2



*a) Residuos para compostar      b) Integración de RO      c) Esparcimiento de suelo*

*Figura 66. Alimentación composta casa 2 a), b), c)*

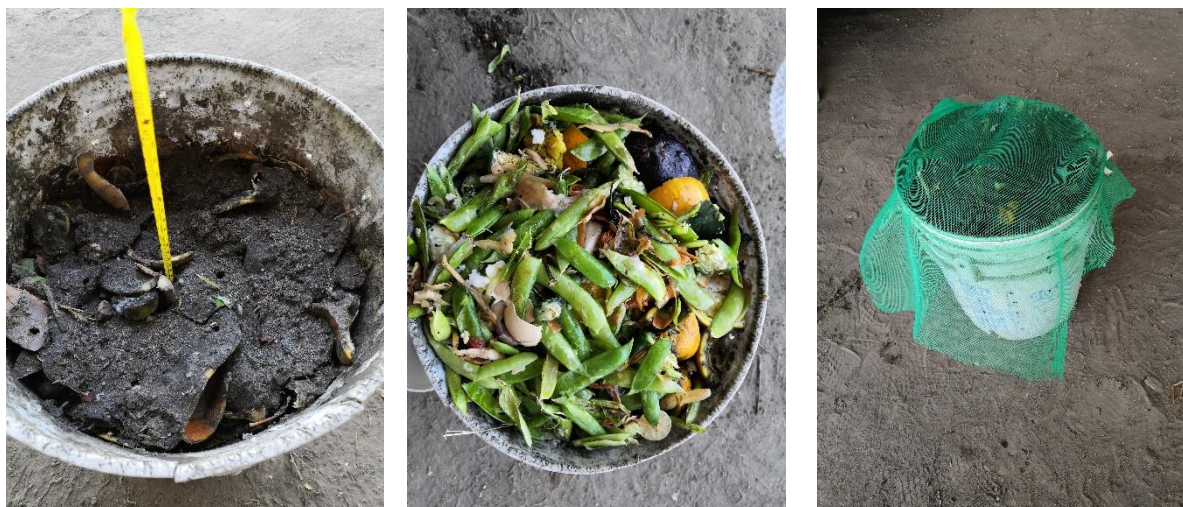
Para la última alimentación de la composta se recolectaron residuos tal como se muestra la Figura 66 (a) siendo la mayoría restos de melón, lechuga y papaya; en menor cantidad mango, huevo y haba, el peso total consistió en 2.098 Kg; como se presenta en la Figura 66 (b), se comenzaron a colocar los residuos por capa, en primer lugar material seco, seguido de los orgánicos y finalmente suelo (véase Figura 66 c).

Al inicio se vertieron 250 mL de agua y en las demás capas 250 mL más, sumando un total de 1 litro de agua.

## Composta 3

Como parte del procedimiento establecido se realizó la medición de la temperatura de la compostadora del sitio número tres como se representa a través de la Figura 67 (a), el valor obtenido fue de 22 °C.

Continuando con el procedimiento (véase Figura 67 b), los materiales se comenzaron a incorporar en forma de capas, la primera de material seco con 250 mL de agua; la segunda capa de restos orgánicos consistió en residuos cítricos como naranja, limón, papa y pepino de forma mayoritaria; en menor cantidad restos de aguacate, haba, huevo y tortilla con un pesaje total de 1.893 kg, el agua adicionada en la segunda capa fue de 125 mL. Para el acondicionamiento final (véase Figura 67 c) se colocó suelo en forma de capa ligera con 250 mL de agua y como recubrimiento del recipiente una malla tipo mosquitero.



a) *Medición de temperatura*      b) *Integración de RO*      c) *Acondicionamiento final*

*Figura 67. Alimentación composta casa 3 a), b), c)*

#### **Composta 4**

Para finalizar el proceso de alimentación de la composta, se tomó la temperatura como se puede observar en la Figura 68 (a), obteniéndose un valor de 24 °C. De igual manera se humectó con 250 mL de agua.

Como se proyecta en la Figura 68 (b) se integró en primer lugar hojarasca junto con 250 mL de agua, la segunda capa de material consistió en residuos de lechuga, cáscara de plátano y trozos de calabaza en mayor porción; en menor cantidad restos de mango y fresa los cuales se trituraron antes de su incorporación y humectaron con 250 mL de agua. Como capa final se agregó suelo (véase Figura 68 c) la cantidad de agua agregada fue de 250 mL de agua.



a) *Medición de temperatura*      b) *Integración de RO*      c) *Adición de suelo*

*Figura 68. Alimentación composta casa 4 a), b), c)*

### Composta 5



a) Realización de compostaje



b) Acondicionamiento final

Figura 69. Alimentación composta casa 5 a), b)

Como parte inicial del proceso se analizó el grado de temperatura y el valor resultante fue de 32 °C. Como se muestra en la Figura 69 (a) se realizó la incorporación inicialmente de material seco junto con 250 mL de agua; consecuentemente se agregaron 2. 301 kg de residuos en mayor cantidad elote, piña, y tortilla; en menor cantidad trozos de calabaza, mango, cebolla, tomate y limón; la cantidad de agua agregada fue de 250 mL de agua. Para finalizar el proceso, como se contempla en la Figura 69 (b) se agregó suelo junto con 250 mL de agua.

### Composta 6

En el sitio número seis, se llevó a cabo la medición de temperatura como se muestra en la Figura 70, en donde el valor obtenido fue de 32°C y no se adicionó agua debido a que presentaba humedad. No se realizó la adición de residuos debido a que no se recolectaron.



Figura 70. Medición de temperatura composta 6

#### ***2.4.4 Transformación de residuos***

El periodo de transformación de residuos orgánicos se llevó a cabo durante tres meses, comenzando desde la etapa de alimentación, es decir, 01 de marzo 2021 hasta el 31 de mayo del mismo año, siendo el 20 de marzo la fecha desde la cual se dejó en reposo el material del interior de la composta para que los microorganismos llevaran a cabo la degradación.

De acuerdo con el Manual de Compostaje establecido por el Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino (2020) se realizó la medición de la temperatura y verificación de la condición de humedad durante la etapa de alimentación y transformación debido a su importancia como responsables del proceso de compostaje y la dependencia hacia ellos por parte de los microorganismos que intervienen durante la transformación de residuos. Así mismo, se agregó agua de dos a tres veces por semana respecto a las características del material compostado, la condición de humedad observada físicamente en cada composta y en relación con el tamaño del contenedor de tal manera que se humedeciera todo el material. Del mismo modo en casos de exceso de humedad, la adición de material seco para aumentar el nivel de oxigenación al interior de la composta. La medición de temperatura se analizó mediante un termómetro de mercurio midiéndola en las diferentes compostas una vez por semana.

#### ***2.4.5 Mezclado de composta***

- Primer mezclado 01 de junio de 2021

Como parte del proceso establecido para el compostaje y posterior al periodo de transformación de los residuos orgánicos, se realizó el mezclado del contenido al interior de las diferentes compostas con el fin de oxigenar el material y observar la descomposición de los residuos para posteriormente continuar con la degradación. Así mismo fue notoria la reducción del volumen en los contenedores a comparación con el volumen al finalizar la alimentación de la composta.

En la composta del sitio 1 se llevó a cabo el mezclado de la compostadora como se muestra en la Figura 71 (a) en donde todo el material del interior se homogenizó constantemente. Se observó que algunos de los residuos orgánicos se encontraban en un alto grado de degradación debido a que su presencia era reducida a comparación del material de partida; tras la revoltura se dejó nuevamente en reposo.

Como se observa en la Figura 71 (b), se realizó el mezclado del contenido de la composta en el sitio dos, en donde se movió constantemente el material observando una reducción de los residuos compostados, aunque algunos aún presentes en mayor cantidad como los residuos secos de hojarasca y pascle.



*a) Mezclado de composta 1*



*b) Mezclado composta 2*

*Figura 71. Mezclado de composta a), b)*

Referente a la composta en el sitio número tres de acuerdo con la Figura 72 (a) se observa un exceso de humedad al homogenizar el material por lo que constantemente se realizó el mezclado permitiendo la aireación en el interior. La degradación de los residuos orgánicos era notoria debido a que no era posible la identificación de los restos orgánicos a excepción del material seco.

En la composta ubicada en el sitio número cuatro se realizó el mezclado correspondiente como parte del proceso tras el periodo de transformación observándose la degradación de los residuos orgánicos los cuales eran poco identificables; los residuos más notorios consistieron en material seco como hojarasca (véase Figura 72 b).

Se realizó el mezclado del material de la composta en el sitio número 5 (ver Figura 72 c), se observó restos de residuos aún por degradar consistiendo en materiales de composición sólida por mencionar cáscaras de aguacate, cascarón de huevo, trozos de elote y material seco como hojarasca o pascle los cuales a pesar de su grado de descomposición aún eran identificables, aunque la cantidad era reducida. Nuevamente se dejó en reposo el material del interior de la composta.

Procediendo con el sitio número seis se realizó el mezclado del material orgánico en el interior de la compostadora (ver Figura 72 d), con el procedimiento aplicado se observó exceso de humedad en la parte inferior del contenedor por lo que constantemente se mezcló el material permitiendo la oxigenación para reducción de la cantidad de agua. Eran visibles algunos restos orgánicos, aunque algunos con un mayor grado de descomposición que otros, por ejemplo, cascarón de huevo y restos de poda seca. Después del mezclado nuevamente se dejó en reposo el material de las diferentes compostadoras para continuar con el proceso de degradación.



*a) Mezclado composta 3*



*b) Mezclado composta 4*



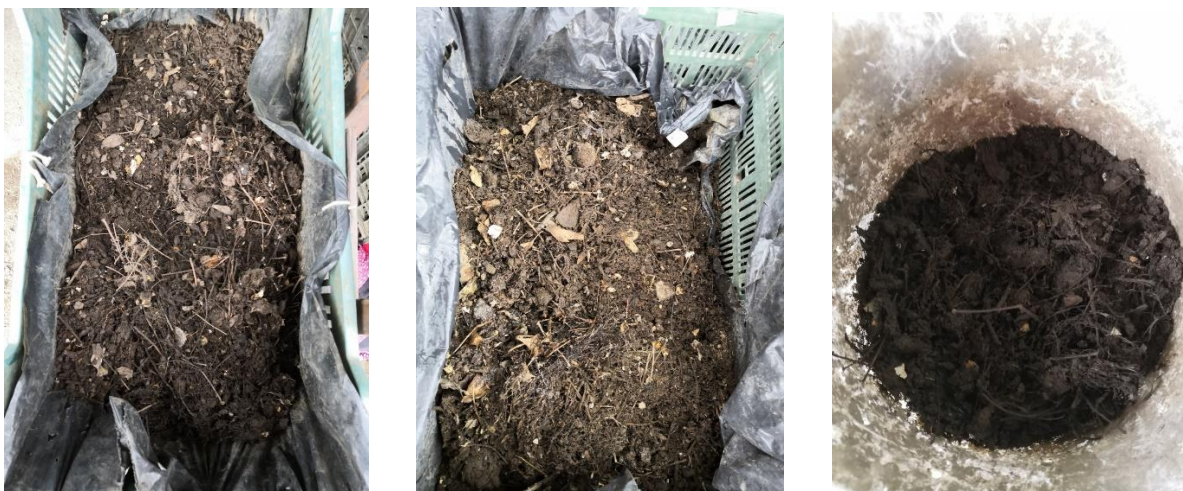
*c) Mezclado composta 5*



*d) Mezclado composta 6*

*Figura 72. Mezclado de compostas a), b), c), d)*

- Segundo mezclado 16 de junio de 2021



a) Mezclado de composta 1      b) Mezclado de composta 2      c) Mezclado de composta 3

*Figura 73. Segundo mezclado de compostas a), b), c)*

Se realizó un segundo mezclado a las compostas en los diferentes sitios, como se muestra en la Figura 73 (a) se observó una mayor degradación de los residuos orgánicos en la composta 1; la temperatura registrada antes de realizar el mezclado fue de 20 °C y posterior al procedimiento se adicionaron 250 mL de agua.

En el sitio número dos se registró la temperatura inicial reflejando un valor de 23 °C. Se aplicó el mezclado y se observó una reducida cantidad de residuos aún por degradar, siendo la mayoría material seco (ver Figura 73 b) como hojarasca; finalmente se agregó una cantidad de 250 mL de agua.

En la composta número tres el valor de temperatura registrado fue de 22 °C, se procedió con el mezclado observando la ausencia de residuos orgánicos a excepción de material seco como ramas de maleza (ver Figura 73 c).

Se llevó a cabo la medición de la temperatura en la composta del sitio número cuatro, el valor registrado fue de 22 °C. Al realizar el mezclado como se muestra en la Figura 74 (a) se observó la degradación avanzada de los residuos debido a que no se identificaban, así mismo era notoria la falta de humedad en el material por lo que se adicionaron 500 mL de agua.

En el sitio número cinco se registró un valor de 20 °C de temperatura, se mezcló el contenido en el interior de la compostadora observando una poca cantidad de restos orgánicos (ver Figura 74 b) reconocibles, así como la presencia de humedad por lo que no se adicionó agua.

Para el mezclado de la composta seis inicialmente se registró una temperatura de 22 °C y se prosiguió revolviendo todo el material (ver Figura 74 c) observando una reducción considerable de volumen del material. La presencia de residuos orgánicos derivados de los alimentos agregados era casi escasa debido al proceso de degradación, únicamente se observó restos de cascarón de huevo, ramas y hojas secas.



a) Mezclado de composta 4    b) Mezclado de composta 5    c) Mezclado de composta 6

Figura 74. Segundo mezclado de compostas a), b), c)

#### 2.4.6 Transformación de residuos

Continuando con el proceso de transformación de residuos orgánicos se dejó nuevamente en reposo el material del interior de la composta para que los microorganismos degradasen materia aún presente a partir del aprovechamiento de oxígeno proporcionado tras la remoción y mezclado del material.

La transformación de los residuos continuó desde el 01 de junio de 2021 posterior al mezclado de los residuos hasta el 16 de junio del mismo año debido a la aplicación de un segundo mezclado en las compostas y nuevamente un periodo adicional de una semana hasta el 23 de junio, fecha en que se retiró el abono para su aplicación.

En esta etapa se verificó la condición de humedad y midió la temperatura del material interno una vez por semana.

#### ***2.4.7 Finalización de proceso de compostaje***

Finalizado el periodo de transformación de residuos sólidos orgánicos (23 de junio de 2021) se procedió a abrir las compostas en los diferentes sitios con el fin de retirar el abono producido y listo para su posterior aplicación. Se verificó si el abono obtenido estaba listo, analizándose por la temperatura del material, olor y humedad.

##### **Composta 1**

Finalizado el proceso de degradación de residuos orgánicos en la composta del sitio número 1, se procedió a destapar el contenedor como se muestra en la Figura 75 y se observó el abono resultante; se registró un valor de temperatura de 20 °C. Se observó la ausencia de materia orgánica identificable por lo que se mezcló y dejó listo para su aplicación.



*Figura 75. Abono obtenido en la composta 1*

##### **Composta 2**

Transcurrido el tiempo establecido en la metodología para culminar con la transformación de residuos sólidos orgánicos en abono en el sitio de la composta número dos como se muestra en la Figura 76 (a) se procedió a destapar el contenedor observando que el abono obtenido presentaba

material no identificable a excepción de materia seca como ramas y algunas hojas (ver Figura 76 b).



*a) Finalización del proceso de compostaje*

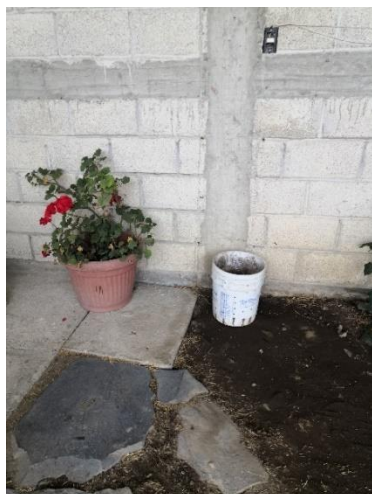


*b) Abono de la composta 2*

*Figura 76. Abono obtenido en la composta 2 a), b)*

### **Composta 3**

La composta en el sitio número 3 se muestra en la Figura 77 (a) la cual se determinó como finalizada posterior al periodo de transformación y degradación de residuos orgánicos por lo que se procedió a destapar y observar el abono resultante (ver Figura 77 b) el cual presentó una temperatura de 18 °C con una humedad adecuada, olor a suelo fresco y presencia de restos de hojarasca y ramas. El volumen se encontraba casi a la mitad del contenedor.



*a) Finalización del proceso de compostaje*



*b) Abono de la composta 3*

*Figura 77. Abono obtenido en la composta 3 a), b)*

### Composta 4

La composta del sitio número 4 se retiró del sitio de reposo indicando la culminación del proceso de compostaje (ver Figura 78 a) misma que registró 20 °C de temperatura, lista para su aplicación como abono orgánico. Se retiró la cubierta superficial del contenedor para observar la transformación de los restos orgánicos observándose en la Figura 78 (b) en donde al revolver el contenido no se identificó algún material sin degradar, a excepción de trozos pequeños y escasos de cascarón de huevo y en mayor cantidad material como ramas y trozos de hojas secas.



a) Finalización del proceso de compostaje

b) Abono de la composta 4

Figura 78. Abono obtenido en la composta 5 a), b)

### Composta 5

De la misma forma, en la composta número 5 se finalizó el proceso de compostaje en el tiempo establecido por lo que se procedió a abrir el contenedor (ver Figura 79 a) y medir la temperatura del material compostado obteniendo un valor de 22 °C; la condición de humedad era adecuada debido a que no se presentaba escurrimiento y la consistencia era fresca.

El abono observable en la Figura 79 (b) estaba en condiciones óptimas para la posterior etapa del procedimiento establecido, no se encontró residuos sin transformar y el material más presente consistió en restos de ramas.



a) Finalización del proceso de compostaje



b) Abono de la composta 5

Figura 79. Abono obtenido en la composta 5 a), b)

### Composta 6

La composta del sitio número 6 se retiró del lugar de reposo en donde se protegía de las condiciones ambientales directas, se movió a otro sitio (ver Figura 80 a) y se procedió a destapar el recipiente y realizar la medición de temperatura obteniendo un valor 22 °C.

El abono obtenido como se muestra en la Figura 80 (b) se mezcló para analizar el material interno e identificar la transformación de los residuos orgánicos, se presentaron restos de cascara de huevo debido a su alta presencia durante la etapa de alimentación por lo que aún se observan trozos identificables y trozos de ramas como parte de los residuos secos. El olor característico era a suelo mojado.

Al culminar el proceso de transformación de residuos y obtención del abono orgánico se procederá con la etapa final de aplicación de acuerdo con las necesidades de los participantes, por mencionar, macetas, pasto, huerto o jardín, árboles, etc., para el aporte de los nutrientes y mejora del suelo.



*a) Finalización del proceso de compostaje*



*b) Abono de la composta 6*

*Figura 80. Abono obtenido en la composta 6 a), b)*

## Capítulo 3. Resultados y discusión

### 3.1 Aplicación de abono

#### Composta del sitio 1

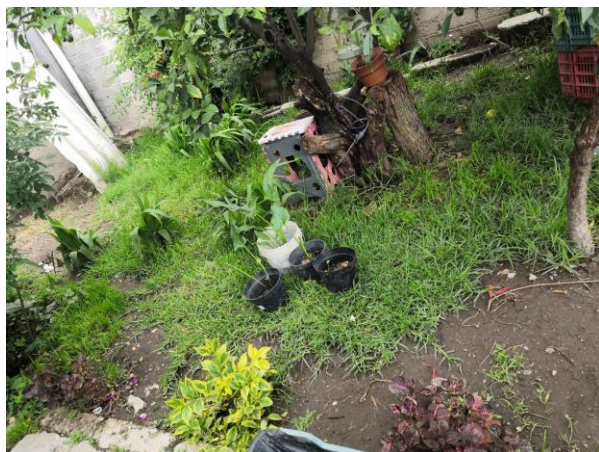
Al finalizar el proceso de compostaje se realizó la aplicación del abono producido en las diferentes compostas. El sitio para la aplicación (árbol, huerto, jardín, etc.) fue seleccionado por cada uno de los participantes en sus respectivos hogares al igual que la decisión de postergar su aplicación por lo que se realizó el secado correspondiente del abono orgánico.

La Junta de Andalucía a través de la Consejería de Medio Ambiente (2018) establece las diferentes formas de aplicación de la composta en agricultura, viveros, jardinería y paisajismo. Por lo tanto, el procedimiento aplicado se muestra en la Figura 2.

Se comenzó con la composta del sitio 1, una vez abierta la composta los participantes de la casa seleccionaron el área de jardín para llevar a cabo la aplicación de la composta (ver Figura 81 a). El área comprendía cuatro macetas, cinco plantas a nivel de suelo y un árbol de naranja ubicado en la parte central.

Se comenzó con la fertilización de las macetas y acorde a lo establecido por la Junta de Andalucía se realizó la remoción cuidadosamente de la capa superior de suelo de aproximadamente 3 cm y en seguida se adicionó de 3 a 4 cm de abono y se realizó un mezclado del material suelto; prosiguiendo con las plantas a nivel de suelo se realizó una circunferencia alrededor de la planta en el cual se removió el suelo ligeramente y aplicó la composta con 2 cm de grosor llevando a cabo un mezclado de los elementos.

Finalmente se despejaron los materiales que rodeaban el tronco del árbol de naranja y con una pala de jardinería se realizó el cajete de 30 cm de radio, se removió el suelo dentro de la circunferencia y se colocaron 2 cm del abono el cual se mezcló con la capa superior de suelo aflojado. El resultado tras la aplicación de la composta se observa en la Figura 81 (b).



*a) Jardín antes de aplicación del abono*

*b) Jardín después de la aplicación del abono*

*Figura 81. Sitio para la aplicación del abono de la composta 1 a), b)*

### **Composta del sitio 2**

Para la aplicación del producto del compostaje en el sitio 2 se seleccionó un pequeño huerto de 1.5 metros de ancho por 2.3 metros de largo en el cual se encontraban dos plantas de fresa, una de zarzamora y un pequeño árbol de mamey como se muestra en la Figura 82 (a).

Con una pala se comenzó a aflojar la capa superior de suelo en aproximadamente 7 cm de profundidad reduciéndose en la parte cercana a la vegetación para evitar lastimar sus raíces, se aplicó en seguida 3 cm aproximadamente de compost sobre toda la superficie y se aplicó un mezclado teniendo como resultado lo que se muestra en la Figura 82 (b).



*a) Huerto sin abono*

*b) Huerto con abono*

*Figura 82. Sitio para la aplicación del abono de la composta 2 a), b)*

### Composta del sitio 3

En el tercer sitio se seleccionó un árbol de naranja (ver Figura 83 a) como primer sitio para la aplicación del abono producido en la vivienda. Con herramientas de jardinería se comenzó a limpiar la zona cercana al tronco del árbol por lo que se retiró una pequeña cantidad de pasto en un radio de 27 cm, se removió aproximadamente 3 cm de profundidad de la capa superficial de suelo y se colocaron 2 cm de abono lo cual se mezcló posteriormente con el suelo removido como se muestra en la Figura 83 (b); se adicionó 250 mL de agua.



*a) Árbol de naranja antes  
de la aplicación del abono*



*b) Árbol de naranja después  
de aplicación del abono*

*Figura 83. Primer sitio para la aplicación del abono de la composta 3 a), b)*

La segunda zona seleccionada en el segundo sitio fue una planta a ras de suelo que se muestra en la Figura 84 (a), se comenzó por despejar el suelo bajo la sombra de la planta en forma de circunferencia dejándolo listo para la colocación de 3 cm de abono el cual se mezcló con el suelo teniendo como resultado la Figura 84 (b).

La última zona seleccionada se muestra en la Figura 84 (c) en la cual se observa una maceta de tamaño considerable con 16 cm de radio a la cual se agregó 3 cm de composta sobre la superficie sin llevar a cabo un mezclado debido a la posibilidad de dañar la planta y sus raíces. Se agregó una cantidad de 250 mL de agua.



*a) Planta antes de la aplicación de abono*



*b) Planta después aplicación de abono*



*c) Adición de abono a maceta*

*Figura 84. Segundo sitio para la aplicación del abono de la composta 3 a), b), c)*

#### **Composta del sitio 4**

Continuando con el proceso de aplicación de la composta en el sitio número 4 se seleccionaron dos árboles de manzana que se muestran en la Figura 85 (a) y Figura 85 (b). Se despejó del área del cajete la hierba y pasto que se encontraban para posteriormente retirar de la composta el abono y colocar 4 cm (ver Figura 85 c).



*a) Árbol de manzana 1 antes  
de la aplicación del abono*



*b) Árbol de manzana 2 antes  
de aplicación del abono*

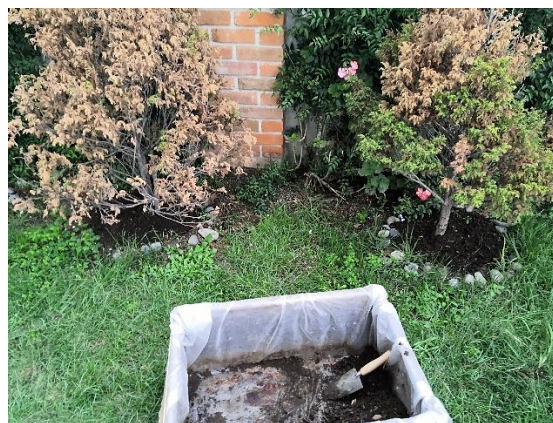


*c) Árboles de manzana después  
de la aplicación del abono*

*Figura 85. Primer sitio para la aplicación del abono de la composta 4 a), b), c)*

Otra de las áreas seleccionadas para la aplicación del abono consistió en dos pinos que se muestran en la Figura 86 (a), una de las características particulares de estos árboles es que presentan una gran resequedad en casi toda la estructura pareciendo sin vida, aunque presentan algunas áreas pequeñas aún verdes por lo que se decidió seleccionarlos.

Se eliminaron las hierbas y el pasto presentes en el área del cajete con herramientas de jardinería y posteriormente se aplicó 3 cm de abono, mezclando con la capa de suelo superficial (ver Figura 86 b). No se aplicó agua debido a la condición climática de la localidad.



*a) Pinos antes de la aplicación del abono*

*b) Pinos después de la aplicación del abono*

*Figura 86. Segundo sitio para la aplicación del abono de la composta 4 a), b)*

### **Composta del sitio 5**

Debido a la realización de actividades de construcción en la casa del sitio 5, se planteó posponer la aplicación del abono por lo que se llevará a cabo el secado correspondiente (ver Figura 87 a) en un periodo de tiempo no definido hasta verificar se encuentre seco completamente. Una vez reducida la humedad en el abono se procederá a almacenar.

La verificación de la humedad del producto se realizó cada 4 días observándose en las Figuras 87 (a, b, c, d, e) en las cuales cronológicamente se puede observar que en cada revisión presenta una condición de resequead más avanzada, sin embargo, el volteo aplicado era constante. Este periodo mantuvo una duración de 2 semanas con 6 días, es decir, casi 3 semanas. La duración de este proceso estuvo en función de las condiciones meteorológicas en la región debido a la presencia excesiva de lluvia durante la mayoría de los días en que se aplicó el secado, así como la falta de sol.

La Figura 87 (f) muestra en el abono orgánico una condición de humedad baja considerándose listo para su almacenamiento y posterior aplicación (ver Figura 87 g).



*a) Secado del abono*



*b) Secado 27/06/21*



*c) Secado 01/07/21*



*d) Secado 05/07/21*



*e) Secado 09/07/21*



*f) Secado 13/09/21*



*g) Almacenamiento del abono orgánico*

*Figura 87. Aplicación del abono de la composta 5 a), b), c), d), e), f), g)*

### **Composta del sitio 6**

Tras finalizar el proceso de compostaje se procedió a retirar el abono de la compostadora listo para su aplicación, seleccionado el primer sitio de aplicación (ver Figura 88 a) un árbol de durazno. Se comenzó despejando la zona de la hierba existente delimitando una circunferencia de lo más grande posible sin afectar las especies de plantas de la zona. Como se muestra en la Figura 88 (b), se agregó aproximadamente 3 cm de abono y se mezcló con el suelo presente.



*a) Árbol de durazno sin abono*



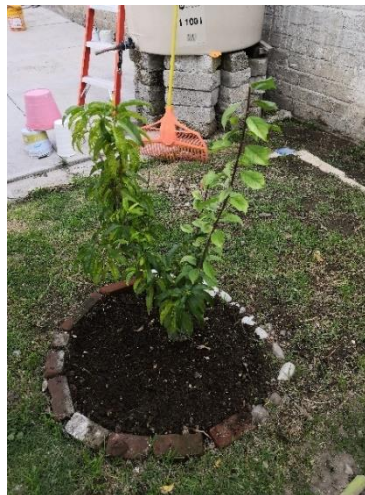
*b) Árbol de durazno con abono*

*Figura 88. Primer sitio para la aplicación del abono de la composta 6 a), b)*

El segundo sitio seleccionado fue un árbol pequeño de durazno el cual puede observarse en la Figura 89 (a). Se aplicó una capa de 2 cm de abono de manera superficial (ver Figura 89 b) y mezclando ligeramente se evitó lastimar las raíces de la vegetación.



*a) Segundo árbol de durazno  
antes de la aplicación del abono*



*b) Segundo árbol de durazno después  
de aplicación del abono*

*Figura 89. Segundo sitio para la aplicación del abono de la composta 6 a), b)*

El tercer sitio de aplicación comprendió una pequeña zona con un árbol de limón pequeño, un rosal y una planta más observándose en la Figura 90 (a). Se aplicó 2 cm aproximadamente del abono restante sobre la zona en la parte superficial como lo muestra la Figura 90 (b). Debido a las condiciones climáticas no se adicionó agua.



*a) Huerto antes de aplicar abono*



*b) Huerto después de abonar*

*Figura 90. Tercer sitio para la aplicación del abono de la composta 6 a), b)*

### 3.2 Análisis de datos

#### Composta 1

*Tabla 8. Recopilación de datos composta 1*

<b>No.</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Residuos</b>	
<b>Análisis</b>	<b>°C</b>	<b>(Kg)</b>	<b>Agua (L)</b>
1	-	-	-
2	-	1.465	0.825
3	20	1.239	0.75
4	18	2.414	1
5	20	0.621	1
6	24	1.928	2
7	28	1.089	2
8	30	0.677	1
9	30	1.058	0.875
10	34	-	0.5
11	36	-	0.5
12	34	-	0.75
13	34	-	0.5
14	36	-	1
15	38	-	0.5
16	30	-	0.75
17	26	-	0.5
18	26	-	0.5
19	22	-	0.25
20*	20	-	0.25
21	22	-	0
22	22	-	0
23	20	-	0.25
24	18	-	0
<b>TOTAL</b>		<b>10.491</b>	<b>15.7</b>

Nota: El dato que refleja el signo (\*) hace referencia a datos generados posterior a la etapa de mezclado en la composta.

Los datos de temperatura, agua adicionada y la cantidad de residuos orgánicos agregados durante la etapa de alimentación de la composta 1 se muestran en la Tabla 8, se observa que los valores de temperatura comienzan en un rango similar a la temperatura ambiente y exponencialmente comienza el aumento hasta alcanzar una temperatura máxima de 38 °C la cual comienza a descender drásticamente hasta un rango de 22 a 18 °C conforme finaliza el proceso de compostaje.

El peso total de los residuos orgánicos agregados en la composta suma un valor aproximado de 10.491 Kg. Por otra parte, durante la alimentación y transformación de residuos hasta la degradación final se midió la cantidad de agua añadida para el adecuado y óptimo proceso de compostaje, la cantidad total de agua fue de 15.7 litros los cuales se distribuyeron en un periodo de casi cuatro meses.

## **Composta 2**

La Tabla 9 muestra el registro de datos de temperatura medida al interior de la composta 2; inicialmente la temperatura fue de 18 °C la cual aumento constantemente hasta obtener el valor máximo de 36 °C.

Tras un periodo corto de tiempo después del valor máximo comenzó el descenso de temperatura hasta los 20 °C, con la aplicación del mezclado la temperatura subió ligeramente hasta 24 °C lo que de acuerdo con el Manual de Compostaje emitido por el Ministerio de Medio Ambiente de España (2009) se genera por la adición de oxígeno que sirve para mantener la actividad microbiana debido a que el compostaje se trata de un proceso aeróbico; este incremento de actividad es motivo de las variaciones de temperatura ya que al continuar con la degradación de residuos se libera energía como lo establece Barrena (2006).

El total de agua adicionada durante el proceso de compostaje consiste en 13.875 litros. La cantidad de residuos orgánicos derivados de los restos de alimentos es de 9.535 kg.

*Tabla 9. Recopilación de datos composta 2*

<b>No.</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Residuos</b>	<b>Agua (L)</b>
<b>Análisis</b>	<b>°C</b>	<b>(Kg)</b>	
1	-	-	-
2	-	0.83	0.875
3	18	0.538	1
4	16	1.766	1
5	18	1.147	1
6	22	2.111	1.75
7	24	0.598	1
8	20	0.447	1
9	24	2.098	1
10	24	-	0.25
11	26	-	0.25
12	28	-	0.5
13	28	-	0.5
14	32	-	0.25
15	36	-	0.75
16	36	-	0.5
17	30	-	0.25
18	24	-	0.25
19	20	-	0.5
20*	20	-	0.5
21	24	-	0
22	22	-	0.5
23	23	-	0.25
24	18	-	0
<b>TOTAL</b>		<b>9.535</b>	<b>13.875</b>

Nota: El dato que refleja el signo (\*) hace referencia a datos generados posterior a la etapa de mezclado en la composta.

**Composta 3***Tabla 10. Recopilación de datos composta 3*

<b>No.</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Residuos</b>	<b>Agua (L)</b>
<b>Análisis</b>	<b>°C</b>	<b>(Kg)</b>	
1	-	-	-
2	-	0.07	0.5
3	18	0.637	0.625
4	17	0	0.25
5	18	0.538	0.625
6	20	1.028	0.75
7	24	0.448	0.375
8	26	0.687	0.5
9	22	1.893	0.625
10	24	-	0.25
11	24	-	0.25
12	26	-	0.125
13	26	-	0.5
14	28	-	0.25
15	26	-	0
16	22	-	0.25
17	22	-	0.125
18	20	-	0.5
19	20	-	0.5
20*	20	-	0.125
21	22	-	0
22	28	-	0
23	22	-	0.25
24	18	-	0
<b>TOTAL</b>		<b>5.301</b>	<b>7.375</b>

Nota: El dato que refleja el signo (\*) hace referencia a datos generados posterior a la etapa de mezclado en la composta.

Los datos de la composta número tres muestran valores de temperatura en donde aumenta y disminuye constantemente la variación (ver Tabla 10). El primer valor registrado es de 18 °C el cual aumenta hasta alcanzar un máximo de 28 °C y su posterior declive hasta un rango de 20 °C, con la aplicación del mezclado de material de la composta debido a la oxigenación la temperatura aumentó hasta los 28 °C en la segunda semana después de aplicar el procedimiento y nuevamente en la tercera semana se notó el descenso y al finalizar la temperatura fue de 18 °C.

El total de residuos orgánicos compostados fue de 5.301 kg y el agua total agregada fue de 7.375 litros.

#### **Composta 4**

Los datos que se observan en la Tabla 11 muestran la variación de temperatura registrada durante todo el proceso de compostaje. El primer valor registrado fue de 18 °C el cual aumentó hasta una máxima de 36 °C para su posterior disminución hasta los 20 °C; con la aplicación del mezclado en la composta, la temperatura en la primera semana retomó un valor de 24 °C como máxima con un descenso hasta 20 °C como temperatura final del abono generado.

El agua total agregada fue de 16.125 litros y los residuos sumaron un total de 9.617 Kg.

*Tabla 11. Recopilación de datos composta 4*

<b>No.</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Residuos</b>	<b>Agua (L)</b>
<b>Análisis</b>	<b>°C</b>	<b>(Kg)</b>	
1	-	-	-
2	-	1.548	1
3	18	1.578	1.5
4	20	0.523	0.75
5	22	1.884	1.375
6	22	0.411	1.5
7	24	2.311	1
8	26	0.851	1.25
9	24	0.511	1
10	26	-	0.25
11	28	-	0.5

<b>No. Análisis</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Residuos (Kg)</b>	<b>Agua (L)</b>
12	32	-	0.5
13	32	-	0.75
14	36	-	1
15	36	-	0.75
16	34	-	0.5
17	30	-	0.5
18	26	-	0.75
19	24	-	0.25
20*	20	-	0.25
21	24	-	0
22	22	-	0.25
23	22	-	0.5
24	20	-	0
<b>TOTAL</b>		<b>9.617</b>	<b>16.125</b>

Nota: El dato que refleja el signo (\*) hace referencia a datos generados posterior a la etapa de mezclado en la composta.

### **Composta 5**

La información expresada en la Tabla 12 muestra un incremento de temperatura gradual desde 18 °C hasta una máxima de 38 °C, posterior a eso la temperatura disminuye hasta 24 °C momento en el que se aplica el mezclado del material por lo que la aireación genera nuevamente un aumento de temperatura hasta los 26 °C y al finalizar el proceso la temperatura final resulta en 20 °C.

La cantidad total de residuos compostados en el sitio constó en 11.838 kg y el total de agua durante el proceso sumó 14.5 litros de agua.

*Tabla 12. Recopilación de datos composta 5*

<b>No.</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Residuos</b>	<b>Agua (L)</b>
<b>Análisis</b>	<b>°C</b>	<b>(Kg)</b>	
1	-	-	-
2	-	0.829	1
3	18	1.645	1
4	20	1.469	1
5	22	1.243	0.75
6	24	0.963	1
7	26	1.165	2
8	26	2.223	1.25
9	32	2.301	0.75
10	36	-	0.25
11	38	-	0.5
12	38	-	0.5
13	36	-	0.75
14	36	-	0.5
15	34	-	1
16	32	-	0.5
17	30	-	0.5
18	26	-	0.25
19	24	-	0.5
20*	24	-	0.25
21	26	-	0
22	24	-	0.25
23	20	-	0
24	20	-	0
<b>TOTAL</b>		<b>11.838</b>	<b>14.5</b>

Nota: El dato que refleja el signo (\*) hace referencia a datos generados posterior a la etapa de mezclado en la composta.

**Composta 6***Tabla 13. Recopilación de datos composta 6*

<b>No.</b>	<b>Temperatura</b> °C	<b>Residuos</b> (Kg)	<b>Agua (L)</b>
1	-	-	-
2	-	2.008	1
3	30	1.164	0.5
4	30	1.54	1.25
5	32	0.777	0.75
6	32	1.45	1.5
7	28	0.768	0.375
8	30	1.12	0.25
9	32	-	0.5
10	32	-	0.5
11	34	-	0.75
12	34	-	0.5
13	38	-	0.5
14	38	-	0.25
15	38	-	0.5
16	34	-	0.5
17	34	-	0.5
18	36	-	0.25
19	30	-	0.25
20*	26	-	0
21	32	-	0
22	28	-	0.25
23	22	-	0
24	22	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>8.827</b>	<b>10.875</b>

Nota: El dato que refleja el signo (\*) hace referencia a datos generados posterior a la etapa de mezclado en la composta.

La recopilación de datos que se muestran en la Tabla 13 muestra el comportamiento de las variaciones de temperatura en la composta seis, se puede observar que el primer valor registrado es de 30 °C por lo que la temperatura aumentó significativamente, el valor máximo registrado fue de 38 °C. La temperatura anterior al mezclado fue de 30 °C y posterior al mismo aumentó hasta 32 °C para finalizar en 22 °C.

La cantidad total de residuos agregada es de 8.827 kg y la cantidad de agua de 10.875 litros.

### 3.3 Comparación de resultados por parámetro

#### 3.3.1 Temperatura

*Tabla 14. Datos de temperatura por composta (°C)*

<b>Registro</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
1	20	18	18	18	18	30
2	18	16	17	20	20	30
3	20	18	18	22	22	32
4	24	22	20	22	24	32
5	28	24	24	24	26	28
6	30	20	26	26	26	30
7	30	24	22	24	32	32
8	34	24	24	26	36	32
9	36	26	24	28	<b>38</b>	34
10	34	28	26	32	38	34
11	34	28	26	32	36	<b>38</b>
12	36	32	<b>28</b>	<b>36</b>	36	38
13	<b>38</b>	<b>36</b>	26	36	34	38
14	30	36	22	34	32	34
15	26	30	22	30	30	34
16	26	24	20	26	26	36
17	22	20	20	24	24	30
18	20	20	20	20	24	26
19	22	24	22	24	26	32

<b>Registro</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
20	22	22	28	22	24	28
21	20	23	22	22	20	22
22	18	18	18	20	20	22

Nota: Valor remarcado en negritas indica el valor máximo registrado

La Tabla 14 representa los datos de temperatura de cada una de las compostas elaboradas, dentro de un total de 22 mediciones de temperatura se observa un aumento no constante ya que se presentan disminuciones y aumentos en todas ellas, el comportamiento para cada composta se representa en la Figura 91 que, aunque mantiene el incremento de temperatura durante la degradación de residuos no es constante siendo el mismo caso durante la reducción de las actividades metabólicas de los microorganismos que presentan declives y aumentos de temperatura presentándose esta situación debido a la aplicación de la etapa de mezclado que por la aireación aumenta la actividad de degradación microbiana.

En la tabla de temperaturas se puede observar el valor máximo de temperatura registrado en cada composta respectivamente. Se puede interpretar que el valor máximo alcanzado de manera general durante el proceso de compostaje es de 38 °C el cual se alcanzó en la primera, quinta y sexta composta; por otra parte, la composta número tres obtuvo el valor más pequeño como temperatura máxima siendo el valor de 28 °C.

De acuerdo con la FAO (2013) externamente, el proceso de compostaje depende en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar a pesar de los rangos óptimos establecidos. En este caso el parámetro de la temperatura como resultado de la interacción de la composta con la temperatura ambiental; de acuerdo con los datos establecidos por el Servicio Meteorológico Nacional (ver Tabla 3) la temperatura media mensual de la zona en los meses de marzo a junio, meses en los que se llevó a cabo el proceso de compostaje muestra un rango de 16 a 18 °C de temperatura por lo que el frío se contempla como factor que afecta considerablemente los valores de temperatura.

En adición al parámetro de temperatura Rodríguez y Córdova (2006) establecen que para un mejor proceso es recomendable ocupar completamente el volumen del recipiente compostador que, en relación por lo expuesto por la FAO la insuficiencia de material compostado contribuye a generar una baja temperatura.

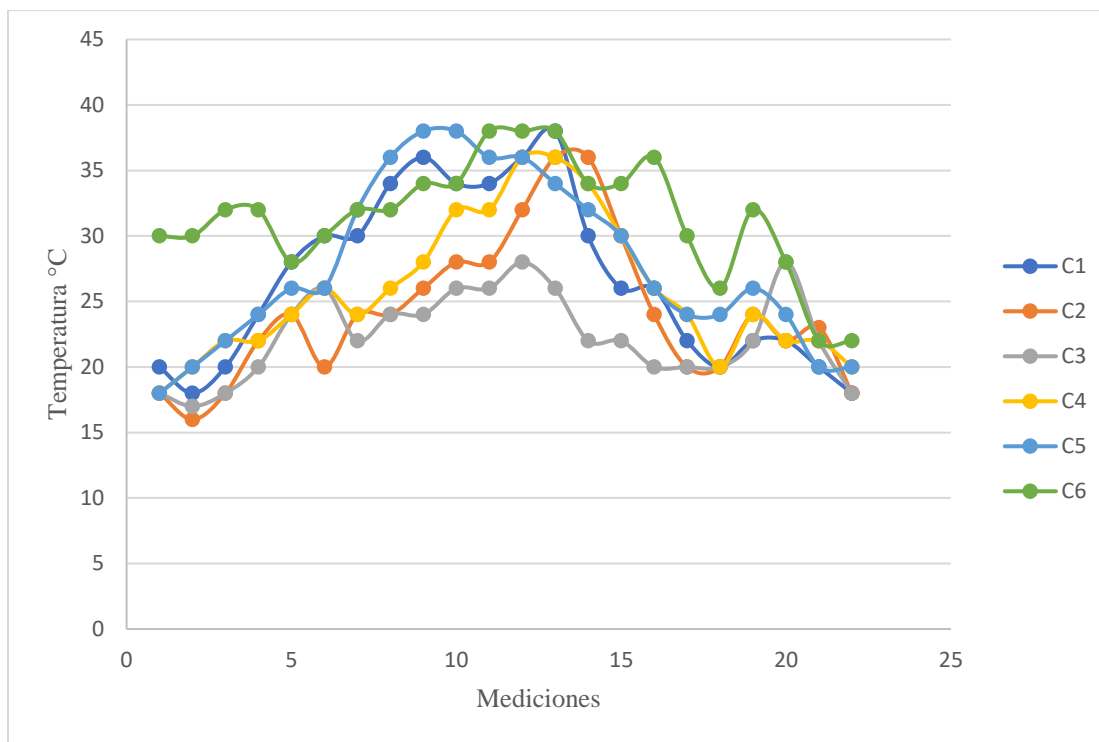


Figura 91. Gráfico del comportamiento de temperatura por composta

### 3.3.2 Cantidad de residuos orgánicos compostados

La cantidad de residuos orgánicos generados y aplicados durante el proceso de compostaje varía de acuerdo con los hábitos y actividades de las personas en cada uno de los hogares; en la Tabla 15 se muestran las cantidades de residuos orgánicos en kilogramos, registrados durante la etapa de alimentación de las compostas. Se puede observar la relación entre la cantidad de residuos totales con respecto al número de habitantes de cada hogar (ver Tabla 7). La composta número cinco transformó una mayor cantidad de residuos (11.838 kg) en la cual el número de personas en el hogar consta de 6; la segunda composta con mayor transformación de residuos es la primera siendo un número de 8 habitantes en el sitio compostando 10.491 kg y por último la cuarta composta con un número de 8 habitantes transformando un total de 9.617 kg; tal comparación en cantidad de residuos puede observarse de manera clara en la Figura 92.

*Tabla 15. Residuos orgánicos totales compostados (Kg)*

<b>Registro</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
1	1.465	0.83	0.07	1.548	0.829	2.008
2	1.239	0.538	0.637	1.578	1.645	1.164
3	2.414	1.766	0	0.523	1.469	1.54
4	0.621	1.147	0.538	1.884	1.243	0.777
5	1.928	2.111	1.028	0.411	0.963	1.45
6	1.089	0.598	0.448	2.311	1.165	0.768
7	0.677	0.447	0.687	0.851	2.223	1.12
8	1.058	2.098	1.893	0.511	2.301	-
<b>Total</b>	<b>10.491</b>	<b>9.535</b>	<b>5.301</b>	<b>9.617</b>	<b>11.838</b>	<b>8.827</b>

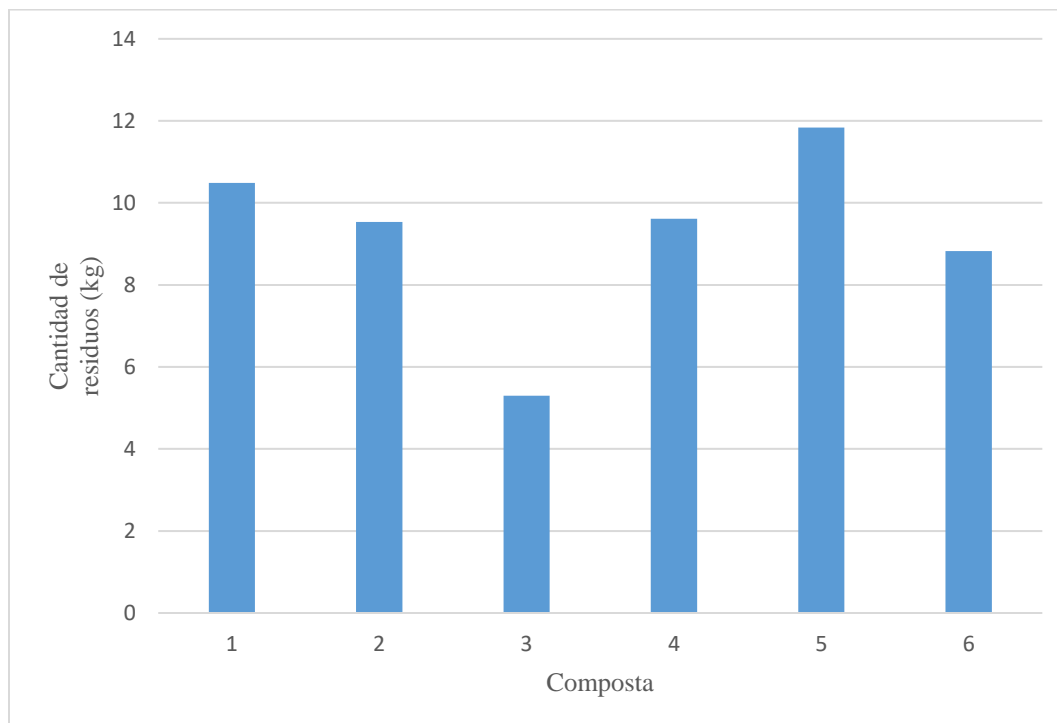
En la Tabla 16 se muestra la sumatoria total de residuos de las seis compostas realizadas, así como el valor promedio de residuos (9.268 kg) en un periodo de tres semanas.

El promedio obtenido es de utilidad debido que resulta útil para estimar la cantidad aproximada de residuos orgánicos que pudiesen ser aprovechados en caso de que en todos los hogares de la comunidad de San Lucas el Grande y su población aplicasen el compostaje como técnica para el aprovechamiento de residuos provocando el alargamiento de vida del relleno sanitario y la disminución del impacto ambiental por el inadecuado manejo de estos.

De acuerdo con cifras del INEGI el valor establecido en la sección 1.1.1 el número de viviendas particulares habitadas en la comunidad es de 2194, por lo tanto, con el promedio de residuos anteriormente mencionado se obtendría un total de 20.33 toneladas de residuos orgánicos durante un periodo de tres semanas que se aprovecharían mediante el compostaje desviándose del proceso de recolección municipal de residuos sólidos urbanos.

*Tabla 16. Resumen residuos orgánicos totales compostados*

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
<b>Total</b>	10.491	9.535	5.301	9.617	11.838	8.827
<b>Sumatoria</b>						<b>55.609</b>
<b>Promedio</b>						<b>9.268</b>



*Figura 92. Gráfico de residuos totales por composta*

### **3.3.3 Cantidad de agua**

El proceso de compostaje requiere de un nivel de humedad adecuado debido a que el agua se emplea como medio para el transporte de nutrientes por los microorganismos; los registros de las mediciones de agua agregada en las diferentes compostas se muestran en la Tabla 17, la cantidad adicionada se basó de acuerdo con la condición y observación en cada composta.

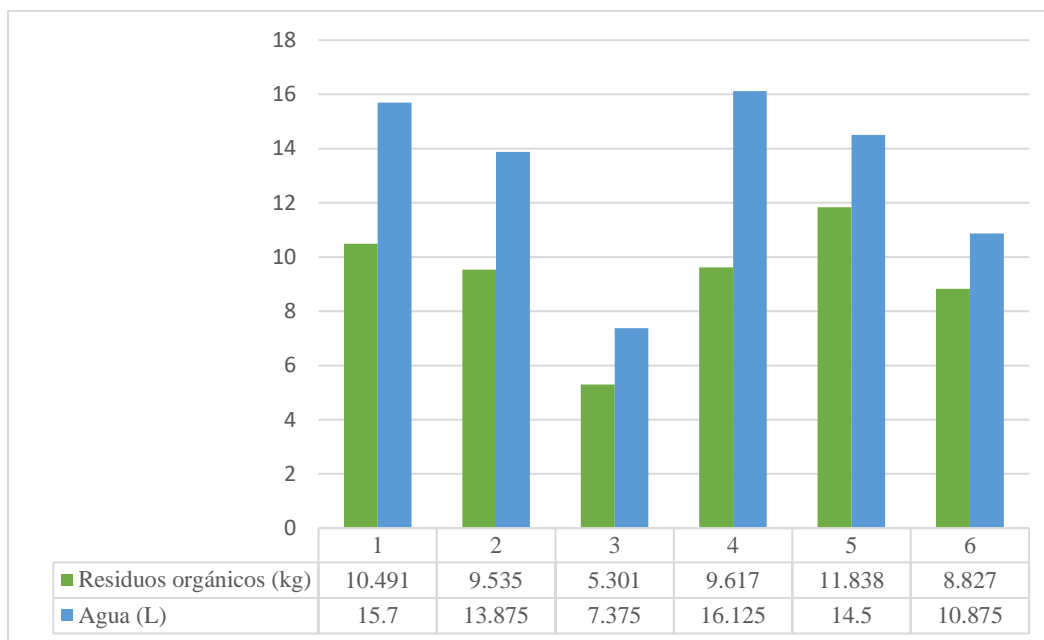
La composta número cuatro sumó la mayor cantidad de agua con un valor de 16.125 litros desde la etapa de alimentación y transformación; la composta con menor cantidad de agua requerida fue la número tres con 7.375 litros. En la Figura 93 se puede observar la variación en las cantidades de agua para cada uno de los casos.

*Tabla 17. Cantidad de agua implementada durante el compostaje (L)*

<b>Registro</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
1	0.825	0.875	0.5	1	1	1
2	0.75	1	0.625	1.5	1	0.5
3	1	1	0.25	0.75	1	1.25
4	1	1	0.625	1.375	0.75	0.75
5	2	1.75	0.75	1.5	1	1.5
6	2	1	0.375	1	2	0.375
7	1	1	0.5	1.25	1.25	0.25
8	0.875	1	0.625	1	0.75	0.5
9	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5
10	0.5	0.25	0.25	0.5	0.5	0.75
11	0.75	0.5	0.125	0.5	0.5	0.5
12	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75	0.5
13	1	0.25	0.25	1	0.5	0.25
14	0.5	0.75	0	0.75	1	0.5
15	0.75	0.5	0.25	0.5	0.5	0.5
16	0.5	0.25	0.125	0.5	0.5	0.5
17	0.5	0.25	0.5	0.75	0.25	0.25
18	0.25	0.5	0.5	0.25	0.5	0.25
19	0.25	0.5	0.125	0.25	0.25	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0.5	0	0.25	0.25	0.25
22	0.25	0.25	0.25	0.5	0	0
23	0	0	0	0	0	-
<b>Total</b>	<b>15.7</b>	<b>13.875</b>	<b>7.375</b>	<b>16.125</b>	<b>14.5</b>	<b>10.875</b>



Otro factor muy importante para considerar en relación con la cantidad de agua utilizada durante el proceso de compostaje es en gran medida la cantidad de residuos orgánicos compostados como se observa en la Figura 94, en donde se puede analizar que las compostas con mayor cantidad de residuos requieren de una mayor cantidad de agua para el proceso de degradación y por otra parte donde se maneja menor cantidad de residuos el agua requerida es menor.



*Figura 94. Gráfico de la relación entre la cantidad de residuos orgánicos compostados y agua total por composta*

Se puede observar que la composta 1, 4 y 5 son aquellas que mayor cantidad de residuos orgánicos transformaron por lo que es en ellas donde se muestra una mayor cantidad de agua suministrada a la composta; para la composta 3 se requirió de una menor cantidad de agua siendo la misma la que transformó una menor cantidad de residuos sólidos orgánicos.

Es importante aclarar que no solo la cantidad de residuos orgánicos influye en los requerimientos de agua, si no el tipo de residuos, materiales involucrados en el recipiente de la compostadora, las condiciones climáticas, la relación carbono nitrógeno, etc.

## Conclusiones

### De la implementación del compostaje

Es necesaria la implementación de alternativas para el aprovechamiento de residuos en la localidad de San Lucas el Grande, en este caso a través del compostaje como herramienta para el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos para intervenir de manera conjunta y social en las problemáticas ambientales desde el alcance individual en cada uno de los hogares en la localidad.

La implementación del compostaje resulta ser un método viable debido a:

- La obtención de un abono orgánico.
- La baja inversión de recursos económicos y materiales para la elaboración de un sistema de compostaje debido a la reutilización de materiales disponibles en el hogar.
- La disminución de las problemáticas en los rellenos sanitarios por la reducción de residuos orgánicos que se disponen y la disminución de problemas sociales generados por la inadecuada operación en estos sitios de disposición final.
- Los cuidados básicos que conlleva la realización del compostaje son fáciles de aplicar.
- La poca cantidad de insumos para el desarrollo del proceso de degradación de residuos orgánicos.

La población tiene la capacidad para el manejo total y aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan en los hogares mediante la aplicación de composta casera, pero es necesario la implementación de campañas de concientización, difusión de información entre la población y participación de las autoridades para la inclusión de una mayor cantidad de personas y que los impactos sean colectivos y más significativos.

Las personas conocen el principio sobre el aprovechamiento de residuos orgánicos, sin embargo, desconocen a gran escala los impactos positivos que se pueden generar, así como las técnicas que se pueden aplicar para poder llevar a cabo un adecuado proceso para el aprovechamiento de los residuos y por lo tanto, es de suma importancia llevar a cabo capacitaciones para facilitar y guiar a los pobladores para el adecuado manejo de residuos.

Con la realización de las compostas experimentales se comprobó que la temperatura es una variable importante durante el proceso del compostaje la cual se ve modificada en gran medida

por las condiciones meteorológicas de la región, los materiales utilizados para la fabricación del sistema de compostaje, la cantidad y tipo de residuos orgánicos compostados, la técnica aplicada y los cuidados durante el proceso de compostaje. Este factor deriva de la actividad metabólica de los microorganismos al transformar los residuos orgánicos, por lo tanto, la duración de las fases durante el compostaje puede variar y el tiempo para obtener abono orgánico puede modificarse.

A nivel domiciliario resulta complicado llevar a cabo un monitoreo estricto de los parámetros de temperatura, humedad, relación carbono-nitrógeno y pH por lo que aplicar una metodología establecida con base en fundamentos teóricos-científicos aumenta la posibilidad de llevar a cabo un proceso de compostaje eficiente. Del mismo modo, existen técnicas establecidas para llevar a cabo el monitoreo o control de algunos parámetros como la humedad y oxigenación sin necesidad de aplicar alguna herramienta o instrumento de medición.

Durante la realización de composta casera, la cantidad de residuos orgánicos generados y compostados dependió del número de personas en cada hogar, así como la condición de edad de cada uno de ellos. Esta misma cantidad de residuos influye en la cantidad de agua requerida por los microorganismos para la degradación de residuos orgánicos; una mayor cantidad de residuos requiere una mayor cantidad de agua.

Para fundamentar y definir un proceso más eficiente de compostaje en cada sitio seleccionado es necesario la realización de análisis de laboratorio para verificar la composición fisicoquímica del abono final obtenido; la implementación de técnicas para la medición y control de pH, de oxigenación y temperatura durante la transformación de residuos y el análisis de los materiales de construcción del sistema de la composta.

### **De la contribución municipal y local**

De la solicitud de información a las autoridades municipales para la identificación de la situación actual por residuos sólidos urbanos se identificó la inexistencia de información sobre la generación de residuos sólidos urbanos, caracterización de residuos, recolección y manejo por el organismo de limpia.

El municipio de San Salvador el Verde, Puebla no cuenta con estrategias para la gestión integral de residuos sólidos urbanos a pesar de su mención como parte de las líneas de acción en el Plan Municipal de Desarrollo de la actual administración (2018- 2021) en el cual describe la

aplicación de campañas de concientización para el cuidado del ambiente y la implementación de contenedores para un mejor manejo y separación adecuada de RSU.

Es necesaria la cooperación y apoyo por parte de las autoridades municipales, locales y la sociedad en general para la generación de estrategias de alto impacto en el área de medio ambiente y en particular en el manejo y aprovechamiento de RSU.

Anexo A

Tríptico informativo

¿Qué es el compostaje?

Es una técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para la degradación de residuos orgánicos a través de microorganismos descomponedores (bacterias y hongos) fabricando un abono de elevada calidad asimilable por las plantas.



¿Por qué es importante?

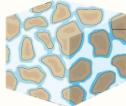
1. Porque reducimos la cantidad de basura que acaba en un relleno sanitario.
2. Obtenemos un abono de elevada calidad para nuestras plantas, sin ningún tipo de producto químico.
3. Devolvemos al suelo materia orgánica, enriqueciéndolo de esta manera.
4. Contribuimos en la disminución de la contaminación del aire, agua y suelo.

Beneficios del compostaje

Al ser un producto rico en nutrientes se convierte en un excelente abono para las plantas.



Mejora la estructura del suelo, permitiendo así mantener una correcta aireación y humedad del mismo.



Efectos sobre la salud del suelo, se trata de un producto natural, sin químicos y libre de patógenos.

Beneficios económicos: no es necesario adquirir este producto, ya que se puede realizar en el hogar.

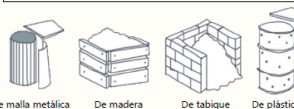
¿Cómo realizar el compostaje?

Hacer una composta doméstica requiere de un espacio, ya sea en un patio, jardín, balcón, azotea, terraza o huerto.

- El área necesaria varía según la cantidad de residuos orgánicos que se pretenda compostar.
- El acceso al lugar del compostaje debe ser fácil.
- El lugar adoptado debe regular la exposición al sol, lluvia y viento.

El compostaje doméstico puede realizarse en una compostadora. Una compostadora es un recipiente diseñado para elaborar composta, dentro del cual se depositan los residuos orgánicos.

La elección del sistema de compostaje depende de la disponibilidad de recursos para elaborar la composta, por ejemplo:  
- tambo - tabiques - block - botes  
- cajas de fruta - cajón de madera - jardinera  
- tela de alambre - trinchera al aire libre.  
Los sistemas deben contar con ventilación.



Material apto para compostar

- Residuos de cocina
- Cascara y trozos de frutas
- Cascara y trozos verduras
- Cascara y trozos de cítricos
- Cascara de huevo
- Hojas frescas
- Aserrín
- Paja
- Hojarasca
- Pasto seco
- Podas de árboles y plantas

No preferencial:

- Tortilla
- Semillas grandes de frutas

Material no apto para compostar

- Residuos de origen animal
- Carne, hueso, sangre, vísceras
  - Pescado
  - Leche y derivados
  - Productos con levadura /pan
  - Grasas
  - Cenizas de carbón
  - Frutos con espinas
  - Sustancias químicas
  - Heces de perros y gatos
  - Pañales
  - Cigarrillos
  - Vidrio
  - Metal
  - Tela
  - Plástico, sintéticos
  - Caucho

Proceso para realizar la composta.

- 1 Se recolectarán y almacenarán los residuos orgánicos durante dos días.
- 2 Colocar en la compostadora una capa de hojarasca o material seco y humectar con 1 taza de agua.
- 3 Añadir una capa de residuos orgánicos trozados y humectar si es necesario con media taza de agua.
- 4 Añadir una capa ligera de suelo y humectar con media taza de agua.
- 5 Repetir el proceso alternando las capas durante 30 días.
- 6 Dejar reposar la composta durante 2 meses.
- 7 Voltear la mezcla y dejar reposar 15 días adicionales.

La composta estará lista cuando se presente:

Estabilización de la temperatura a temperatura ambiente.  
Sin olor fuerte.  
Material orgánico no identificable.



Cuidados necesarios.



- Clima: La lluvia y frío en exceso afectan el proceso, pero no se puede aislar la compostadora del ambiente porque también necesita el calor del sol y oxígeno del aire fresco; sin embargo, hay que protegerlo.
- Si el material se observa seco, será necesario aportar de 1 a media taza de agua de 2 a 3 veces por semana.

Usos



Como fertilizante ya que aporta elementos minerales a las plantas.

Como abono para mejorar la estructura y calidad del suelo.

Problemas y soluciones

Problema	Causa	Solución
Mal olor	Exceso de humedad	Agregar material seco
Presencia de moscas o roedores	Presencia de residuos animales	Retirar residuos de origen animal

Aprovechamiento de residuos orgánicos.



ELABORACIÓN DE COMPOSTA CASERA.

Elaboró: Miguel Angel Blanca Hernández.

## Infografía

## ELABORACIÓN DE COMPOSTA CASERA

**¿Qué es el compostaje?**

Es una técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para la degradación de residuos orgánicos a través de microorganismos descomponedores (bacterias y hongos) fabricando un abono de elevada calidad asimilable por las plantas.

**¿Por qué es importante?**

1. Porque reducimos la cantidad de basura que acaba en un relleno sanitario.
2. Obtenemos un abono de elevada calidad para nuestras plantas, sin ningún tipo de producto químico.
3. Devolvemos al suelo materia orgánica, enriqueciéndolo de esta manera.
4. Contribuimos en la disminución de la contaminación del aire, agua y suelo.

**¿Cómo realizar el compostaje?**

Hacer una composta doméstica requiere de un espacio, ya sea en un patio, jardín, balcón, azotea, terraza o huerto.

- El área necesaria varía según la cantidad de residuos orgánicos que se pretenda compostar.
- El acceso al lugar del compostaje debe ser fácil.

El compostaje doméstico puede realizarse en una **compostadora**. Una compostadora es un recipiente diseñado para elaborar composta, dentro del cual se depositan los residuos orgánicos.

La elección del sistema de compostaje depende de la disponibilidad de recursos para elaborar la composta, por ejemplo:

- tambo - tabiques - block - botes
- cajas de fruta - cajón de madera - jardinera
- tela de alambre - trinchera al aire libre.

Los sistemas deben contar con ventilación.

**Material compostable**

**Residuos aptos para compostar**

- Residuos de cocina - Cascara y trozos de frutas - Cascara y trozos verduras - Cascara y trozos de cítricos - Cascara de huevo - Hojas frescas - Aserrín - Paja - Hojarasca - Pasto seco - Podas de árboles y plantas - No preferencial: -Tortilla - Semillas grandes de frutas

**Residuos no aptos para compostar**

- Residuos de origen animal - Carne, hueso, sangre, vísceras - Pescado - Leche y derivados
- Productos con levadura /pan - Grasas - Cenizas de carbón - Frutos con espinas - Sustancias químicas - Heces de perros y gatos
- Pañales - cigarrillos - Vidrio - Metal - Tela - Plástico -Caucho

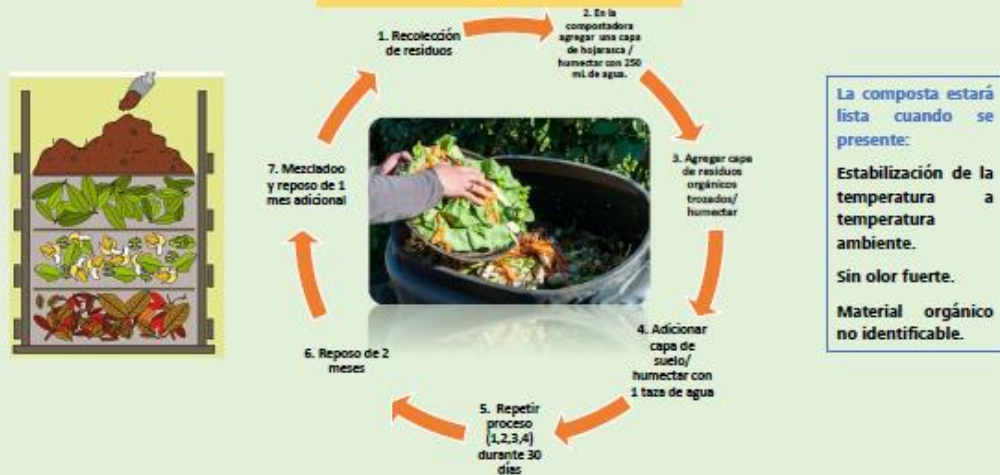
✓ ✓

✓ ✓

✗ ✗

✗ ✗

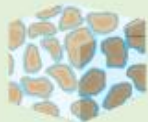
## Proceso para realizar la composta



Al ser un producto rico en nutrientes se convierte en un excelente **abono para las plantas**.



Mejora la estructura del suelo, permitiendo así mantener una correcta aireación y humedad del mismo.



Efectos sobre la salud del suelo, se trata de un producto natural, sin químicos y libre de patógenos.



**Beneficios económicos:** no es necesario adquirir este producto, ya que se puede realizar en el hogar.



### Cuidados necesarios.

- **Clima:** La lluvia y frío en exceso afectan el proceso, pero no se puede aislar la compostadora del ambiente porque también necesita el calor del sol y oxígeno del aire fresco; sin embargo, hay que protegerlo.
- Si el material se observa seco, será necesario aportar de 1 a media taza de agua de 2 a 3 veces por semana.



### Problemas y soluciones

Problema	Causa	Solución
Mal olor	Exceso de humedad	Agregar material seco
Presencia de moscas o roedores	Presencia de residuos animales	Retirar residuos de origen animal

### Usos



Como abono para mejorar la estructura y calidad del suelo.

Como fertilizante ya que aporta elementos minerales a las plantas.

## Bibliografía

- Aguirre, A. (2016). Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos Conocimientos científicos básicos [Archivo PDF]. <https://docplayer.es/13812788-Anexo-4-contaminacion-ambiental-causada-por-los-residuos-solidos-conocimientos-cientificos-basicos.html>
- Avendaño, D. (2003). El proceso del compostaje. [Tesis, Universidad Católica de Chile]. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=030617>
- Balderas Castrillo, I. (2020). Manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Puebla: políticas, actores y acciones. [Tesis de Doctorado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/10156/20200803105806-3076-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baquero Morón, V. (2019). Aprovechamiento de residuos orgánicos residenciales para la generación de abono en Bogotá. [Tesis de Especialización, Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7254/1/811710-2019-I-GA.pdf>
- Barrena Gómez, R. (2006). Fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos [Memoria de tesis, Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Bernache, P. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente*, 1 (7), 72-98. <https://www.redalyc.org/pdf/4557/455744912004.pdf>
- Bohórquez Santana, W. (2019). El proceso de compostaje. Universidad de la Salle.

- CCA. (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 52 pp. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD003593.pdf>
- Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. (2012). Reporte CESOP NÚMERO 51, febrero de 2012. <http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/274147/851591/file/Reporte-51-Residuo-solidos-urbanos-Mexico.pdf>
- Código Reglamentario Municipal para el municipio de Puebla (COREMUN). Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de marzo de 2018. [https://gobiernoabierto.pueblacapital.gob.mx/transparencia\\_file/cgt/77.fracc01/77.01.coremun.puebla.pdf](https://gobiernoabierto.pueblacapital.gob.mx/transparencia_file/cgt/77.fracc01/77.01.coremun.puebla.pdf)
- Codony Gisbert, J. y Ros Gaspa, G. (2007). L'ESTALVI D'AIGUA EN MANS DE LA DOMOTICA. Ambient. 27<sup>a</sup> Edición. <https://ambientonline.es/wp-content/uploads/2020/06/AMBIENT-2007.pdf#page=51>
- Comisión Nacional del Agua. (2018). Estadísticas del Agua en México, edición 2018. [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf)
- Consejería de Medio Ambiente. (2018). USE EL COMPOST: EN AGRICULTURA, VIVEROS Y PAISAJISMO [Archivo PDF]. [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Calidad\\_Ambiental/Gestion\\_De\\_Los\\_Residuos\\_Solidos/compost/Uso\\_Compost.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Calidad_Ambiental/Gestion_De_Los_Residuos_Solidos/compost/Uso_Compost.pdf)
- FAO. (2013). MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR - Experiencias en América Latina [PDF]. <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Hernández Hernández, A. (2003). La composta, su elaboración y beneficio [Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1265/LA%20COMPOSTA%2C%20SU%20ELABORACION%20Y%20BENEFICIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto de Transparencia Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales del Estado de Puebla. (2020). Recurso de revisión expediente RR-112/2020 [Archivo PDF] <https://itaipue.org.mx/transparencia/documentos/recursos/2020/20200112R.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Características de la población – Actividad económica. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=211430011>

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2010). San Salvador el Verde, Puebla. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21143a.html>

Instituto para la Gestión, Administración y Vinculación Municipal. (2020). Diagnóstico de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos del Estado de Puebla. Agosto 2020 [Archivo PDF]. <http://igavim.org/Documentos%20Generados/Documentos%20Generales/2020%20DiagnosticoSDFRSU.pdf>

Jaramillo, G. y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. [Tesis de Especialización, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA]. <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

LPGGIR. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de mayo de 2015. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131748/23\\_LEY\\_GENERAL\\_PARA\\_LA\\_PREVENCION\\_Y\\_GESTION\\_INTEGRAL\\_DE\\_LOS\\_RESIDUOS.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131748/23_LEY_GENERAL_PARA_LA_PREVENCION_Y_GESTION_INTEGRAL_DE_LOS_RESIDUOS.pdf)

LPGIRRSUMEEP. Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2019. <https://ojp.puebla.gob.mx/index.php/leyes/item/ley-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-urbanos-y-de-manejo-especial-para-el-estado-de-puebla-2>

- Marcos Analco, J. C. (2017). Rellenos sanitarios en Puebla, un estudio descriptivo [Tesis de Maestría, Centro de Investigación y Docencia Económicas, A. C.] <http://mobile.repositorio-digital.cide.edu/bitstream/handle/11651/2247/157513.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Márquez Bueno, P., Díaz Blanco, M. y Cabrera Capitán, F. (2016). Factores que afectan al proceso de Compostaje. Capítulo 4. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. (2009). Manual de compostaje [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24\\_tcm30-185556.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf)
- Moreno Casco, J. y Moral Herrero, R. (2008). Compostaje. Edición Mundi-Prensa. Madrid.
- Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P., Cristóbal, M., Benito, A., García, A., García, G., Labrador, C., Lacasta, C., Lezaún, J., Meco, R., Pardo, G., Solano, M., Torner, C. y Zaragoza, C. (2016). PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL COMPOST [Archivo PDF]. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>
- 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. Reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de octubre de 2004.
- Pérez Vian, J., Velasco Pérez, A. y García Herrera, T. (2019). RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: UNA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y OPORTUNIDAD ENERGÉTICA. Ciencia UANL. Revista científica. <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=9350>
- Rodríguez Salinas, M. y Córdova Vázquez A. (2006). Manual de compostaje municipal Tratamiento de residuos sólidos urbanos [Archivo PDF]. <http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf>

- SEMARNAT. (2013). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México. 2013.  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)
- SEMARNAT. (2019). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2018. SEMARNAT. México. 2019.  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Informe2018GMX\\_web.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Informe2018GMX_web.pdf)
- SEMARNAT-INECC. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos Primera edición, mayo 2020 [Archivo PDF].  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- SEMARNAT. (2020). Programa sectorial derivado del plan nacional de desarrollo 2019-2024. Diario Oficial de la Federación, 07 de Julio de 2020.  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020)
- Servicio Meteorológico Nacional. (2010). NORMALES CLIMATOLÓGICAS.  
<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales8110/NORMAL21078.TXT>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2019). PROYECTO DE BASES DE DATOS CLIMATOLÓGICOS.  
<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Mensuales/pue/00021078.TXT>
- Storino, F. (2017). COMPOSTAJE DESCENTRALIZADO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS A PEQUEÑA ESCALA: Estudio del Proceso y del Producto Obtenido [Tesis de doctorado, Universidad Pública de Navarra].  
<http://www.compostaenred.org/documentacion/TESIS%20Francesco%20Storino.pdf>
- Tejada Cota, D. (2013). Manejo de residuos sólidos urbanos en la ciudad de la Paz, B. C. S.: estrategia para su gestión y recomendaciones para el desarrollo sustentable. [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste].  
[https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/147/1/tejada\\_d.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/147/1/tejada_d.pdf)

Universidad Nacional Costa Rica [UNA]. (2015). Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost. <https://www.documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>