

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Potencial de generación de compost a partir de  
residuos sólidos - provincia de Chupaca 2021**

Katherine Clotilde Reyes Moya

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser mi guía y brindarme fortaleza en este camino.

A mis padres Marizol y Edwin quienes me enseñaron a luchar hasta conseguir la meta trazada. A mi hermano Pool por su apoyo y motivación. A mi hija Mayte y mi esposo Gustavo por ser la fortaleza y paciencia para conseguir mis objetivos.

Por otro lado, a mi asesor Ing. Oscar Paul Huari Vila quien compartió sus conocimientos, cuyos resultados se plasman en el presente estudio.

Expresamos un gran agradecimiento a la Universidad Continental (UC) por la confianza que depositaron.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios nuestro señor, por permitirme la existencia y fortaleza, así como sabiduría y dedicación en mis estudios.

A mis padres Edwin y Marizol por brindarme el apoyo tanto económico como moral para luchar por mis metas y darme confianza cada día.

A mi hermano Pool ya que el confió en mi para alcanzar y culminar mis estudios superiores.

A mi hija Mayte Oseda Reyes, ya que fue mi fuente de inspiración para luchar y alcanzar una etapa más en mi vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>PORTADA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiii
<b>CAPITULO I</b> .....	10
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	10
1.1    Planteamiento y formulación del problema .....	10
1.1.1    Planteamiento del problema .....	10
1.1.2    Formulación del problema .....	13
1.1.3    Objetivo general.....	14
1.1.4    Objetivos específicos.....	14
1.2    Justificación e importancia .....	14
1.3    Hipótesis y descripción de variables .....	16
<b>CAPITULO II</b> .....	18
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1    Antecedentes de la investigación.....	18
2.2    Bases teóricas .....	29
2.2.1    Fundamentos teóricos .....	29
2.3    Definición de términos básicos .....	51
<b>CAPITULO III</b> .....	53
<b>METODOLOGÍA</b> .....	53
3.1    Método y alcances de la investigación.....	53
3.1.1    Método de la investigación .....	53
3.1.2    Alcances de la investigación.....	56
3.2    Diseño de la Investigación .....	56

3.2.1	Tipo de diseño de investigación.....	56
3.3	Población y muestra .....	58
3.3.1	Población.....	58
3.3.2	Muestra.....	58
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	58
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	58
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	58
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>59</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>59</b>
4.1	Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	59
4.1.1	Composición del compost generado a partir de los residuos solidos... 59	
4.1.2	Influencia del tamaño de partícula de los residuos sólidos en la ..... generación de compost a partir de los residuos sólidos.....	68
4.1.3	Tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos.....	84
4.1.4	Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos. ....	92
4.2.	Prueba de hipótesis .....	102
4.3.	Discusión de resultados.....	119
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>126</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>128</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>129</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>137</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de los RS por su característica física.....	12
Figura 2. Gestión integral y sustentable de los residuos sólidos.....	30
Figura 3. Distribución de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en el mundo.....	35
Figura 4. Método de eliminación de residuos sólidos urbanos en países seleccionados con diferentes niveles de ingresos.....	37
Figura 5. Composición física de los residuos sólidos urbanos (RSU) .....	40
Figura 6. Cambio de la composición física de los residuos sólidos urbanos.....	41
Figura 7. Generación total de residuos sólidos municipales.....	42
Figura 8. Proceso de compostaje.....	43
Figura 9. Perfil típico de temperatura de compostaje.....	46
Figura 10. Reducción de volumen y peso.....	47
Figura 11. Diseño de bloques completos al azar (DBCA).....	57
Figura 12. Variación del pH.....	69
Figura 13. Efectos principales para la variación del pH.....	69
Figura 14. Variación de la C.E.....	70
Figura 15. Efectos principales para la variación de la C.E.....	71
Figura 16. Variación del % M.O.....	72
Figura 17. Efectos principales para la variación del % M.O.....	73
Figura 18. Variación del % N.....	74
Figura 19. Efectos principales para la variación del % N .....	74
Figura 20. Variación del % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	75
Figura 21. Efectos principales para la variación del % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	76
Figura 22. Variación del % K <sub>2</sub> O.....	77
Figura 23. Efectos principales para la variación del % K <sub>2</sub> O.....	77
Figura 24. Variación del %CaO .....	78
Figura 25. Efectos principales para la variación del % CaO.....	79
Figura 26. Variación del % MgO.....	80
Figura 27. Efectos principales para la variación del % MgO .....	80
Figura 28. Variación del % humedad .....	81
Figura 29. Efectos principales para la variación del % de humedad .....	82
Figura 30. Variación del % Na.....	83
Figura 31. Efectos principales para la variación del % Na .....	83
Figura 32. Comparación de las temperaturas en todos los tratamientos de la réplica 1.....	88
Figura 33. Comparación de las temperaturas en todos los tratamientos de la réplica 2.....	92
Figura 34. Grafica de probabilidad para el pH.....	103
Figura 35. Grafica de probabilidad para la C.E. ....	104
Figura 36. Grafica de probabilidad para el % M.O. ....	106
Figura 37. Grafica de probabilidad para el %N.....	107

Figura 38. Grafica de probabilidad para el %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	109
Figura 39. Grafica de probabilidad para el %K <sub>2</sub> O.....	110
Figura 40. Grafica de probabilidad para el %CaO.....	112
Figura 41. Grafica de probabilidad para el %MgO .....	113
Figura 42. Grafica de probabilidad para el % humedad .....	115
Figura 43. Grafica de probabilidad para él %Na.....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	17
Tabla 2. Generador de residuos y tipo de residuos sólidos para cada fuente de residuos sólidos urbanos.....	32
Tabla 3. Generación mundial estimada de RSU en cada uno.....	33
Tabla 4. Generación estimada de RSU en los 10 países más poblados.....	34
Tabla 5. Composición física de los RSU en los 10 países más poblados. ....	38
Tabla 6. Matriz del DBCA.....	57
Tabla 7. Compost de residuos sólidos municipales.....	59
Tabla 8. Calidad del compost según la NTC – blanco.....	60
Tabla 9. Calidad del compost según la NTC – tamaño de 15 mm .....	60
Tabla 10. Calidad del compost según la NTC – tamaño de 25 mm .....	61
Tabla 11. Calidad del compost según la NTC – tamaño 35 mm .....	62
Tabla 12. Calidad del compost según la NCh 2880 – Blanco.....	63
Tabla 13. Calidad del compost según la NCh 2880 – Tamaño de 15 mm .....	63
Tabla 14. Calidad del compost según la NCh 2880 – Tamaño de 25 mm .....	64
Tabla 15. Calidad del compost según la NCh 2880 – Blanco.....	65
Tabla 16. Calidad del compost según el IIAP– Blanco.....	66
Tabla 17. Calidad del compost según el IIAP– tamaño de 15 mm .....	66
Tabla 18. Calidad del compost según el IIAP– tamaño de 25 mm .....	67
Tabla 19. Calidad del compost según el IIAP– Tamaño de 35 mm.....	68
Tabla 20. Variación del pH .....	68
Tabla 21. Variación de la C.E.....	70
Tabla 22. Variación del porcentaje de M.O. ....	71
Tabla 23. Variación del % N.....	73
Tabla 24. Variación del % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	75
Tabla 25. Variación del % K <sub>2</sub> O .....	76
Tabla 26. Variación del % CaO .....	78
Tabla 27. Variación del %MgO.....	79
Tabla 28. Variación del % humedad.....	81
Tabla 29. Variación del % Na .....	82
Tabla 30. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 0 mm - R1.....	84
Tabla 31. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 15 mm - R1.....	85
Tabla 32. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 25 mm - R1.....	86
Tabla 33. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 35 mm – R1.....	87
Tabla 34. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 0 mm – R2.....	88

Tabla 35. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 15 mm – R2.....	89
Tabla 36. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 25 mm – R2.....	90
Tabla 37. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 35 mm – R2.....	91
Tabla 38. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios – estrato A.....	93
Tabla 39. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios – estrato B.....	94
Tabla 40. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios – estrato A.....	95
Tabla 41. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios total .....	95
Tabla 42. Densidad de los RR.SS. domiciliarios .....	96
Tabla 43. Composición de los RR.SS. domiciliarios.....	96
Tabla 44. Generación total de los RR.SS. no domiciliarios – establecimientos comerciales. ....	97
Tabla 45. Generación total de los RR.SS. no domiciliarios otras fuentes de generación.....	98
Tabla 46. Generación total de los RR.SS. no domiciliarios – especiales .....	98
Tabla 47. Densidad de RR.SS. no domiciliarios.....	99
Tabla 48. Composición de los RR.SS. no domiciliarios.....	99
Tabla 49. Generación per cápita total .....	100
Tabla 50. Generación total municipal .....	100
Tabla 51. Densidad total de los RR.SS. ....	101
Tabla 52. Composición de los RR.SS. municipales .....	101
Tabla 53. Análisis de varianza para el pH .....	102
Tabla 54. Comparaciones para el pH.....	103
Tabla 55. Análisis de varianza para la C.E.....	104
Tabla 56. Comparaciones para la C.E. ....	105
Tabla 57. Análisis de varianza para el % M.O.....	105
Tabla 58. Comparaciones para el % M.O. ....	106
Tabla 59. Análisis de varianza para el %N .....	107
Tabla 60. Comparaciones para el %N.....	108
Tabla 61. Análisis de varianza para el %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	108
Tabla 62. Comparaciones para el %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	109
Tabla 63. Análisis de varianza para el %K <sub>2</sub> O .....	110
Tabla 64. Comparaciones para el %K <sub>2</sub> O.....	111
Tabla 65. Análisis de varianza para el %CaO .....	111
Tabla 66. Comparaciones para el %CaO.....	112
Tabla 67. Análisis de varianza para el %MgO.....	113
Tabla 68. Comparaciones para el %MgO .....	114
Tabla 69. Análisis de varianza para el % humedad.....	114
Tabla 70. Comparaciones para el % humedad .....	115
Tabla 71. Análisis de varianza para el %Na.....	116

Tabla 72. Comparaciones para el %Na..... 117

## RESUMEN

El desarrollo de la tesis fue determinar el potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca con la variación del tamaño de partícula de los RR.SS. Se trabajó con una metodología cuantitativa del tipo hipotético – deductivo, con un diseño de bloques completamente al azar. Para el desarrollo del proceso de compostaje se trabajó con un recipiente de capacidad de 20 litros, con una altura 40 cm y un diámetro de 30 cm. Se utilizó 4 kg de residuos sólidos, 2 kg de estiércol y 0.6 Kg de aserrín. Luego de realizar el proceso se concluye que la composición del compost tuvo un pH que estuvo en el rango de 7.27 – 8.29, C.E. de 5.56 dS/m – 5.145 dS/m, M.O. de 86.51 % - 45.59 %, N de 2.075 % - 1.43 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1.51 % - 0.705 %, K<sub>2</sub>O de 1.82 % - 1.13 %, CaO de 4.14 % - 3.295 %, MgO de 0.845 % - 0.495 %, humedad de 60.265 % - 37.475 % y Na de 0.24 % - 0.12 %. Se trabajó a 24 días pero el tiempo óptimo para el blanco fue a los 16 días, para el tratamiento 1 de un tamaño de 15 mm fue a los 18 días, para el tratamiento 2 de un tamaño de 25 mm fue a los 19 días y para el tratamiento 3 de un tamaño de 35 mm fue a los 17 días. La generación per cápita domiciliaria fue de 0.50 Kg/hab/día, la generación total domiciliaria fue de 10.214 Ton/día, la generación total no domiciliaria fue de 3.6 Ton/día, la generación total municipal fue de 13.892 Ton/día y la generación per cápita municipal fue de 0.680 kg/día. La densidad total de los residuos sólidos tanto domiciliarios como no domiciliarios fueron 114.78 Kg/m<sup>3</sup> y 120.89 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Por lo tanto, se afirma que el compost obtenido es de buena calidad ya que fue comparado con las normas técnicas como la NTC, NCh 2880, IIAP y la OMS.

## ABSTRACT

The development of the thesis sought to determine the potential for generating compost from solid waste in the province of Chupaca with the variation of the particle size of the RR.SS. We worked with a quantitative methodology of the hypothetical - deductive type, with a completely randomized block design. For the development of the composting process, we worked with a container with a capacity of 20 liters, with a height of 40 cm and a diameter of 30 cm. 4 kg of solid waste, 2 kg of manure and 0.6 kg of sawdust were used. After carrying out the process, it is concluded that the composition of the compost had a pH that was in the range of 7.27 - 8.29, C.E. from 5.56 dS/m - 5.145 dS/m, M.O. of 86.51 % - 45.59 %, N of 2.075 % - 1.43 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> of 1.51 % - 0.705 %, K<sub>2</sub>O of 1.82 % - 1.13 %, CaO of 4.14 % - 3.295 %, MgO of 0.845 % - 0.495 %, humidity of 60.265 % - 37.475 % and Na of 0.24 % - 0.12 %. Work was done at 24 days but the optimal time for the blank was at 16 days, for treatment 1 of a size of 15 mm it was at 18 days, for treatment 2 of a size of 25 mm it was at 19 days and for treatment 3 of a size of 35 mm it was at 17 days. The per capita household generation was 0.50 Kg/inhabitant/day, the total household generation was 10,214 Tons/day, the total non-household generation was 3.6 Tons/day, the total municipal generation was 13,892 Tons / day and the generation per municipal capita was 0.680 kg/day. The total density of both residential and non-residential solid waste were 114.78 Kg/m<sup>3</sup> and 120.89 Kg/m<sup>3</sup> respectively. Therefore, it is stated that the compost obtained is of good quality since it was compared with technical standards such as NTC, NCh 2880, IIAP and WHO.

## INTRODUCCIÓN

Antiguamente, la eliminación de desechos resultantes de las actividades humanas no planteaba un problema ambiental grave porque la población era pequeña y la cantidad de tierra disponible para la asimilación era grande. Sin embargo, con el desarrollo de sociedades modernas en las que el consumismo crudo y la cultura del usar y tirar está en la agenda, el problema de los residuos sólidos urbanos es cada vez mayor (1). La actividad antropogénica ha incrementado constantemente la producción de desechos orgánicos; esto se ha convertido en una gran preocupación para la sociedad, especialmente en los centros urbanos, donde el modelo de desarrollo económico se basa en el consumismo desenfrenado asociado a los residuos. Por tanto, el destino de los residuos orgánicos exige soluciones para minimizar o evitar los impactos negativos sobre el medio ambiente. Los residuos vegetales adecuadamente gestionados pueden tener efectos positivos en los agroecosistemas, mejorando los parámetros de calidad del suelo, además de eliminar patógenos y reducir el uso de productos ecológicamente nocivos (2).

Una de las principales características de los biorresiduos es la heterogeneidad de su composición. Es decir, la composición de esta fracción de residuos urbanos depende de factores como la naturaleza de su composición y origen, la época del año en la que nos encontramos, y el tipo de hábitos alimentarios que tiene la población. A pesar de la variabilidad de composición, hay algunos elementos que siempre estarán presentes en la mezcla de biorresiduos: agua (en una proporción variable, pero generalmente estimada en torno al 80%) y elementos derivados de su composición en materia orgánica, como los carbohidratos, proteínas y grasas. Sin embargo, no es posible hablar de una sola proporción de dichos elementos por la variabilidad o heterogeneidad antes mencionada, como consecuencia de estas características, el tratamiento de estos residuos es el de compostaje en lugar de incineración (1).

La producción de compost ha sido durante mucho tiempo objeto de gran interés para los investigadores, ya que el compost puede usarse como fertilizante o como material para producir sustratos de vivero de plantas. Por lo tanto, desde un punto de vista económico, el compostaje puede traer reducciones en el costo de

eliminación de residuos orgánicos, además de proporcionar ingresos, ya que el compost se utiliza como sustituto de otros materiales (fertilizantes químicos y turba) que pueden ser bastante costosos. Además, el compostaje puede tener un fuerte valor ambiental ecológico, ya que permite restar subproductos orgánicos del ciclo de disposición y volver a colocarlos en el ciclo de producción, potenciando y cerrando el ciclo del carbono orgánico, al mismo tiempo que es una herramienta para la Sostenibilidad económica y social de las actividades productivas en las zonas rurales, también de acuerdo con la estrategia europea Horizonte 2020 para el desarrollo rural sostenible (1).

En el primer capítulo aborda sobre la problemática de la contaminación de los residuos municipales generados, el cual se ha ido incrementando de acuerdo con el desarrollo urbano, La provincia de Chupaca es una de las 9 provincias del departamento de Junín que se encuentra ubicado en el centro del Perú. Está ubicada a 297 km. de Lima, con un clima templado seco, se encuentra, a 8 km. al oeste de la ciudad de Huancayo con coordenadas: longitud: -74,8271 y latitud: -12,5209. Según el informe de caracterización de residuos sólidos – Chupaca 2020 informa que determinaron la generación per-cápita (GPC) con la información consignada en los empadronamientos realizados en campo (número de habitantes por familia) por zona. La GPC se dividió por 3 estratos los cuales son estrato A, con una GPC promedio de 0,55 Kg/hab/día, en el estrato B, con una GPC promedio de 0,46 Kg/hab/día, en el estrato C, con una GPC promedio de 0,45 Kg/hab/día. Teniendo así una generación per-cápita promedio de los 3 estratos de 0,5 Kg/hab/día. También se aborda el problema general, objetivos y las hipótesis.

El segundo capítulo aborda los antecedentes de la investigación habiéndose encontrado 15 artículos científico debido al tema tratado en la presente investigación describen el proceso de la generación de compost, así también 5 tesis referidos al tema de la investigación. Además, se ha escrito las bases teóricas partiendo de que son los residuos sólidos municipales, generación de residuos, tratamiento de eliminación y principios básicos del compostaje.

El tercer capítulo trata sobre la metodología la cual fue cuantitativa porque enfatizan las mediciones objetivas y el análisis estadístico, matemático o numérico de los

datos recopilados mediante la manipulación de datos estadísticos preexistentes mediante técnicas computacionales para el método general o teórico de la investigación se usó el de hipotético – deductivo para poder tener así los datos que se necesitaran para el procesamiento de la información. Además, se tuvo el tipo de investigación fue el aplicativo con un diseño experimental del tipo DBCA ya que se considera el efecto de un factor por bloques que a su vez están constituidos por tratamientos.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados y la discusión de los resultados con diversos autores que se detallan en los antecedentes de la investigación.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1 Planteamiento del problema**

La urbanización ha aumentado en todo el mundo y todas las grandes ciudades pueden considerarse los principales impulsores de la economía del país, pero al mismo tiempo, estas ciudades también contribuyen a la producción a gran escala de desechos sólidos. El rápido crecimiento de la población también ha provocado un grave desequilibrio en la cadena de oferta y demanda, el aumento de los precios de los productos básicos diarios, el agua potable y la gestión de residuos. Esto último se vuelve importante, ya que la eliminación inadecuada de los desechos es perjudicial para la salud humana y el medio ambiente. El daño puede ser causado no solo por los desechos en sí, sino también como consecuencia de una estrategia de tratamiento inadecuada, por ejemplo, la liberación de olores ofensivos y la reproducción de insectos y roedores (3).

Los impactos ambientales debidos al vertido ilegal de residuos sólidos urbanos o su mala gestión podrían conducir a los siguientes efectos nocivos: (i) propagación de vectores de enfermedades, (ii) mal olor debido a la degradación de fracciones orgánicas, (iii) quema de biomasa abierta que conduce a problemas de contaminación del aire, (iv) lixiviación de compuestos tóxicos que afectan la calidad del agua subterránea, (v) impactos del cambio climático y reacciones fotoquímicas atmosféricas, (vi) degradación de paisajes existentes, y (vii) contaminación del suelo y cuerpos de agua superficiales. Por lo tanto, para contrarrestar estos impactos, existe una necesidad urgente de implementar tecnologías innovadoras de tratamiento híbrido que logren la recuperación de recursos de los desechos

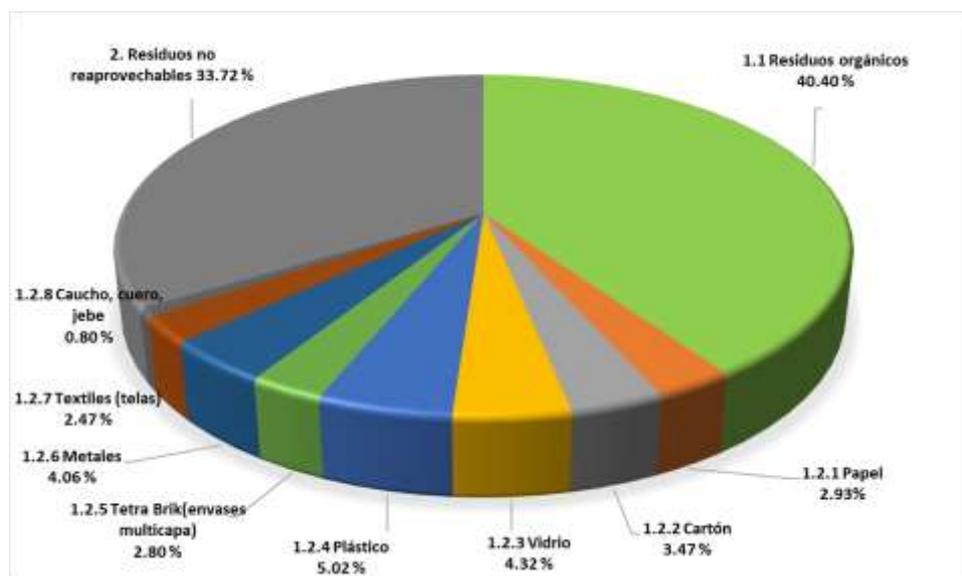
sólidos municipales (RSM) y faciliten el logro de una bioeconomía sostenible en los países en desarrollo (3).

Los residuos sólidos urbanos generalmente incluyen residuos domésticos y comerciales, que consisten en materiales degradables (papel, residuos de alimentos, paja y desechos de jardín), parcialmente degradables (madera y lodos) y no degradables (cuero, plásticos, metales, vidrio, electricidad). Entre estos, los desechos degradables que constituyen la mayor fracción de la carga de RSU en los países en desarrollo, caracterizados típicamente por un alto contenido de agua (> 60 %) requieren un mayor costo operativo y menores posibilidades de recuperación de material (4)

En el Perú, se genera un promedio de 21 mil toneladas de residuos municipales al día, producidas por los 32 millones de habitantes. Lo que equivale a 0,5 % de generación de residuos por persona al día. De ese total, más de la mitad de los desechos son materia orgánica como alimentos o vegetales (5).

La provincia de Chupaca es una de las 9 provincias del departamento de Junín que se encuentra ubicado en el centro del Perú. Está ubicada a 297 km. de Lima, con un clima templado seco, se encuentra, a 8 km. al oeste de la ciudad de Huancayo, según el informe de caracterización de residuos sólidos – Chupaca 2020 informa que determinaron la generación per-cápita (GPC) con la información consignada en los empadronamientos realizados en campo (número de habitantes por familia) por zona. La GPC se dividió por 3 estratos los cuales son estrato A, con una GPC promedio de 0,55 Kg/hab/día, en el estrato B, con una GPC promedio de 0,46 Kg/hab/día, en el estrato C, con una GPC promedio de 0,45 Kg/hab/día. Teniendo así una generación per-cápita promedio de los 3 estratos de 0,5 Kg/hab/día (6).

La densidad promedio de los residuos sólidos en el distrito de Chupaca es de 114,78 Kg/m<sup>3</sup>, teniendo una composición física de los residuos por sus características físicas de residuos orgánicos un 40,40 %, papel 2,93 %, cartón 3,43 %, vidrio 4,32 %, plásticos 5,02%, tetra brik (envases multicapa) 2,80 %, metales 4,06 %, textiles 2,47 %, caucho, cuero, jebe un 0,80 % y por último los residuos no reaprovechables un 33,72 % (6).



*Figura 1.* Composición de los RS por su característica física. Tomado de (6).

De acuerdo con la composición física de los residuos sólidos el 40,40 % son de procedencia orgánica, lo cual es importante resaltar que se puede realizar actividades de compostaje y/o similar para su valorización y aprovechamiento de estos residuos.

Por ello, surge la necesidad de realizar un tratamiento a los residuos sólidos de procedencia orgánica mediante la generación de compost, ya que el compostaje es la degradación de desechos orgánicos en presencia de oxígeno. Es uno de los mejores tratamientos biológicos que convierte los desechos en un compuesto útil conocido como compost. Es un proceso ecológico, económico y viable para la gestión de residuos orgánicos. Naturalmente, mejora las características de manipulación de los residuos orgánicos al reducir su volumen y peso.

El proceso de compostaje está regulado por factores ambientales fundamentales como la temperatura, el contenido de humedad, el pH y la aireación y algunas características (como la relación C/N, el tamaño de las partículas y los nutrientes) de los desechos orgánicos (7). Los desechos orgánicos se compostan para estabilizar la materia orgánica, reducir el contenido de humedad, aumentar las concentraciones de nutrientes de las plantas, eliminar patógenos y semillas de malezas, desarrollar la supresión de enfermedades y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los requisitos para la calidad del compost dependen de su destino final, que incluye agricultura, horticultura y paisajismo urbano. El desarrollo de un mercado para el compost depende en gran medida de la definición y adopción de estándares de calidad. Varios países y organismos públicos y privados han establecido estándares de calidad para el compost, donde se priorizan determinadas propiedades y se establecen diferentes límites según el uso final. El precio en el Perú del compost oscila entre los 10 nuevos soles a 15 nuevos soles el saco de 50 kg.

#### 1.1.2 Formulación del problema

Debido a la gran generación de los residuos sólidos que se da en el distrito de Chupaca urge responder las siguientes preguntas:

A) Problema general

¿Cómo evaluar el potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021?

B) Problemas específicos

¿Cómo determinar la composición del compost generado a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021?

¿Cómo influye el tamaño de partícula en la generación de compost a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021?

¿Cómo determinar el tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021?

#### 1.1.3 Objetivo general

Determinar el potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021.

#### 1.1.4 Objetivos específicos

Determinar la composición del compost generado a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021.

Determinar la influencia del tamaño de partícula de los residuos sólidos en la generación de compost a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021.

Determinar el tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca 2021.

### 1.2 Justificación e importancia

#### Justificación ambiental

El crecimiento de la población y el crecimiento del ingreso per cápita han planteado el problema a una escala diferente (con una generación de desechos desproporcionadamente alta) y complejidad tecnológica (con cambios en la composición de los desechos) (8). Los RSM (Residuos sólidos municipales) son un problema grave, emergiendo a un ritmo alarmante en las megaciudades del mundo como consecuencia de la superpoblación, la urbanización, la industrialización y la disposición indiscriminada de residuos. En el mundo actual, los desechos sólidos generados por el rápido aumento de la población en las megaciudades son de muy alta magnitud, lo que exige la práctica de estrategias de gestión de desechos sólidos (GRS) que incluyen; recolección, transporte, procesamiento y disposición de los residuos sólidos (4).

#### Justificación social

La contaminación y generación per-cápita de los residuos sólidos está en aumento por el incremento de la población y la urbanización, por ende, se realizará el tratamiento de los RS mediante la generación de compost. Para

así mitigar los malos olores, el avistamiento de roedores, la contaminación al agua, aire y reducir el arrojado de los residuos sólidos orgánicos a las calles.

#### Justificación económica

El rápido aumento de los desechos sólidos es un desafío global y los desechos orgánicos toman la mayor parte. La generación de los RS en el distrito de Chupaca es de 114,78 Kg/m<sup>3</sup>, teniendo una composición física de los residuos por sus características físicas de residuos orgánicos un 40,40 %, papel 2,93 %, cartón 3,43 %, vidrio 4,32 %, plásticos 5,02%, tetra brik (envases multicapa) 2,80 %, metales 4,06 %, textiles 2,47 %, caucho, cuero, jebe un 0,80 % y por último los residuos no reaprovechables un 33,72 %. Por ello el compostaje es una forma eficiente y eficaz de convertir los desechos orgánicos sólidos en fertilizantes, que podrían devolverse a las tierras agrícolas y, al mismo tiempo, mitigar las contaminaciones. Pero, con mucho, el compostaje de desechos orgánicos sólidos no se ha utilizado ampliamente (9). La generación de compost es uno de los mejores tratamientos biológicos que convierte los desechos en un compuesto útil conocido como compost. El desarrollo de un mercado para el compost depende en gran medida de la definición y adopción de estándares de calidad. El precio en el Perú del compost oscila entre los 10 nuevos soles a 15 nuevos soles el saco de 50 kg. Ya que es un proceso ecológico, económico y viable para la gestión de residuos orgánicos. Naturalmente, mejora las características de manipulación de los residuos orgánicos al reducir su volumen y peso (7).

#### Justificación Legal

Mediante la ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Ley N° 29338 - Ley de los Recursos Hídricos, Ley N° 29325 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, D.S. N° 002-2008-MINAM: Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA). Son estos documentos legales los cuales guiarán la redacción del presente trabajo de investigación.

#### Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación aportara con mayores alcances para posteriores investigaciones en la consideración de criterios para la generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales del distrito de Chupaca.

### 1.3 Hipótesis y descripción de variables

#### Hipótesis de investigación

El potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca,2021 es provechoso para la agricultura.

#### Hipótesis nula

El potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca, 2021 no es provechoso en la agricultura.

#### Hipótesis alterna

El potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca, 2021 es provechoso en la agricultura.

#### Hipótesis secundarias

La composición del compost generado a partir de los residuos sólidos municipales en la provincia de Chupaca en el año 2021 presenta una influencia significativamente.

La variación del tamaño de partícula da una mejor generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021.

El tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021 afecta significativamente.

#### Descripción de las variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Categoría o dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
Residuos sólidos municipales	Cuantitativa Compleja Independiente	Los RSU 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 (26).	Composición de los residuos sólidos municipales	Cantidades de los residuos sólidos municipales	Kg
			Tamaño de partícula de los residuos sólidos municipales	Medida de las partículas de los residuos sólidos municipales	mm
			Tiempo	Días	Días
Generación de compost	Cuantitativa Compleja Dependiente	El compost o la composta es un producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico, los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de oxidación denominado compostaje (10).	Capacidad de compost	pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, fosforo, aluminio, potasio y materia orgánica	pHmetro sonda Martek-SCT
			Temperatura	Temperatura del proceso	

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

El artículo científico titulado: “Efectos del pretratamiento de secado y el ajuste del tamaño de las partículas en el proceso de compostaje de las hojas de tabaco curadas al humo desechadas” proponen un proceso de pretratamiento de secado para reducir el contenido de nicotina en las hojas de tabaco curadas al humo desechadas y así mejorar su relación carbono-nitrógeno a un nivel adecuado para el compostaje. En este trabajo también se probó el efecto de otro método de pretratamiento, el ajuste del tamaño de partícula, sobre la eficiencia del compostaje. Los resultados indicaron que las hojas de tabaco secadas al aire (contenido de nicotina: 1,35 %) y las hojas de tabaco curadas al humo relativamente largas (25 mm) tenían una eficiencia de compostaje más alta que las hojas de tabaco curadas al humo que se habían desechado al aire (contenido de nicotina: 1,57 %) y las hojas de tabaco curadas al humo de desecho corto (15 mm). Cuando se compostaron hojas de tabaco curadas al humo secas de 25 mm desechadas mezcladas con tallos de tabaco en una proporción de 8:2 a una temperatura superior a 55 °C durante 9 días, el contenido de nicotina descendió del 1,29 % al 0,28 %. Dado que las hojas de tabaco curadas al humo desechadas se compostaron con éxito en un material fértil e inofensivo, los valores del índice de germinación aumentaron a 85,2 % (11).

El artículo científico titulado: “Efectos del compostaje sobre la biomasa microbiana y los depósitos de P del suelo afectados por el tamaño de las partículas y las propiedades del suelo” evaluaron si las fracciones del tamaño del compost difieren en su efecto sobre la biomasa microbiana y los depósitos de P del suelo, se separó un compost de los desechos del jardín tamizándolo en diferentes fracciones de tamaño de partícula (> 5 mm, 3,5 mm y <3 mm) y luego se mezcló en tres suelos diferentes (referidos como suelo A, B y C) a una tasa de 50 mg total de P kg<sup>-1</sup>. Se eligieron estos suelos

porque el tamaño de los depósitos de P en el suelo podría verse afectado por las propiedades del suelo que también pueden influir en la forma en que los depósitos de P responden a la adición de compost. La respiración acumulada del suelo, la biomasa microbiana y los depósitos de P del suelo se determinaron después de 25 días y 50 días. La adición de compost aumentó la respiración del suelo y la biomasa microbiana C y P, con el mayor aumento en la respiración con la fracción > 5 mm y en la biomasa microbiana C y P con la fracción <3 mm. Se puede concluir que el tamaño de las piscinas de P se ve más afectado por las propiedades del suelo como el contenido de materia orgánica, la textura y el pH que por las fracciones de compost (12).

El artículo científico titulado: “La variación en la frecuencia del compost de desechos sólidos municipales probado por CQA puede alterar los metabolitos en las verduras”, evaluaron una frecuencia variable de 5 años de aplicación de Compost Quality Alliance probado el efecto del compost de residuos sólidos urbanos (RSU) en los perfiles metabólicos de las porciones comestibles de cuatro plantas vegetales diferentes. Las plantas fueron lechuga (*Latuca sativa* cv. Grand Rapids), remolacha (*Beta vulgaris* cv. Detroit Supreme), zanahoria (*Daucus carota* cv. Nantes) y judías verdes (*Phaseolus vulgaris* cv. Golden Wax) cultivadas en un clima continental subhúmedo. Los tratamientos fueron aplicaciones anuales, bienales y no (control) del compost de RSU. Por lo general, la fertilidad del suelo aumentó mucho con la aplicación anual del compost de RSU seguida de la aplicación bienal, pero disminuyó en la parcela de control. El compost de RSU aplicado anualmente aumentó los aminoácidos totales en la lechuga, zanahoria, remolacha y judías verdes en aprox. 323 %, 109 %, 94 % y 18 % respectivamente, en comparación con el control. En general, los fosfolípidos totales se mejoraron con el compost de RSU aplicado cada dos años. Los ácidos orgánicos totales en la lechuga, la remolacha y las judías verdes fueron alterados por las aplicaciones anuales y bienales de compost de RSU en 35 % y 23 %; 6 % y 6,4 %; y 22 % y 65 %, respectivamente, en comparación con el control (13).

El artículo científico titulado: “Influencia de los agentes de carga en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas durante el compostaje de residuos verdes en dos etapas” estudiaron el uso de astillas de madera (WC) (al 0 %, 15 % y 25 %) y / o residuos verdes compuestos (CGW) (al 0 %, 25 % y 35 %) como BA en el compostaje de GW en dos etapas. La adición combinada de WC y CGW mejoró las condiciones del proceso de compostaje y la calidad del producto de compostaje en términos de temperatura de compostaje, porosidad, retención de agua, distribución del tamaño de partícula, pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pérdidas de nitrógeno, índices de humificación, número de microbios, actividades enzimáticas, contenido de macro, micronutrientes y toxicidad para las semillas en germinación. El compost maduró en solo 22 días con el método de compostaje optimizado de dos etapas en lugar de los 90-270 días que normalmente se requieren para el compostaje tradicional. El proceso de compostaje de dos etapas óptimo y la mejor calidad del producto de compost se obtuvieron con la adición combinada de 15 % WC y 35 % CGW (14).

El artículo científico titulado: “Variación de los indicadores clave durante el compostaje de residuos orgánicos sólidos municipales”, tuvieron como objetivo generar compost, analizando el alto contenido de humedad en los desechos orgánicos conduce a la producción de lixiviados. Los desechos vegetales son un tipo de desechos orgánicos sólidos municipales que contienen una humedad muy alta (88 % – 94 %) y, por lo tanto, se convierten en una molestia para el medio ambiente. El compostaje es una tecnología viable para tratar dichos desechos orgánicos. Esta investigación se ocupa principalmente de la comprensión del estado físico del compostaje durante el compostaje de residuos vegetales añadidos con el inóculo y los agentes de carga. Este estudio mostró el logro de la etapa termofílica (65 °C – 70°C) durante el proceso de compostaje y se completó con el producto final libre de patógenos. La densidad aparente aumentó de 312 kgm<sup>-3</sup> a 380 kgm<sup>-3</sup> y estuvo dentro del rango recomendado (menos de 1000 kg m<sup>-3</sup>). La conductividad eléctrica del producto final también estuvo dentro del rango

mencionado ( $< 4 \text{ dS m}^{-1}$ ). Al evaluar la matriz de coeficientes de correlación de Pearson entre los parámetros físicos, el contenido de humedad y el espacio de aire libre mostraron una relación positiva (7).

El artículo científico titulado: “¿Cuál es el mejor uso final para el compost derivado de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos?”, el objetivo de este estudio es comparar los impactos ambientales del uso de compost como enmienda del suelo, teniendo en cuenta sus sustituciones beneficiosas de fertilizantes y turba, con su uso como alternativa diaria de uso (ADU). Se realizaron análisis de sensibilidad paramétrica y simulación de Monte Carlo para evaluar los efectos de la incertidumbre en los valores de entrada sobre el desempeño ambiental. El escenario de ADU supera al escenario de enmienda del suelo en términos de potencial de calentamiento global, acidificación y eutrofización en  $\sim 63 \%$ ,  $\sim 77 \%$  y  $\sim 100 \%$  de las simulaciones, respectivamente, mientras que el escenario de enmienda del suelo es mejor en términos de demanda de energía acumulada y abiótico. potencial de agotamiento de recursos  $\sim 94 \%$  y  $\sim 96 \%$  del tiempo, respectivamente. Por lo tanto, recomendamos que se considere el uso de compost como ADU, especialmente cuando factores específicos del sitio, como la contaminación de la materia prima o la falta de mercados, dificultan la búsqueda de aplicaciones apropiadas para el compost como enmienda del suelo (15).

El artículo científico titulado: “Compost compuesto producido a partir de residuos orgánicos” estudiaron la elaboración de nuevos tipos de compost, se utilizaron tres tipos de residuos: lodos de depuradora de aguas residuales, algas marinas y estiércol de corral. Hemos realizado cuatro variantes de compostaje diferentes, cada una de las cuales consta de diferentes proporciones de los tres residuos: partes iguales ( $33,33 \%$ ) de cada residuo,  $50 \%$  de cada uno de los tres residuos por separado, la diferencia se compensa en cantidades iguales ( $25 \%$ ) de los otros dos desechos. El proceso de compostaje se realizó en los silos Könemann (cachorros de  $1,20 \text{ m}$  de lado) y tuvo una duración de 60 días, desde el 19 de julio hasta el 16 de septiembre, cuando el material compostada pasó las etapas de reducción

y oxidación. Durante el proceso de compostaje, en la etapa reductora el material ha alcanzado una temperatura de hasta 63 °C Celsius, calor suficiente para su esterilización. El material inicial, el Semi compostada y el compostada final fueron analizados químicamente, especialmente en términos de macro y micro elementos, los resultados analíticos revelaron un contenido alto y normal de dichos químicos. Por tanto, el abono obtenido podría utilizarse en sistemas de agricultura ecológica (16).

El artículo científico titulado: “Contenido de humedad y equilibrio térmico durante el compostaje de pescado, mantillo de banano y desechos sólidos municipales”, el objetivo general de este estudio es comprender el efecto del compostaje de diferentes tipos de desechos con diferentes pesos sobre la temperatura y el contenido de humedad durante el compostaje. Los ensayos experimentales involucran un compostaje aeróbico de desechos de casas de pesca, desechos sólidos municipales, desechos de plantaciones de banano y carne compostada. Las proporciones de mezcla de residuos se adaptaron siguiendo la fórmula de carbono a nitrógeno. El material de abono se dejó durante más de 29 días, de los cuales más de 24 días de descomposición en barriles seguidos de 5 días - 7 días se apilaron en un espacio abierto y se cubrieron con bolsas de nailon. La temperatura a dos profundidades de 25 cm y 50 cm de la superficie superior del abono y el contenido de humedad se monitorearon a lo largo de los experimentos para controlar la frecuencia de renovación y la adición de agua. Se puede obtener una temperatura más alta aumentando el tamaño del material de compostaje o aumentando las proporciones de mezcla volumétrica de los sustratos de compost o probando otras combinaciones con proporciones C/N más altas (17).

El artículo científico titulado: “Tratamiento de residuos sólidos orgánicos generados en corporación de investigación agrícola mediante compostaje en condiciones naturales y controladas”, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de estabilización de la materia orgánica en dos sistemas de compostaje: controlado (arados y riegos quincenales) y natural. Se ha probado dos pilas (controlada y natural) durante 120 días en cuatro

tratamientos: paja de soja (T1), paja de trigo (T2), poda de árboles (T3), mezcla de paja de soja y trigo y poda de árboles (T4) con residuos orgánicos del programa de reciclaje + soja. Se controló la temperatura, la humedad, el pH, la conductividad eléctrica (CE), la relación C, N, C/N y la reducción de masa y volumen. En los tratamientos controlados, la fase termofílica fue menor, la humedad estuvo en la proporción ideal para el proceso (con menores valores en los tratamientos naturales), y hubo una disminución de 3 - 4 veces de los valores de CE y las mayores reducciones de masa y volumen. En todos los tratamientos, los valores de pH fueron neutros y la relación C / N disminuyó 37 % - 50 %, asumiendo valores finales de compost maduros. Se ha concluido que independientemente de las mezclas de residuos, los tratamientos controlados, en el período de 120 días, fueron más eficientes para estabilizar la materia orgánica (18).

El artículo científico titulado: "Influencia del compost de residuos sólidos urbanos en las propiedades del suelo y el restablecimiento de las plantas en entornos periurbanos", el objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de compost de RSU sobre las propiedades del suelo, la descomposición de residuos y el restablecimiento de Poa (*Poa pratensis* L.). Al inicio del ensayo, se preparó abono y se aplicó en suelo desnudo en parcelas cuadradas de 0,25 m<sup>2</sup>, posteriormente se incorporaron bolsas de basura y se sembró Poa. Las cantidades de abono fueron: 0 kg m<sup>-2</sup> (control); 2 kg m<sup>-2</sup> (bajo); 4 kg m<sup>-2</sup> (medio) y 7 kg m<sup>-2</sup> (alto) en base a materia fresca. Durante el ensayo se evaluó la descomposición de residuos y la materia seca aérea (MS: g tratamiento<sup>-1</sup>), al final se midieron los parámetros físicos y químicos del suelo. Las tasas de abono medio y alto aumentaron el C orgánico, el N total y la P. extraíble. La adición de 2 kg m<sup>-2</sup> también afectó el C orgánico del suelo, pero en una tarifa menor. Las propiedades físicas del suelo mejoraron después de la adición de compost de RSU. En dosis medias y altas, los aumentos de materia orgánica redujeron la densidad aparente y mejoraron la infiltración de agua. La MS aérea se vio afectada significativamente por los tratamientos (p <0,05). La dosis media mejoró las propiedades del suelo y la MS de las plantas en la misma cantidad que la dosis más alta. La

aplicación de compost de RSU en suelos urbanos es una alternativa viable, ya que permite la restauración integral de una zona con graves problemas ambientales (19).

El artículo científico titulado: "Producción de abono orgánico a partir de diferentes residuos vegetales generados en la gestión de un espacio urbano verde", el objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de los residuos vegetales generados en el manejo del Jardín Botánico de Río de Janeiro, Brasil, para la producción de compost orgánicos. Se realizó un experimento durante 110 días para compostar hojas, ramitas y hojas desmenuzadas, ramitas y hojas desmenuzadas más estiércol, briznas de pasto y plantas acuáticas, para determinar los factores de influencia y los niveles de N, P y K. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El estiércol influyó en la descomposición de los residuos vegetales triturados. Los residuos triturados más estiércol, briznas de hierba y plantas acuáticas dieron como resultado compost más estables en cuanto a temperatura, mientras que los residuos triturados y las hojas requirieron más tiempo para que la biomasa se descompusiera. El pasto y el material vegetal acuático presentaron mayores niveles de N y mayores reducciones de volumen. El contenido de P y K se mantuvo donde se produjeron pérdidas por lixiviación, debido a que el proceso se estaba realizando en un sistema abierto (2).

El artículo científico titulado: "Caracterización del abono de residuos sólidos urbanos (MSWC) de ciudades indias seleccionadas: un estudio de caso para su utilización sostenible", la utilización de residuos sólidos urbanos es importante para frenar la creciente demanda de terrenos escasos para su eliminación. El cambio de patrones de estilo de vida, particularmente en las áreas urbanas, ha llevado a un aumento en la generación de RSU. Se estima que los desechos sólidos urbanos de las ciudades de la India tienen entre un 40 % y un 60 % de materia orgánica, que podría reciclarse como abono. La forma más adecuada de reciclarlo con poca inversión es el compostaje aeróbico mediante el método de hileras. Con el cumplimiento de las Reglas

de Manejo y Manejo de Residuos Sólidos Municipales de 2000, muchas ciudades en la India están produciendo abono con porción orgánica de RSU. Antes de aplicar MSWC para usos agrícolas, es importante hacer un inventario de los metales pesados en el compost para evaluar su toxicidad. Por lo tanto, las muestras de compost de RSU estudiadas habían demostrado su idoneidad para su uso como compost verde (20).

El artículo científico titulado: "Evaluación de la calidad del compost elaborado con residuos sólidos urbanos", el presente trabajo se estudia la calidad del compost elaborado a partir de residuos sólidos urbanos; Se ha investigado el contenido de nutrientes minerales: potasio, calcio, magnesio, sodio, zinc, manganeso, cobre, hierro, níquel, cromo y plomo. El objetivo fue evaluar los cambios en la concentración de nutrientes minerales durante el proceso de compostaje. El compost se preparó en una planta piloto utilizando el sistema de pila giratoria. La temperatura se utilizó como parámetro de monitoreo para seguir el progreso del compostaje, que experimentó la tendencia típica de las mezclas de compostaje de residuos sólidos urbanos. Los resultados mostraron una evolución similar en el contenido de nutrientes minerales de la mezcla de residuos sólidos urbanos. Esta evolución se originó en un compost maduro (muestra final) con un contenido adecuado de elementos minerales y características físico-químicas para su uso en agricultura. Entonces, el uso de compost de residuos sólidos municipales representa una herramienta importante para los requerimientos de fertilización para su uso en agricultura (1).

El artículo científico titulado: "Propiedades tecnológicamente significativas del compost de residuos sólidos urbanos", el documento presenta los resultados de estudios de las propiedades tecnológicamente significativas del compost de residuos sólidos urbanos (RSU) producido por empresas de procesamiento de RSU en San Petersburgo (Rusia) donde se implementa el proceso de tambor Dano. Se investiga la composición química y microbiológica del compost, así como el calor durante la maduración. La composición química del compost industrial producido en San Petersburgo

no permite su uso como fertilizante y suelo en la agricultura. Desde el punto de vista microbiológico, el compost de NSW no es peligroso, pero el contenido de grupos indicadores de microorganismos lo clasifica como suelo contaminado. La generación de calor del compost durante la maduración es desigual: la mayor parte del calor, el 78,5 %, se libera en el primer año de maduración. En términos absolutos, este valor es 3250 kJ/kg de peso seco. Para garantizar que el proceso se lleva a cabo durante un período en el que la temperatura del compost es superior a la temperatura ambiente, se deben agregar sustancias tóxicas al compost en una cantidad no superior a 400 veces el contenido de contaminantes en los desechos de la cuarta clase de peligro (21).

El artículo científico titulado: "Potencial de producir compost a partir de desechos orgánicos municipales separados en origen (Un estudio de caso en Shiraz, Irán)", el objetivo fue examinar el potencial de producir compost a partir de desechos orgánicos municipales separados en origen en Shiraz, Irán. Los desechos del mercado (frutas y verduras) y los desechos del jardín (residuos de plantas) se utilizaron como materias primas. Fueron sometidos al método de compostaje en pilas en un área de sitio abierto. El proceso fue monitoreado contra varios parámetros físicos, químicos y biológicos. Diariamente se realizaron mediciones in situ (temperatura y contenido de humedad). Se realizaron muestreos y análisis de laboratorio durante el período del tratamiento biológico. El producto final tenía niveles aceptables de humedad y nutrientes, pH, conductividad eléctrica (CE) y proporción de carbono / nitrógeno. Todas las muestras de compost analizadas tenían concentraciones más bajas de metales pesados que las normas iraníes y alemanas. En general, los resultados obtenidos revelaron que el compostaje es un método prometedor para el tratamiento de residuos orgánicos municipales. Los hallazgos también implican la efectividad del método de recolección por separación en origen en la producción de compost de alta calidad (22).

En la tesis titulado: “Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, 2018”, tiene por objetivo determinación de la calidad del compost obtenido a partir de los residuos provenientes del mercado los cedros. El tipo de investigación es Experimental para lo cual se determinó los parámetros físicos químicos como Humedad, conductividad, pH, materia orgánica y contenido de nutrientes fosforo, nitrógeno, potasio. Además de micronutrientes como magnesio, sodio y calcio. Además, se pudo apreciar la temperatura de acuerdo a las fases del proceso compostaje, la cual según la FAO. En la cual se realizó la caracterización de los residuos, determinando su el peso de los residuos orgánicos, la densidad y el volumen durante 7 días según la metodología guía de caracterización de residuos de la MINAM. Finalmente, el problema de los residuos en general y para poder resolverlo se necesita de un enfoque integral, es decir desde el punto de vista ambiental, económico, social y sanitario (23).

En la tesis titulado: “Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos orgánicos vegetales del mercado de frutas Tingo María” Se determinó la composición de los residuos del mercado de frutas, donde el 20 % fue de naranja, 33 % plátano, 7 % palta, 15 % zapote, 11% limón dulce, 8 % anona, 3 % caimito, 3 % otras frutas. El tiempo de producción del compost el cual fue de 55 días. La tasa de producción de compost es de 16,48 % en relación 5,7475 Kg de compost a partir de 94,77 Kg de materia orgánica inicial. La calidad físico química del compost siendo estas 8,49 de pH, 26,5 °C de temperatura, potencial reducción oxidación -119,5 mv, salinidad 73 % NaCl, conductividad 37,7 ms, solidos disueltos 18,9 g/L, logrando medir así las concentraciones deseadas a evaluar. El compost generado en el laboratorio no presenta toxicidad ya que la prueba realizada en las placas con compost son las que tienen mayor longitud radicular en comparación a las prueba testigo, llegando estas a 2 mm las más grandes (24).

En la tesis titulado: “Determinación del potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos municipales en el distrito de Paucarpata”,

determinaron el potencial de generación de compost en el distrito de Paucarpata Arequipa, para lo cual se realiza una caracterización de residuos sólidos considerando en especial los orgánicos putrescibles, luego se realiza el dimensionamiento de una cancha de compostaje usando la metodología de Sztey y Pravia (2002). Luego de la caracterización de residuos sólidos se obtiene un total de 97,7 toneladas diarias de residuos sólidos de los cuales 55,8 toneladas corresponde a materia orgánica putrescible, el cual representa el 57,02 %; por otro lado, la producción per cápita total corresponde a 0,822 kg/día. Las características consideradas para la formación de compost han sido la producción per cápita de residuos orgánicos putrescibles la cual es de 0,47 kg/día, lo que hace un total diario de 55.8 toneladas de materia orgánica putrescible, lo que permite la conformación de pilas o parvas de 3 metros x 2 metros x 1,5 metros, que ocuparían un área real de 6 m<sup>2</sup>. El dimensionamiento de la cancha de compostaje da un resultado de 34,4 hectáreas necesarias para el tratamiento de los residuos orgánicos putrescibles (25).

En la tesis titulado: “Determinación del potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales en el distrito de Yauri; provincia de Espinar”, se propone determinar el potencial de uso de los residuos sólidos generados en el distrito de Yauri, para desarrollar un sistema de compostaje; se toma como punto de partida de desarrollo de la caracterización de los residuos sólidos del distrito, a partir de los cuales se determina la cantidad residuos sólidos compostada a partir de ello se hace el cálculo para establecer la dimensión de la cancha de compostaje. Luego desarrolla a la caracterización de residuos sólidos, se establece una generación per cápita de 0,67 kg/día, siendo específicamente la generación per cápita de residuos domiciliarios de 0,66 kg/día. La población proyectada para el año 2018 del distrito corresponde a 36 420 pobladores, la cual, considerando los residuos domiciliarios y no domiciliarios, se tiene un total de 24 401,4 kg; de acuerdo a la composición porcentual de residuos sólidos establecidos en la caracterización, un 50,22 % corresponde residuos compostada, lo que hace un total de 12 254,3 kg, a lo que se reduce un 20

% por pérdida en el manejo, correspondiendo a un total de residuos sólidos compostada de 9803,44 kg/diarios. Luego del proceso de dimensionamiento se establece la necesidad para una cancha compostaje para el distrito de Yauri de 60 000 m<sup>2</sup> o 6 ha (26).

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Fundamentos teóricos

#### 2.2.1.1 Residuos sólidos municipales

Los residuos sólidos urbanos (RSU) es un tema en el que todo el mundo es experto, porque todo el mundo es productor de RSU. A pesar de (o quizás debido a) el hecho de que tenemos tantos expertos en el tema, los RSU son un flujo de residuos difícil de gestionar. Su composición varía en todo el mundo y según la temporada, además hay alrededor de 7 mil millones de productores de RSU. El manejo adecuado de los RSU es esencial para una sociedad con el fin de proporcionar saneamiento y prevenir la contaminación ambiental. En años más recientes, la gestión de RSU ha ganado interés como una nueva mina para nuestros recursos. Ahora se cree que una tonelada de teléfonos móviles viejos contiene más oro que una tonelada de mineral de oro. Sin embargo, recolectar y recuperar estos materiales es más complejo que nunca (27).

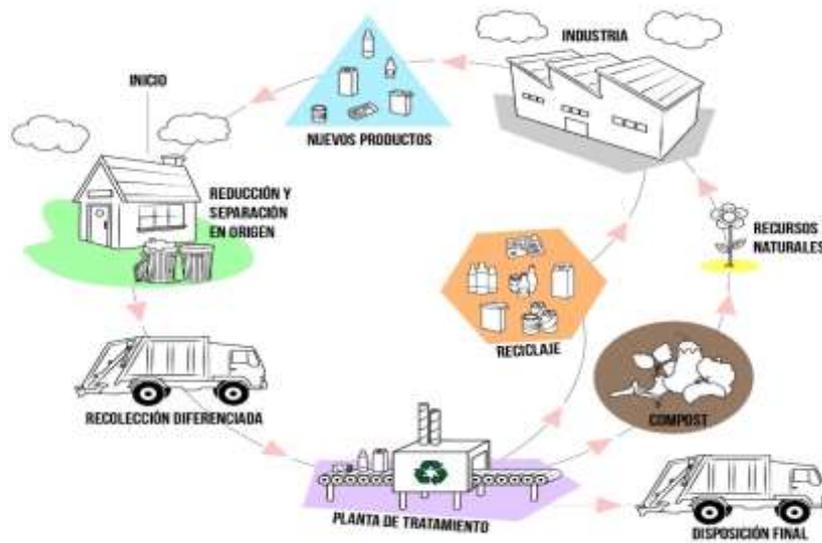


Figura 2. Gestión integral y sustentable de los residuos sólidos. Tomado de (27).

#### 2.2.1.2. Conceptos de los residuos sólidos municipales

La definición de RSU (también denominada a menudo residuos municipales o residuos urbanos / sólidos) varía de un país a otro (27).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) define los RSU como residuos recogidos y tratados por o para los municipios. Cubre los desechos domésticos, incluidos los desechos voluminosos, desechos similares del comercio y el comercio, edificios de oficinas, instituciones y pequeñas empresas, desechos de jardines y jardines, basura en las calles, el contenido de los contenedores de basura y desechos de limpieza del mercado. La definición excluye los residuos de las redes y el tratamiento de aguas residuales municipales, así como los residuos de las actividades de construcción y demolición (28).

La Directiva Europea de Rellenos Sanitarios define los RSU como residuos domésticos, así como otros residuos que, por su naturaleza o composición, son similares a los residuos domésticos (29).

Eurostat, que recopila los datos europeos sobre la gestión de residuos, utiliza una definición ligeramente diferente. Los residuos

urbanos consisten en residuos recogidos por o en nombre de las autoridades municipales y eliminados a través de sistemas de gestión de residuos. Los residuos urbanos consisten principalmente en residuos generados por los hogares, aunque también se incluyen residuos similares de tomados como comercios, oficinas e instituciones públicas (30).

#### 2.2.1.3. Generación de residuos

Las cantidades de RSU en todo el mundo varían según el desarrollo económico y los niveles de ingresos. Generalmente, cuanto mayor es el desarrollo económico y el nivel de ingresos, mayor es la cantidad de RSU. Según una investigación del Banco Mundial (2012), se espera que la cantidad de RSU casi se duplique entre 2010 y 2025 de aproximadamente 1 300 millones de t/año a 2 200 millones de t, lo que representa un aumento en las tasas de generación de residuos per cápita de 1,2 kg/persona/día a 1,4. kg/persona/día.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) incluyen residuos domésticos, actividades comerciales y comerciales, actividades institucionales / de oficina, construcción y demolición, residuos médicos y residuos municipales. La Tabla 1 muestra en detalle el generador de residuos y el tipo de residuos sólidos de cada tomado.

Generalmente, los RSU son recolectados y tratados por los gobiernos de las ciudades, así como por las empresas privadas, mediante el uso de algunas tecnologías que dependen de las condiciones del lugar. Según la Tabla 1, hay muchos tipos de materiales disponibles dentro de los RSU que requieren diferentes métodos de tratamiento y dan diferentes productos durante el procesamiento final. Los tipos finales de RSU también podrían clasificarse como reciclables (papel, plástico, vidrio, metales, etc.), sustancias tóxicas (pinturas, pesticidas, baterías usadas, medicamentos), materia orgánica (cáscaras de frutas y verduras, desperdicios de alimentos), y desechos sucios (algodón

manchado de sangre, toallas sanitarias, jeringas desechables). Muchos factores juegan un papel importante en la generación de RSU, como la población, el nivel de ingresos, la tasa de consumo y la ubicación. Entre estos, la población y el nivel de ingresos son los dos factores más importantes que contribuyen a la cantidad de RSU.

Tabla 2. *Generador de residuos y tipo de residuos sólidos para cada fuente de residuos sólidos urbanos.*

<b>Tomado</b>	<b>Generador de residuos individual</b>	<b>Tipo de Residuos Sólidos</b>
<b>Residencial / hogar</b>	Alojamiento individual y multifamiliar	Residuos de alimentos, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, desechos de jardín, madera, vidrio, metales, desechos electrónicos, etc.
<b>Comercial y comercial</b>	Tiendas, hoteles, restaurantes, mercados, edificios de oficinas	Papel, cartón, plástico, madera, residuos alimentarios, vidrio, metales, residuos electrónicos, etc.
<b>institucional / oficina</b>	Escuelas, hospitales, cárceles, edificios gubernamentales, aeropuertos, estaciones de tren, etc.	Papel, cartón, plástico, madera, residuos alimenticios, vidrio, metales, residuos electrónicos, etc.
<b>Construcción y demolición</b>	Obra nueva, reparación de carreteras, obras de renovación, demolición de edificios	Madera, acero, hormigón, suciedad, ladrillos, tejas Infeccioso
<b>Desechos médicos</b>	Hospitales, residencias de ancianos, clínicas	Residuos infecciosos, residuos peligrosos, residuos radiactivos de terapias contra el cáncer, residuos farmacéuticos
<b>Servicios municipales</b>	Limpieza de calles, paisajismo, parques, áreas de recreación, plantas de tratamiento de	Basura de calles, poda de árboles y paisaje, desechos generales de parques, playas y otras áreas recreativas

	agua y aguas residuales	
--	-------------------------	--

Tomado de (31)

La actual generación mundial de RSU es de aproximadamente 1.700 millones de toneladas por año y seguirá aumentando a raíz del crecimiento de la población mundial. La Tabla 2 representa la estimación de la generación mundial de RSU para cada región, y Asia contribuye con el 44 % a los RSU globales. La generación de RSU per cápita oscila entre 0,78 kg/cápita/día y 2,8 kg/cápita/día, lo que depende del desarrollo económico, el grado de industrialización, los hábitos públicos y el clima local. La urbanización es un problema común en la mayoría de los países; la gente quiere trasladarse de las zonas rurales a la ciudad para encontrar trabajo y por estilo de vida. Como la generación de desechos es mucho mayor en las ciudades / áreas urbanas que, en las áreas rurales, la urbanización daría lugar a mayores volúmenes de desechos. En comparación con las áreas rurales, los residentes urbanos también producen una mayor fracción de desechos inorgánicos (por ejemplo, plásticos y aluminio) que los desechos orgánicos (desechos de alimentos). Debido a las altas exigencias laborales, comprar alimentos en las tiendas en lugar de cocinar en casa se convierte en un hábito, disminuyendo así los residuos orgánicos (31).

Tabla 3. *Generación mundial estimada de RSU en cada uno*

Región	Países incluidos	Población urbana (millones)	Generación de RSU (kg/cápita/día)	Generación total de RSU (millones de toneladas/año)	Contribución global (%)
Asia	39	1 475	1,4	743	44
América	35	663	2,3	544	32
África	41	332	0,8	95	6
Europa	35	493	1,7	298	18
Australia y Oceanía	4	20	2,8	21	1
<b>Total de RSU en el mundo</b>				1701	

Tomado de (31)

Además de la población, el factor principal para la generación de RSU es el nivel de ingresos/producto interno bruto (PIB) de cada país. La Tabla 3 representa la estimación de la generación de RSU en los 10 países más poblados. Un nivel de ingresos alto promovería una mejor prosperidad y riqueza, que se transfiere a una mayor generación de desechos per cápita. Estados Unidos y Alemania, como dos países bien desarrollados, tienen la mayor generación de RSU per cápita, por encima de 2 kg/cápita/día. Además del estilo de vida, las sociedades satisfacen no solo las necesidades básicas, sino también necesidades adicionales como automóviles, viviendas, ropa, diversos alimentos y actividades de entretenimiento (31).

Tabla 4. *Generación estimada de RSU en los 10 países más poblados.*

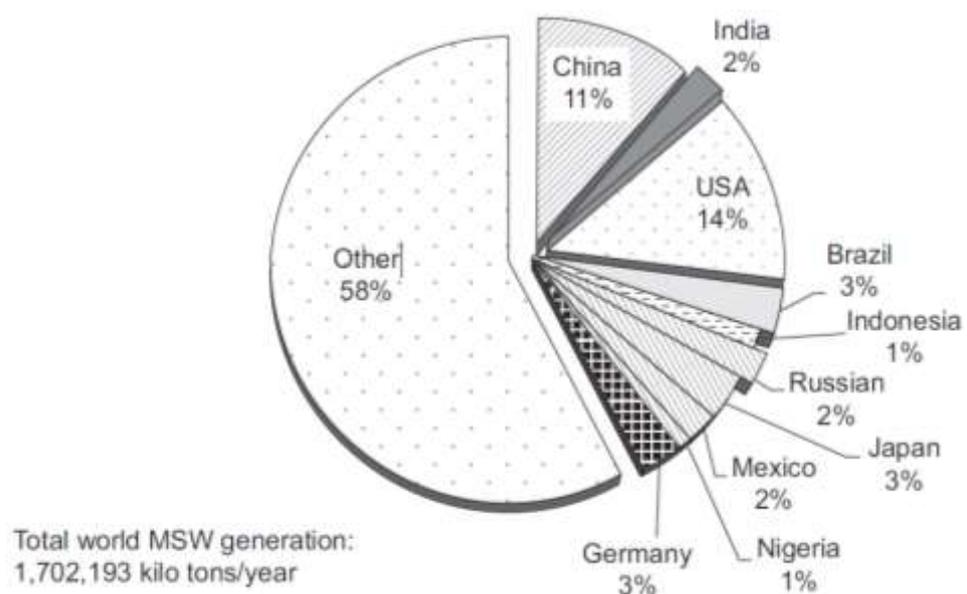
<b>País</b>	<b>Nivel de ingresos</b>	<b>Población urbana (millones)</b>	<b>Generación de RSU (kg/cápita/día)</b>	<b>Generación total de RSU (millones de toneladas/año)</b>
<b>China</b>	Media alta	511	1	190
<b>India</b>	Medio bajo	321	0,3	40
<b>USA</b>	Alta	242	2,6	228
<b>Brasil</b>	Media alta	144	1	54
<b>Indonesia</b>	Medio bajo	117	0,5	22
<b>Rusia</b>	Media alta	107	0,9	36
<b>Japón</b>	Alta	84	1,7	53
<b>México</b>	Media alta	80	1,2	36
<b>Nigeria</b>	Baja	73	0,6	15
<b>Alemania</b>	Alta	61	2,1	47

Tomado de (31)

Como países de bajos ingresos, India, Nigeria e Indonesia poseen una menor generación de RSU per cápita, que es inferior a 1 kg/cápita/día. En comparación con los países bien desarrollados, estas sociedades solo tienen la capacidad de satisfacer sus necesidades básicas, como

vivienda, comida y ropa limitadas, por lo que la generación de RSU es bastante limitada. Para tener una perspectiva sólida sobre este tema, se realizó un análisis en sociedades similares con un nivel de PIB en aumento para que otros factores se mantuvieran constantes, es decir, la cultura, la ubicación y el clima. En el período de 1960 a 1980, cuando el PIB per cápita de los Estados Unidos aumentó de 3000 a 23 000 dólares EE.UU., la generación de RSU per cápita aumentó de 1,3 kg/cápita/día a 1,8 kg/cápita/día (32).

La figura 3 presenta la generación de RSU de los 10 principales países del mundo. Estos países contribuyen a casi la mitad de la generación mundial de RSU, con diferentes niveles de ingresos, valores culturales, clima y estilo de vida. Por lo tanto, el análisis de datos de estos países podría representar la generación mundial de RSU con mayor precisión. Por lo tanto, China, como el primer país más poblado, contribuye con alrededor del 11% de la generación mundial de RSU, que es menos que la de Estados Unidos, que aporta el 14%. India, como segundo país más poblado, también aporta menos que Alemania (31).



*Figura 3.* Distribución de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en el mundo. Tomado de (31).

#### 2.2.1.4. Tratamiento de eliminación

Hay varios pasos en la jerarquía de la gestión de residuos sólidos, que incluyen reducir, reutilizar, reciclar, recuperar y eliminar. Es bastante difícil obtener datos globales relacionados con la reducción y reutilización de MSW debido al sistema cerrado de su utilización. Por lo tanto, en esta sección solo se analizarán el reciclaje, la recuperación de energía y material y el método de eliminación. Verter a cielo abierto significa colocar RSU en un área específica sin ningún tratamiento. En la mayoría de los países, este método es una práctica ilegal de eliminación de desechos y no debe confundirse con un vertedero municipal de desechos sólidos autorizado o una instalación de reciclaje. El relleno sanitario es el método de eliminación de RSU, con varias capas diferentes y finalmente con tierra que cubre la ubicación específica, que está diseñada para una eliminación segura, pero con beneficios limitados. Los rellenos sanitarios producen gas de relleno sanitario que contiene  $\text{CH}_4$  y lixiviados líquidos, que contienen materiales solubles en agua. Los revestimientos inferiores y la cubierta terrestre superior se consideran los componentes más críticos para prevenir los impactos negativos del lixiviado líquido y el gas de vertedero. Cuando falla el sistema de relleno sanitario, el lixiviado líquido causa contaminación de la tierra y el agua, mientras que el gas de relleno sanitario genera una gran cantidad de gases de efecto invernadero y el cambio climático. El reciclaje es una de las formas más sostenibles de manejar los desechos convirtiéndolos en productos valiosos sin cambiar la composición. Los residuos típicos que son adecuados para este método son el metal, el vidrio, el papel y los plásticos. Al enfrentarse a dificultades durante el reciclaje, los RSU podrían recuperarse como material de compost y Tomados de energía mediante bioprocesos y procesos termoquímicos (31).

La figura 4 muestra los procesos de tratamiento y eliminación de RSU en el mundo y países seleccionados con diferentes niveles de

ingresos/PIB. El vertido de residuos sigue siendo el método más común de eliminación de RSU en el mundo, es decir, alrededor del 43 %, mientras que el reciclaje y el compostaje son la segunda y tercera opción, respectivamente, para el tratamiento de RSU. El vertimiento abierto todavía existe y es predominante hasta ahora, especialmente en países de bajos ingresos/PIB como Camboya y Túnez debido a la falta de consideraciones financieras, sociales y de gestión. Según estos datos, los países de ingresos altos ya cuentan con tratamientos adecuados de RSU mediante la implementación del concepto de conversión de residuos en energía y el reciclaje. Convertir los RSU en abono es una de las opciones adecuadas en países que tienen un gran sector agrícola, como China, Estados Unidos y Brasil. El material de abono se puede utilizar directamente en tierras agrícolas y como sustituto de fertilizante químico. Sin embargo, en todo el mundo, todavía hay una gran cantidad de RSU que se tratan mediante vertederos abiertos y vertederos, a la espera de opciones adecuadas de utilización. Las opciones disponibles dependen de varias consideraciones, como factores económicos, tecnología y situaciones locales (31).

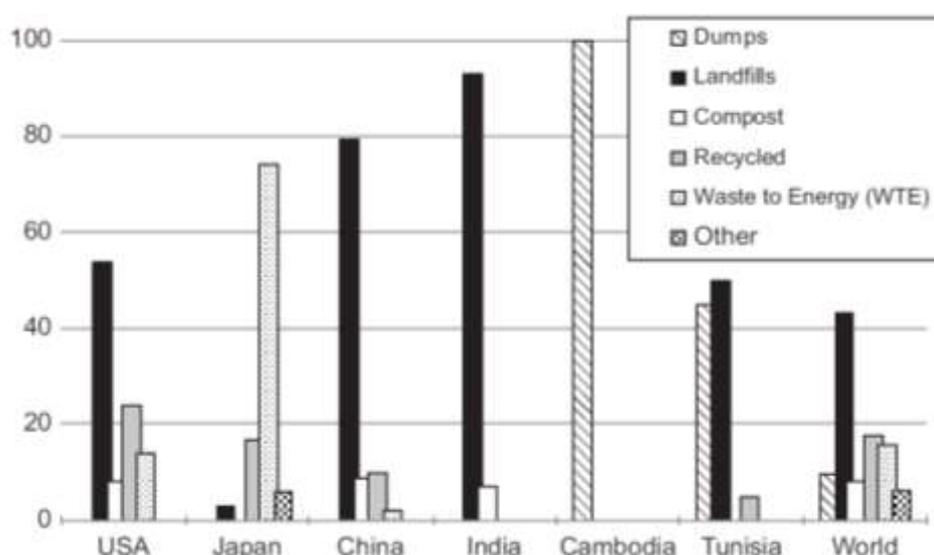


Figura 4. Método de eliminación de residuos sólidos urbanos en países seleccionados con diferentes niveles de ingresos. Tomado de (33).

#### 2.2.1.4. Características físicas de los residuos sólidos urbanos

En la corriente de RSU, los desechos se clasifican ampliamente en materiales orgánicos e inorgánicos. Como se dispone de muchas tecnologías para el tratamiento de los RSU, conocer su composición detallada, incluidos los orgánicos, el papel, el plástico, el vidrio, los metales, etc., es esencial para determinar el método mejor y más adecuado. La fracción orgánica consiste en restos de comida, desechos de jardín, madera y residuos de procesos, mientras que los metales incluyen latas, papel de aluminio, latas, barandillas y bicicletas. Los desechos de papel, cartón, periódicos, revistas, bolsas y cajas se clasifican como desechos de papel. La clasificación de los residuos de papel se basa en un valor económico más alto que la fracción orgánica. La otra fracción restante está compuesta por textiles, cuero, caucho, desechos electrónicos, electrodomésticos y materiales inertes. La Tabla 4 muestra la composición física de los RSU en los 10 países más poblados, que también es representativa de los diferentes niveles de ingreso/PIB.

Tabla 5. *Composición física de los RSU en los 10 países más poblados.*

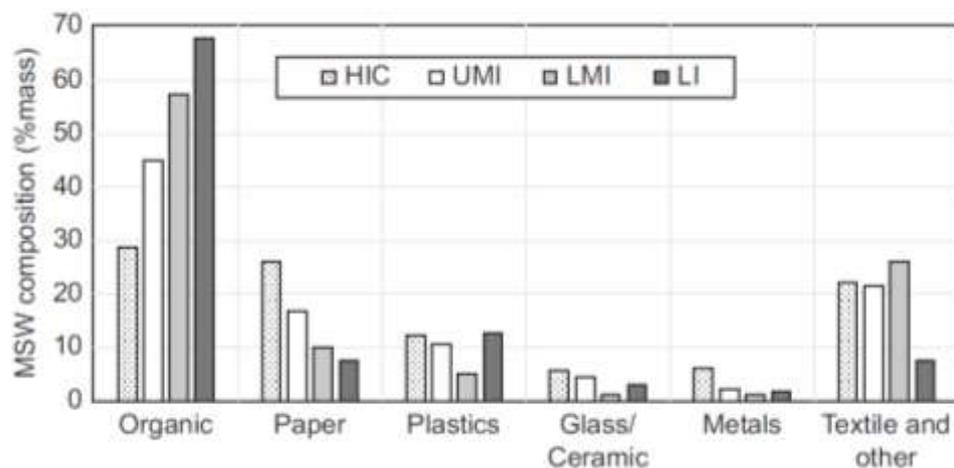
<b>COMPOSICIÓN DE RSU (% MASA)</b>							
<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Orgánico</b>	<b>Papel</b>	<b>Plástico</b>	<b>Vidrio /Cerámico</b>	<b>Metales</b>	<b>Textil y Otros</b>
<b>China</b>	2002	59	8	10	3	1	19
<b>India</b>	2008	40	10	2	0,2	0	47,8
<b>USA</b>	2009	12,7	31	12	4,9	8,4	31
<b>Brasil</b>	2007	36,1	17,1	23,3	3,5	2,4	17,6
<b>Indonesia</b>	2007	74	10	8	2	2	4
<b>Rusia</b>	1996	31,5	28	4	6	2,5	28
<b>Japón</b>	2003	42,6	22,3	11,4	1,6	9	13
<b>México</b>	2000	52,4	14,1	4,4	5,9	2,9	20,3
<b>Nigeria</b>	2000	68	10	7	4	3	8
<b>Alemania</b>	2005	30	24	13	10	1	22
<b>Pakistán</b>	2009	67	5	18	2	0	7

Tomado de (31).

La composición física de los desechos está influenciada por varios factores, como el nivel de ingresos/PIB, el valor cultural, las Tomados de energía y el clima. En países con nivel de ingresos altos / PIB, el uso de materiales inorgánicos como plástico, papel y metales es mayor y la fracción orgánica se usa relativamente menor en comparación con los países de ingresos bajos. Esta afirmación se expresa comparando a Estados Unidos, Alemania y Japón con Indonesia, Nigeria y Pakistán. Los valores culturales también influyen en la composición de los residuos, por ejemplo, la elección del material de construcción (por ejemplo, madera frente a hormigón). Además, la composición de los desechos es ligeramente diferente debido a las Tomados de energía utilizadas para cocinar y calentar. Las comunidades que utilizan carbón y maderas duras como Tomado de energía para cocinar generan más residuos de cenizas que las que utilizan gas natural y electricidad. Según el factor climático, la composición de los desechos sería diferente entre países con climas subtropicales (cuatro estaciones) y países con climas tropicales (dos estaciones) debido al consumo de energía de calefacción y las tasas de descomposición orgánica.

El factor más influyente que determina la composición física de los RSU es el nivel de ingresos/PIB, que se presenta en la Figura 5. Para una perspectiva más clara, los 10 países más poblados se clasifican en cuatro niveles diferentes de ingresos, es decir, ingresos bajos ( $\text{PIB} < \$ 975$ ), ingresos medianos bajos ( $\$ 976 \leq \text{PIB} \leq \$ 3\,855$ ) e ingresos altos ( $\$ 3\,856 \leq \text{PIB} \leq \$ 11\,905$ ), ingresos medianos altos ( $\text{PBI} \geq 11\,906$ ) (33). Los países de bajos ingresos tienen la mayor proporción de desechos orgánicos (más del 60 %). Para minimizar los gastos diarios, las personas en los países de bajos ingresos prefieren cocinar ellos mismos, lo que lleva a que los alimentos restantes sean una fracción orgánica en su colección de RSU. El papel, los metales y los plásticos constituyen una proporción predominante en los países de ingresos altos. Los países de ingresos medios llevan a la presencia de grandes

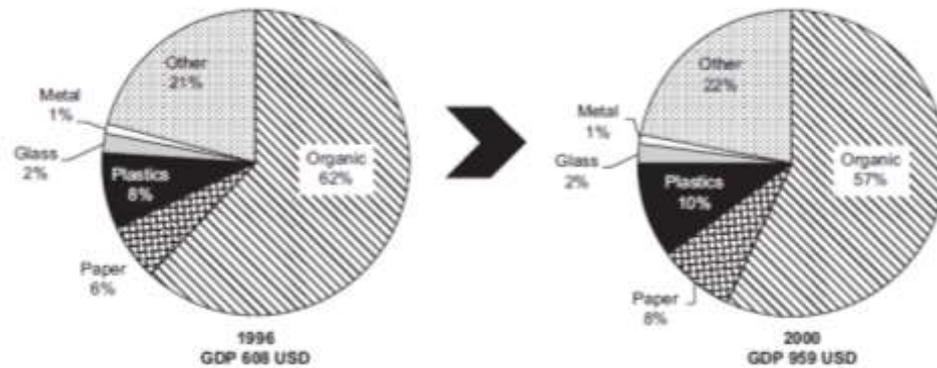
cantidades de esos materiales en los RSU. La fracción textil también es bastante interesante de discutir debido a la gran diferencia entre los países de ingresos bajos y los de ingresos altos. El cambio y actualización de los materiales textiles impulsa una mayor generación de RSU a partir de esta fracción. Dado que se encuentran grandes diferencias en la composición de RSU en diferentes países, la tecnología aplicable para el tratamiento de RSU en cada país también sería ser diferente (31).



*Figura 5.* Composición física de los residuos sólidos urbanos (RSU) en países con diferentes niveles de ingresos. HI, altos ingresos; LI, bajos ingresos; LMI, ingresos medianos bajos; UMI, ingresos medianos altos. Tomado de (33).

La figura 6 muestra el efecto del nivel de ingresos/PIB en el cambio de la composición física de los RSU en China. Claramente, el crecimiento del PIB aceleraría los altos niveles de vida al disminuir la fracción orgánica que es reemplazada por plástico y papel. Una comunidad de alto nivel preferiría utilizar plástico y papel como material de embalaje en lugar de material orgánico. El estilo de vida también cambiaría, en relación tanto con las instalaciones de vivienda como con los servicios de alimentación. A la gente moderna le gustaría elegir materiales inorgánicos como el plástico y el acero como instalaciones de vivienda en lugar de materiales orgánicos (madera dura). Además, las personas evitarían cocinar los alimentos por sí mismas debido a las altas exigencias laborales; por lo tanto, la

cantidad de desperdicio de alimentos orgánicos disminuiría en su flujo de RSU. Este hecho reafirma que la composición física de los RSU se ve muy afectada por el nivel de ingresos. Es crucial determinar una tecnología adecuada para procesar los RSU, especialmente en los condados en desarrollo donde el nivel de ingresos/PIB siempre está aumentando (31).



*Figura 6.* Cambio de la composición física de los residuos sólidos urbanos debido al estilo de vida y la prosperidad. PIB, producto interior bruto. Tomado de (34).

#### 2.2.1.6. Generación de residuos sólidos municipales en el Perú

En el Perú, se genera un promedio de 21 mil toneladas de residuos municipales al día, producidas por los 30 millones de habitantes. Lo que equivale a 0.8 kilogramos de generación de residuos por persona al día (35).



*Figura 7.* Generación total de residuos sólidos municipales. Tomado de (35).

#### 2.2.1.7. Principios básicos del compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición orgánica natural controlado por una serie de condiciones ambientales que incluyen el pH, el contenido de humedad, la porosidad del paso del aire, los microorganismos del suelo, la relación carbono-nitrógeno, etc., que determinan el éxito de un proceso de compostaje. Al controlar eficazmente estas condiciones de compostaje, se puede obtener un compost maduro de alta calidad. Pero si las condiciones no son buenas, la calidad del compost se verá afectada y también puede resultar en contaminación ambiental. Sin embargo, el control de estos factores de influencia también variará dependiendo de los diferentes métodos de compostaje (10).

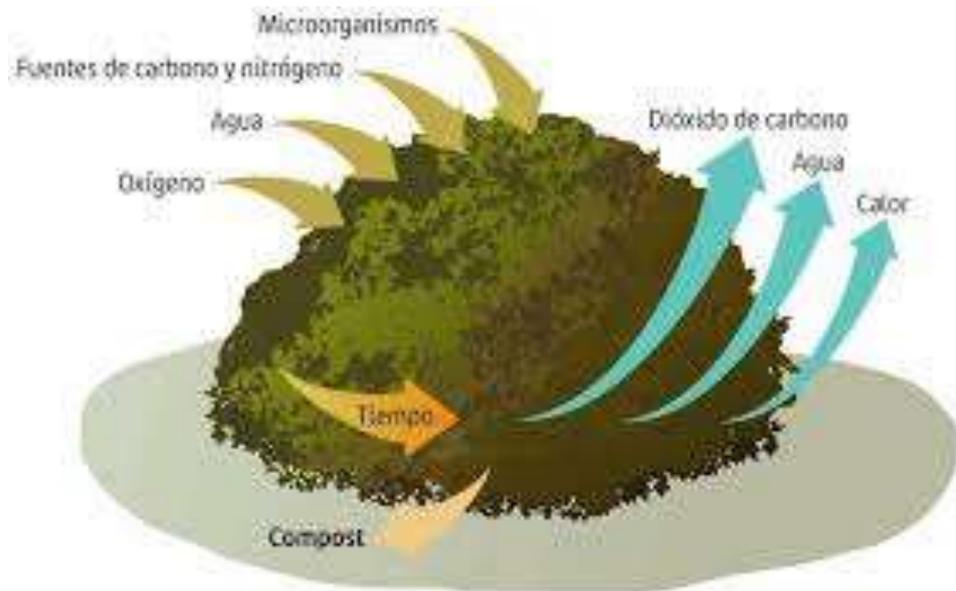


Figura 8. Proceso de compostaje. Tomado de (10).

#### A. Materias primas

El estiércol de ganado, lodos de depuradora, paja de cultivo, desechos sólidos urbanos y otros desechos orgánicos pueden ser las sustancias potenciales para el compostaje, mientras que la tasa de descomposición de los materiales de compostaje y la calidad del producto final están relacionadas con los materiales iniciales del compostaje. En consecuencia, es fundamental conocer las características de la materia prima y los parámetros de control del compostaje. Para el estiércol de ganado, los contenidos de nitrógeno y fósforo en las granjas intensivas son tan altos como 3,3 % - 14 % y 0,4% - 5,8 %, respectivamente. Algunos investigadores demostraron que el contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio en el estiércol de ganado fue equivalente al 70,9 %, 89,8 % y 25,1 % de los nutrientes en el mismo período. Mientras tanto, el contenido de proteína en estiércol de pollo secado al aire, estiércol de cerdo, estiércol de vaca y estiércol de oveja es 24 % -30 %, 3,5 % - 4,10 %, 1,7 % - 2,3 % y 4,10 % - 4,70 %, respectivamente. Normalmente, los compost producidos a partir de estiércol de ganado son siempre ricos en materia orgánica y nutrientes. Los

lodos de depuradora, un subproducto generado por la planta de tratamiento de aguas residuales, tienen una alta cantidad de carbono orgánico (57 % - 66 %) y nitrógeno (3,7 % - 10,6 %) necesarios para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, los lodos de depuradora también contienen un alto contenido de humedad, que debe ajustarse a niveles apropiados antes del compostaje. Los residuos sólidos urbanos incluyen aproximadamente entre un 30 % y un 50 % de materiales biodegradables, que se componen principalmente de residuos alimentarios. Según el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (36), la producción anual de desperdicios alimentarios podría alcanzar alrededor de 1 300 millones de toneladas. Excepto la materia orgánica y los nutrientes, el desperdicio de alimentos también contiene una gran cantidad de lípidos y sales, lo que aumenta la dificultad de la gestión del desperdicio de alimentos. La tecnología de compostaje es una tecnología de bajo costo y altamente eficiente para la eliminación de desechos orgánicos, pero debido a las diferentes propiedades de la materia prima, los parámetros iniciales del compostaje deben ajustarse para asegurar un compostaje exitoso (10).

## B. Temperatura

La temperatura de la masa de compostaje es un factor crítico para indicar las actividades microbianas del sistema de compostaje. La respiración microbiana genera calor, resultando en un aumento de temperatura, además de provocar la transición de bacterias de un régimen ecológico a otro, creando la temperatura óptima para la cría de microorganismos, que pueden descomponer de manera rápida y eficiente la materia orgánica. La temperatura letal para las bacterias patógenas, los huevos parásitos y los gusanos es generalmente de 50 °C a 55 °C. Si la temperatura del compost

dura 5 días - 7 días en este rango de temperatura, se puede garantizar el índice higiénico del compost (37).

Durante el proceso de compostaje, la temperatura pasará por cuatro etapas de cambios de temperatura. Después del inicio del compostaje, los microorganismos en su etapa mesofílica descompondrán rápidamente los sustratos orgánicos fácilmente descomponibles, lo que provoca el aumento de temperatura. A medida que aumenta la temperatura, el compost entrará en el período de alta temperatura, es decir, la fase termofílica. El período de alta temperatura no disminuirá de inmediato, pero se estabilizará durante algunos días hasta que se agoten los nutrientes fácilmente disponibles en la masa de compostaje. Luego, la temperatura entrará en la fase de enfriamiento que dura un corto período y la temperatura del compost disminuirá a una temperatura ligeramente superior a la temperatura ambiente. Entonces, la temperatura del compost se mantendrá más o menos igual en la fase de maduración, que puede durar un largo período dependiendo de la madurez de la masa de compostaje (Fig. 9) (37).

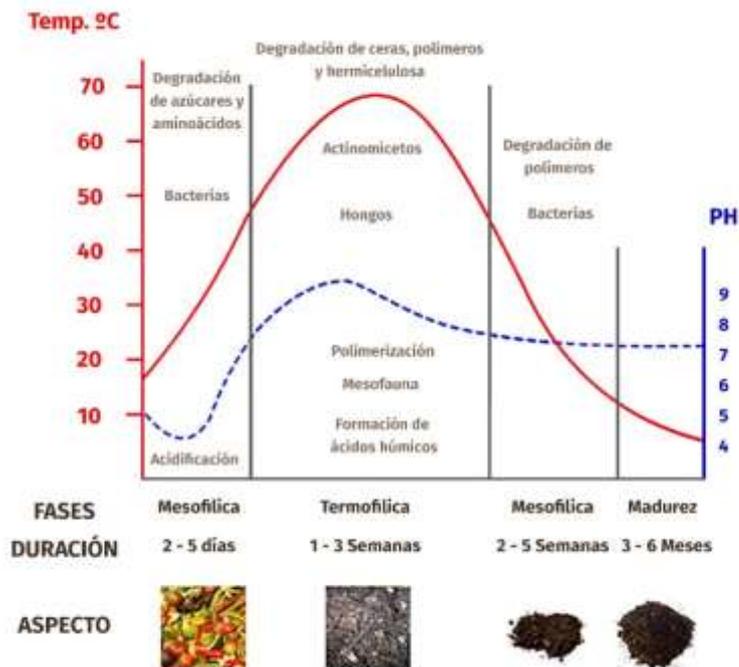


Figura 9. Perfil típico de temperatura de compostaje. Tomado de (37).

### C. Contenido de humedad

Un contenido de humedad apropiado es importante para crear las condiciones aeróbicas para el proceso de compostaje. La cantidad de humedad en el espacio de los poros determina la cantidad de oxígeno disponible para la degradación microbiana de la materia orgánica. Un contenido de humedad de alrededor de 55 % - 65 % se usa comúnmente para la mayoría de los materiales de compostaje. Lei et al. (38) informó que cuando el contenido de agua era del 65 %, era más beneficioso para el compostaje de estiércol de vaca, mientras que el contenido de humedad recomendado para el compostaje de estiércol de cerdo es del 66%. Un contenido de humedad demasiado alto creará una condición anaeróbica que resultará en oxígeno insuficiente para la biodegradación, mientras que un contenido de humedad demasiado bajo significa que no hay suficiente humedad en el sistema para apoyar el crecimiento microbiano. Debido a las diferentes propiedades físicas y químicas de los materiales de

compostaje, es posible que se necesite un buen material de co-compostaje para lograr el contenido de humedad óptimo para una máxima eficiencia de compostaje. Los desechos de alimentos, el estiércol y los lodos de alcantarillado, que tienen un alto contenido de humedad de más del 70 %, pueden requerir la adición de material orgánico seco como aserrín o heno seco para reducir el contenido de humedad total al 55 % para facilitar el proceso de degradación. De hecho, la adición de materiales estructurales secos también crea una mejor estructura para la masa de compostaje y esto da como resultado una mejor eficiencia de transferencia de aire para la degradación microbiana. Además, diferentes tipos de sistemas de compostaje pueden resultar en diferentes niveles de pérdida de humedad. Por lo tanto, es importante monitorear el proceso de compostaje y verificar si la adición de agua es necesaria para crear las condiciones óptimas para el proceso de degradación microbiana (39).



Figura 10. Reducción de volumen y peso. Tomado de (37).

#### D. Suministro de oxígeno

El oxígeno es esencial para apoyar el proceso de degradación microbiana y su disponibilidad depende tanto de la estructura de los materiales de compostaje como del diseño de los reactores de compostaje. Los diferentes sistemas de compostaje tienen diferentes tasas óptimas de suministro de oxígeno debido a sus

tipos de materiales, propiedades fisicoquímicas y sistemas de reactores (37).

#### E. Relación C/N

Las Tomados de carbono y nitrógeno son nutrientes indispensables para el crecimiento y la reproducción microbianos en el suelo. Una relación C/N equilibrada es un factor muy importante durante el proceso de compostaje. Las proporciones C/N extremadamente altas y bajas pueden ralentizar las actividades microbianas, lo que resulta en un proceso de compostaje prolongado. En general, la relación C/N inicial de los materiales de compostaje es preferiblemente de aproximadamente 25 C/N – 35 C/N. El compostaje de materias primas con una relación C/N fuera de este rango recomendado debe ajustarse con materiales ricos en carbono, como aserrín, astillas de madera y cartón, o nitrógeno, como residuos de soja y estiércol (39).

#### F. pH

El pH adecuado puede proporcionar condiciones fisiológicas cómodas para el crecimiento de microorganismos. El cambio de pH puede afectar el proceso normal de compostaje; por lo tanto, el control efectivo del pH es fundamental para el compostaje. Generalmente, el valor de pH entre 7,5 y 8,5 es el mejor para el compostaje. La materia prima, como los residuos de alimentos, que pueden tener un pH inicial bajo, tendrá un efecto inhibitor sobre el proceso de degradación microbiana creando la denominada condición de compostaje acidotermofílico, lo que dará como resultado un proceso de descomposición lento. La adición de materiales alcalinos como cal, cenizas volantes de carbón puede ser necesaria para rectificar la condición inicial del pH y facilitar la formación de la población microbiana para el proceso de descomposición posterior (40).

## G. Tamaño de partícula

El tamaño de las partículas en la masa del compost asegura el nivel de porosidad, para asegurar una aireación adecuada y regular el intercambio gas/agua. Un tamaño y forma de partícula adecuados es un factor importante para estimar los costos operativos del proceso (4). Ge et al. (41), señaló, el tamizado como método fundamental para determinar la distribución óptima del tamaño de partícula en una masa de compost. Se puede lograr un tamaño de partícula apropiado triturando y picando los desechos en trozos más pequeños. Esto asegura una superficie más disponible para una mejor actividad microbiana durante el compostaje, lo que resulta en una degradación rápida. Un tamaño de partícula pequeño (en comparación con el normal) instigó la compactación inicial de la materia prima, desarrollando un riesgo posterior de prevalencia de condiciones anaeróbicas más tarde (debido a la obstrucción de los pequeños espacios de aire con agua). Mientras que, las partículas más grandes procesaron un área de superficie más pequeña, siendo menos accesibles para la acción microbiana y desarrollaron grandes bolsas de aire que disminuyeron la temperatura de la matriz, lo que resultó en una descomposición más lenta de la materia orgánica (12). La degradación más fina se logró con partículas de desechos de un tamaño de 25 mm, que ofrecían condiciones físicas y químicas adecuadas para la bioactividad durante un proceso de compostaje de tabaco (11).

## H. Agentes de carga

Durante el compostaje, los agentes de carga añadidos provocan modificaciones en las propiedades de los RSU. En este caso, las astillas de madera, el aserrín, la cáscara de arroz y los tallos de maíz son suplementos de carga comunes que demostraron un compostaje eficiente de los desechos. Sin embargo, las astillas

de madera grandes en lugar de las virutas de madera o el aserrín reforzarían una buena aireación a través de la pila de compost y proporcionarían menos carbono por unidad de masa (4).

#### 2.2.1.8. Estándares de compostaje

En Europa, el origen de las normas de compostaje está relacionado con la Directiva europea sobre envases y residuos de envases. De acuerdo con la Directiva, la Comisión Europea promoverá, en particular, la elaboración de normas europeas relacionadas, entre otras cosas, con los criterios para los métodos de compostaje y el compost producido y los criterios para el marcado de los envases. Cabe señalar que el anexo II de la Directiva define en general los criterios para los envases recuperables en forma de compostaje de la siguiente manera: Los residuos de envases tratados con fines de compostaje deberán ser de una naturaleza tan biodegradable que no obstaculicen la recogida selectiva y el compostaje. proceso o actividad en la que se produce. Envases biodegradables: Los residuos de envases biodegradables deberán ser de tal naturaleza que puedan sufrir una descomposición física, química, térmica o biológica de modo que la mayor parte del compost terminado se descomponga finalmente en dióxido de carbono, biomasa y agua. En particular, se hace hincapié en que la recuperación y el reciclaje de los residuos de envases deben incrementarse aún más para reducir su impacto medioambiental. Las normas ASTM distinguen (42):

Especificación estándar: estos estándares especifican los requisitos que deben cumplirse y proporcionan un criterio de aprobación/reprobación.

Método de prueba estándar: enseña cómo se debe realizar una prueba con precisión y cómo informar los resultados de la prueba. Los estándares relacionados con la especificación para plásticos compostables.

- ❖ ASTM 6400- 12 Especificación para el etiquetado de plásticos diseñados para compostaje aeróbico en instalaciones municipales o industriales.
- ❖ ASTM D6868 Especificación estándar para el etiquetado de artículos finales que incorporan plásticos y polímeros como recubrimientos o aditivos con papel y otros sustratos diseñados para ser compostada aeróbicamente en instalaciones municipales o industriales.
- ❖ Especificaciones ISO 17088 para plásticos compostables.
- ❖ EN 13432 Envasado: requisitos para envases recuperables mediante compostaje y biodegradación: esquema de prueba y criterios de evaluación para la aceptación final de envases.
- ❖ EN 14995 Plásticos. Evaluación de compostabilidad. Esquema de prueba y especificaciones.
- ❖ ISO 18606 Embalaje y medio ambiente: reciclaje orgánico.  
AS 4736 Plásticos biodegradables: plásticos biodegradables aptos para compostaje y otros tratamientos microbianos

### 2.3 Definición de términos básicos

- Residuos sólidos

Los desechos sólidos urbanos incluyen desechos comerciales y residenciales generados en un área municipal o notificada en forma sólida o semisólida, excluidos los desechos industriales peligrosos, pero incluidos los desechos biomédicos tratados (43).

- Compost

Un proceso gestionado que controla la descomposición biológica y la transformación de materiales biodegradables en una sustancia similar al humus llamada compost: la degradación aeróbica mesofílica y termofílica de la materia orgánica para hacer compost; la transformación de material biológicamente descomponible a través de un proceso controlado de biooxidación que pasa por las fases mesófila y termófila y da como resultado la producción de dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada (compost o humus) (44).

- **Tamaño de partícula**  
Un tamaño y forma de partícula adecuados es un factor importante para estimar los costos operativos del proceso (4).
- **pH**  
El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones (40).
- **Contenido de humedad**  
Un contenido de humedad apropiado es importante para crear las condiciones aeróbicas para el proceso de compostaje (38).
- **Temperatura**  
La temperatura de la masa de compostaje es un factor crítico para indicar las actividades microbianas del sistema de compostaje (37).
- **Materia prima**  
El estiércol de ganado, lodos de depuradora, paja de cultivo, desechos sólidos urbanos y otros desechos orgánicos pueden ser las sustancias potenciales para el compostaje, mientras que la tasa de descomposición de los materiales de compostaje y la calidad del producto final están relacionadas con los materiales iniciales del compostaje (36).

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Método y alcances de la investigación

##### 3.1.1 Método de la investigación

La metodología fue cuantitativa, porque enfatizan las mediciones objetivas y el análisis estadístico, matemático o numérico de los datos recopilados mediante la manipulación de datos estadísticos preexistentes mediante técnicas computacionales. La investigación cuantitativa se centra en recopilar datos numéricos y generalizarlos entre grupos de personas o para explicar un fenómeno en particular (45).

##### A) Método general o teórico de la investigación

En cuanto al método general se usó el de hipotético – deductivo para poder tener así los datos que se necesitaran para el procesamiento de la información, analizaremos y compararemos el tamaño de la partícula de los residuos sólidos, finalmente sintetizaremos los resultados para poder lograr las conclusiones y comparar con las hipótesis planteadas (46).

##### B) Método específico de la investigación

##### a) Método de la observación:

Adaptado de (7), (12) y (17)

- 1 Las muestras de los residuos sólidos orgánicos fueron recolectadas del botadero controlado de la provincia de Chupaca la cual se encuentra a 10 km de la provincia de Huancayo. En una capacidad de 40 Kg.
- 2 El estiércol de vaca y el aserrín frescos se recolectaron de una granja lechera y un aserradero cercanos, respectivamente, ubicados en el distrito de Chupaca.

- 3 Se utilizó cuatro barriles con tapa y zuncho, verticales de 30 litros, fabricados en polietileno de alta densidad de forma cilíndrica.
- 4 Los barriles tuvieron un diámetro de 30 cm, una altura de 40 cm y una capacidad de 20 litros. Para nuestro propósito de estudio se realizarán 8 orificios de 1 cm de diámetro a las profundidades aproximadas de 8 cm, 22 cm y 38 cm desde la parte superior de cada barril.
- 5 Estos orificios se realizaron con un taladro para permitir el movimiento del aire y el drenaje del exceso de humedad, asegurando así la digestión aeróbica dentro del barril.
- 6 El barril tuvo una tapa de plástico de forma cónica (con un cinturón metálico) en la parte superior para evitar la infiltración de agua de lluvia y proteger los desechos orgánicos del exceso de calor y la luz solar.

b) Método analítico:

Adaptado de (47), (48) y (49)

- Laboratorio

1. Se agregó un inóculo (estiércol de vaca) para lograr la degradación más rápida mientras que el aserrín se mezclará con dicho inóculo para evitar la formación de grumos. Antes del compostaje.
2. Los desechos de los residuos sólidos orgánicos se trituraron a tamaños de 0 mm (control), 15 mm, 25 mm y 35 mm, para lograr una mejor aireación y control de la humedad.
3. La mezcla de compost se preparó mezclando residuos sólidos orgánicos (6 kg), estiércol de vaca (3 kg) y aserrín (1 kg) con la proporción de 6: 3: 1.
4. Dichas mezclas fueron agregados a los barriles, para empezar el proceso de compostaje.

5. Cuando los dos tercios del barril estuvieron llenos de desechos, la parte superior del barril se cubrió con un nailon perforado de color negro (para mantener la temperatura) y luego se cerró con la tapa del barril y el cinturón de fusión durante las etapas de descomposición aproximado de 24 días.
6. Se colocó bolsas de nailon perforadas de color negro en la parte superior del barril para aislar contra la pérdida de calor. Las bolsas de nailon se cubrirán luego con la tapa del barril y el cinturón de metal para evitar aún más la penetración de humedad en los días de lluvia.
7. El material de abono se dejó durante un total de más de 24 de descomposición en barriles y cubiertos con bolsas de nailon. Cada dos días, los desechos se sacarán de los barriles y se mezclaran en el suelo, luego se vuelven a colocar en el barril y se cubren con bolsas de nailon.
8. Una vez formado el proceso de compostaje la temperatura fue medido diariamente, tanto la temperatura ambiental y la del proceso de compostaje.
9. Se determinó su pH, temperatura, potencial reducción oxidación, salinidad, conductividad, solidos disueltos mediante una disolución de 10 g. de compost en 100 mL de agua, esta disolución se agitará por 2 horas hasta tener una mezcla homogénea, esta mezcla se filtra y se obtendrá mediante el uso del multiparámetro las concentraciones deseadas a evaluar.
10. Luego del tiempo de 24 días se llevó a cabo la caracterización del compost obtenido con la variación del tamaño de partícula.

- Gabinete:
  - 1 Se procesará la información obtenida de los reportes de los laboratorios, la calidad del compost.
  - 2 Se realizará el análisis de varianza más conocida como ANOVA para realizar la comprobación de las hipótesis, utilizaremos el método de Tukey para evaluar las diferencias entre las medias.

### 3.1.2 Alcances de la investigación

#### A) Tipo de investigación

El tipo de diseño fue aplicativo ya que se aplicará todos los conocimientos adquiridos plasmados en los antecedentes a la parte práctica o desarrollo (50).

#### B) Nivel de investigación

Nivel explicativo, es la investigación que explica el comportamiento de una variable en función de otra u otras, por ser estudios de causas y efecto requieren control y no basta con la estadística deben cumplir otros criterios de causalidad (50).

## 3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de investigación que se utiliza para probar un diseño de investigación de relación causal en una situación controlada se denomina diseño experimental. Debemos recordar que un experimento es una observación en condiciones controladas o, en otras palabras, podemos decir que es un diseño en el que se manipulan algunas de las variables que se estudian o que buscan controlar la condición en la que se observan las personas (50).

### 3.2.1 Tipo de diseño de investigación.

Se aplicará un diseño experimental del tipo de diseño de bloques completos al azar (DBCA) ya que se considera el efecto de un factor por bloques que a su vez están constituidos por tratamientos. Un diseño

experimental de bloques al azar está completo cuando cada bloque tiene el mismo número de tratamientos (50).

### Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = observaciones en el tratamiento i, repetición j

$\mu$  = Media poblacional

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental

FV	SC	GL	CM	Fo	p-value
Factor	SC <sub>F</sub>	k-1	CM <sub>F</sub>	CM <sub>F</sub> / CM <sub>E</sub>	P (F>Fo)
Bloque	SC <sub>B</sub>	b-1	CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> / CM <sub>E</sub>	P (F>Fo)
Error	SC <sub>E</sub>	GL <sub>T</sub> -(k-1)-(b-1)	CM <sub>E</sub>		
Total	SC <sub>T</sub>	N-1			

Figura 11. Diseño de bloques completos al azar (DBCA). Tomado de (50).

### Matriz del DBCA

Tabla 6. Matriz del DBCA

Tratamiento	Bloque					
		1	2	3	...	b
	1	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	...	Y <sub>1b</sub>
	2	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	...	Y <sub>2b</sub>
	3	Y <sub>31</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	...	Y <sub>3b</sub>
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	k	Y <sub>k1</sub>	Y <sub>k2</sub>	Y <sub>k3</sub>	...	Y <sub>kb</sub>

### 3.3 Población y muestra

El trabajo se realizará en el laboratorio de análisis ambientales ubicado en la provincia de Huancayo y para poder sacar la muestra se realizará el método de muestreo probabilístico.

#### 3.3.1 Población

La población fue de 25 Kg de residuos sólidos municipales del botadero controlado de la provincia de Chupaca.

#### 3.3.2 Muestra

El peso requerido de los residuos sólidos será de 6 kg del botadero controlado de la provincia de Chupaca.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- Muestreo de lixiviados.
- Observación in situ.
- Desarrollo de corridas experimentales.
- Análisis de laboratorio

#### 3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- Monitoreo en campo de parámetros
- Monitoreo en laboratorio.
- Informes de los reportes de análisis.
- Resúmenes de trabajos de información

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

En dicho capítulo se presentan los resultados obtenidos de la generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca, donde se trabajó a diferentes tamaños de 15 mm, 25 mm y 35 mm de los residuos sólidos.

##### 4.1.1 Composición del compost generado a partir de los residuos sólidos

Tabla 7. *Compost de residuos sólidos municipales.*

		Compost de residuos sólidos municipales			
Indicador	Unidad	Blanco (0 mm)	Tamaño 15 mm	Tamaño 25 mm	Tamaño 35 mm
pH		8.29	7.27	7.895	8.035
C.E.	dS/m	5.56	5.145	5.485	5.355
M.O.	%	86.51	56.855	45.59	48.97
N	%	1.43	1.695	1.57	2.075
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.85	0.705	0.93	1.51
K <sub>2</sub> O	%	1.82	1.445	1.195	1.13
CaO	%	3.295	3.725	4.255	4.14
MgO	%	0.565	0.495	0.655	0.845
Humedad	%	60.265	37.475	42.66	46.935
Na	%	0.24	0.12	0.225	0.17

En la tabla 7 se muestra la composición del compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca, donde se trabajó con tamaños de 15 mm, 25 mm y 35 mm, observando variaciones según el tamaño de partículas utilizados. En el pH se observó un descenso comparado con el blanco de manera similar para la conductividad eléctrica (C.E.), materia orgánica (M.O), K<sub>2</sub>O, Humedad y Na, pero para los demás indicadores se observó un ascenso, contribuyendo a la calidad del compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca

## Según la normativa técnica colombiana (NTC)

Para el blanco 0 mm

Tabla 8. *Calidad del compost según la NTC – blanco*

Indicador	Unidad	NTC	Blanco	Nivel
pH		4 a 9	8.29	*
C.E.	dS/m	-	5.56	-
M.O.	%	Min 15 %	86.51	*
N	%	> 1	1.43	*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	> 1	0.85	**
K <sub>2</sub> O	%	-	1.82	-
CaO	%	-	3.295	-
MgO	%	-	0.565	-
Humedad	%	20-35	60.265	**
Na	%	-	0.24	
Calidad del compost			Buena(*)	

Tomado de (51), Nota: \* valor dentro del límite de la NTC, \*\* valor que excede o está por debajo del límite de la NTC.

En la tabla 8 se observa la calidad del compost según la NTC comparado con el blanco (0 mm) generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca, donde se aprecia que P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tiene un valor por debajo del límite de la NTC, la humedad excede los límites de la NTC, comprometiendo en el peso del producto. Este compost es bueno porque poseen valores adecuados de pH, M.O. estos indicadores son fundamentales porque definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la M.O., definiendo en gran medida la calidad del compost (51)

Para el tamaño de 15 mm

Tabla 9. *Calidad del compost según la NTC – tamaño de 15 mm*

Indicador	Unidad	NTC	Tamaño de 15 mm	Nivel
pH		4 a 9	7.27	*
C.E.	dS/m	-	5.145	-
M.O.	%	Min 15 %	56.855	*
N	%	> 1	1.695	*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	> 1	0.705	**
K <sub>2</sub> O	%	-	1.445	-

CaO	%	-	3.725	-
MgO	%	-	0.495	-
Humedad	%	20-35	37.475	**
Na	%	-	0.12	
Calidad del compost			Buena(*)	

Tomado de (51), Nota: \* valor dentro del límite de la NTC, \*\* valor que excede o está por debajo del límite de la NTC.

En la tabla 9 se observa la calidad del compost según la NTC comparado con el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de un tamaño de 15 mm de la provincia de Chupaca, donde se aprecia que P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tiene un valor por debajo del límite de la NTC, la humedad excede los límites de la NTC, comprometiendo en el peso del producto. Este compost es bueno porque poseen valores adecuados de pH, M.O. estos indicadores son fundamentales porque definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la M.O., definiendo en gran medida la calidad del compost (51).

Para el tamaño de 25 mm

Tabla 10. *Calidad del compost según la NTC – tamaño de 25 mm*

Indicador	Unidad	NTC	Tamaño de 25 mm	Nivel
pH		4 a 9	7.895	*
C.E.	dS/m	-	5.485	-
M.O.	%	Min 15 %	45.59	*
N	%	> 1	1.57	*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	> 1	0.93	**
K <sub>2</sub> O	%	-	1.195	-
CaO	%	-	4.255	-
MgO	%	-	0.655	-
Humedad	%	20-35	42.66	**
Na	%	-	0.225	-
Calidad del compost			Buena(*)	

Tomado de (51), Nota: \* valor dentro del límite de la NTC, \*\* valor que excede o está por debajo del límite de la NTC

En la tabla 10 se observa la calidad del compost según la NTC comparado con el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de un tamaño de 25 mm de la provincia de Chupaca, donde se

aprecia que  $P_2O_5$  tiene un valor por debajo del límite de la NTC, la humedad excede los límites de la NTC, comprometiendo en el peso del producto. Este compost es bueno porque poseen valores adecuados de pH, M.O. estos indicadores son fundamentales porque definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la M.O., definiendo en gran medida la calidad del compost (51)

Para el tamaño de 35 mm

Tabla 11. *Calidad del compost según la NTC – tamaño 35 mm*

Indicador	Unidad	NTC	Tamaño de 35 mm	Nivel
pH		4 a 9	8.035	*
C.E.	dS/m	-	5.355	-
M.O.	%	Min 15 %	48.97	*
N	%	> 1	2.075	*
$P_2O_5$	%	> 1	1.51	*
$K_2O$	%	-	1.13	-
CaO	%	-	4.14	-
MgO	%	-	0.845	-
Humedad	%	20-35	46.935	**
Na	%	-	0.17	
Calidad del compost			Buena(*)	

Tomado de (51), Nota: \* valor dentro del límite de la NTC, \*\* valor que excede o está por debajo del límite de la NTC.

En la tabla 11 se observa la calidad del compost según la NTC comparado con el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de un tamaño de 35 mm de la provincia de Chupaca, donde se aprecia que  $P_2O_5$  tiene un valor por debajo del límite de la NTC, la humedad excede los límites de la NTC, comprometiendo en el peso del producto. Este compost es bueno porque poseen valores adecuados de pH, M.O. estos indicadores son fundamentales porque definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la M.O., definiendo en gran medida la calidad del compost (51).

## Según la norma chilena NCh 2880

Para el blanco 0 mm

Tabla 12. *Calidad del compost según la NCh 2880 – Blanco*

Indicador	Unidad	Nch 2880		Blanco	Clase
		Clase A	Clase B		
pH		5 - 7.5	< 5 y > 7.5	8.29	B
C.E.	dS/m	3	8	5.56	B
M.O.	%	> 45	25 - 45	86.51	A
N	%	> 0.8		1.43	A
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	< 5		0.85	A
K <sub>2</sub> O	%	-		1.82	-
CaO	%	-		3.295	-
MgO	%	-		0.565	-
Humedad	%	< 25	25 - 40	60.265	-
Na	%	< 1		0.24	A
Calidad del compost					Clase B

En la tabla 12 se muestra los indicadores físicos-químicos de la calidad de compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 0 mm, comparados con la norma chilena 2880, en ella se aprecia que el pH y C.E. cumplen con los requisitos para un compost de la clase B y M.O., N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Na cumplen con los requisitos para un compost de clase A. El pH es un indicador fundamental que definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la MO, por ende, el compost generado se clasifica en la clase B

Para el tamaño de 15 mm

Tabla 13. *Calidad del compost según la NCh 2880 – Tamaño de 15 mm*

Indicador	Unidad	Nch 2880		Tamaño de 15 mm	Clase
		Clase A	Clase B		
pH		5 - 7.5	< 5 y > 7.5	7.27	A
C.E.	dS/m	3	8	5.145	B
M.O.	%	> 45	25 - 45	56.855	A
N	%	> 0.8		1.695	A
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	< 5		0.705	A
K <sub>2</sub> O	%	-		1.445	-
CaO	%	-		3.725	-

MgO	%	-		0.495	-
Humedad	%	< 25	25 - 40	37.475	B
Na	%	< 1		0.12	A
Calidad del compost					Clase A

En la tabla 13 se muestra los indicadores físicos-químicos de la calidad de compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 15 mm, comparados con la norma chilena 2880, en ella se aprecia que la C.E. cumplen con los requisitos para un compost de la clase B y pH, M.O., N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Na cumplen con los requisitos para un compost de clase A. El pH es un indicador fundamental que definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la MO, por ende, el compost generado se clasifica en la clase A.

Para el tamaño de 25 mm

Tabla 14. *Calidad del compost según la NCh 2880 – Tamaño de 25 mm*

Indicador	Unidad	Nch 2880		Tamaño de 25 mm	Clase
		Clase A	Clase B		
pH		5 - 7.5	< 5 y > 7.5	7.895	B
C.E.	dS/m	3	8	5.485	B
M.O.	%	> 45	25 - 45	45.59	A
N	%	> 0.8		1.57	A
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	< 5		0.93	A
K <sub>2</sub> O	%	-		1.195	-
CaO	%	-		4.255	-
MgO	%	-		0.655	-
Humedad	%	< 25	25 - 40	42.66	-
Na	%	< 1		0.225	A
Calidad del compost					Clase B

En la tabla 14 se muestra los indicadores físicos-químicos de la calidad de compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 25 mm, comparados con la norma chilena 2880, en ella se aprecia que el pH y C.E. cumplen con los requisitos para un compost de la clase B y M.O., N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Na cumplen con los requisitos para un compost de clase A. El pH es un indicador

fundamental que definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la MO, por ende, el compost generado se clasifica en la clase B

Para el tamaño de 35 mm

Tabla 15. *Calidad del compost según la NCh 2880 – Blanco*

Indicador	Unidad	Nch 2880		Tamaño de 35 mm	Clase
		Clase A	Clase B		
pH		5 - 7.5	< 5 y > 7.5	8.035	B
C.E.	dS/m	3	8	5.355	B
M.O.	%	> 45	25 - 45	48.97	A
N	%	> 0.8		2.075	A
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	< 5		1.51	A
K <sub>2</sub> O	%	-		1.13	-
CaO	%	-		4.14	-
MgO	%	-		0.845	-
Humedad	%	< 25	25 - 40	46.935	-
Na	%	< 1		0.17	A
Calidad del compost					Clase B

En la tabla 15 se muestra los indicadores físicos-químicos de la calidad de compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 35 mm, comparados con la norma chilena 2880, en ella se aprecia que el pH y C.E. cumplen con los requisitos para un compost de la clase B y M.O., N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Na cumplen con los requisitos para un compost de clase A. El pH es un indicador fundamental que definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la MO, por ende, el compost generado se clasifica en la clase B.

**Según el Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) – Iquitos**

Para el blanco 0 mm

*Tabla 16. Calidad del compost según el IIAP– Blanco*

Indicador	Unidad	IIAP-Iquitos	Blanco	Cumple
pH		7-8.3	8.29	SI
C.E.	dS/m	2 a 4	5.56	NO
M.O.	%	-	86.51	-
N	%	0.8 - 1.5	1.43	SI
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.4 - 1	0.85	SI
K <sub>2</sub> O	%	0.6 - 1.5	1.82	NO
CaO	%	2 a 6	3.295	SI
MgO	%	0.2 - 0.7	0.565	SI
Humedad	%	-	60.265	-
Na	%	-	0.24	-
Calidad del compost				Buena

En la tabla 16 se muestra la comparación de la calidad de compost de acuerdo al instituto de investigación de la amazonia peruana (IIAP) con el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 0 mm. Se observa que la calidad de nuestro compost generado es buena ya que cumple con casi todos los requisitos estipulados por el IIAP, la C.E. presenta un valor elevado dentro de los límites estipulados por la IIAP

Para el tamaño de 15 mm

*Tabla 17. Calidad del compost según el IIAP– tamaño de 15 mm*

Indicador	Unidad	IIAP-Iquitos	Tamaño de 15 mm	Cumple
pH		7-8.3	7.27	SI
C.E.	dS/m	2 a 4	5.145	NO
M.O.	%	-	56.855	-
N	%	0.8 - 1.5	1.695	NO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.4 - 1	0.705	SI
K <sub>2</sub> O	%	0.6 - 1.5	1.445	SI
CaO	%	2 a 6	3.725	SI
MgO	%	0.2 - 0.7	0.495	SI
Humedad	%	-	37.475	-
Na	%	-	0.12	-

Calidad del compost	Buena
---------------------	-------

En la tabla 17 se muestra la comparación de la calidad de compost de acuerdo al instituto de investigación de la amazonia peruana (IIAP) con el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 15 mm. Se observa que la calidad de nuestro compost generado es buena ya que cumple con casi todos los requisitos estipulados por el IIAP, la C.E. y el porcentaje de N presentan un valor elevado dentro de los límites estipulados por la IIAP.

Para el tamaño de 25 mm

Tabla 18. *Calidad del compost según el IIAP– tamaño de 25 mm*

Indicador	Unidad	IIAP-Iquitos	Tamaño de 25 mm	Cumple
pH		7-8.3	7.895	SI
C.E.	dS/m	2 a 4	5.485	NO
M.O.	%	-	45.59	-
N	%	0.8 - 1.5	1.57	NO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.4 - 1	0.93	SI
K <sub>2</sub> O	%	0.6 - 1.5	1.195	SI
CaO	%	2 a 6	4.255	SI
MgO	%	0.2 - 0.7	0.655	SI
Humedad	%	-	42.66	-
Na	%	-	0.225	-
Calidad del compost				Buena

En la tabla 18 se muestra la comparación de la calidad de compost de acuerdo al instituto de investigación de la amazonia peruana (IIAP) con el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 25 mm. Se observa que la calidad de nuestro compost generado es buena ya que cumple con casi todos los requisitos estipulados por el IIAP, la C.E. y el porcentaje de N presentan un valor elevado dentro de los límites estipulados por la IIAP.

Para el tamaño de 35 mm

Tabla 19. *Calidad del compost según el IIAP– Tamaño de 35 mm*

Indicador	Unidad	IIAP- Iquitos	Tamaño de 35 mm	Cumple
pH		7-8.3	8.035	SI
C.E.	dS/m	2 a 4	5.355	NO
M.O.	%	-	48.97	-
N	%	0.8 - 1.5	2.075	NO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.4 - 1	1.51	NO
K <sub>2</sub> O	%	0.6 - 1.5	1.13	SI
CaO	%	2 a 6	4.14	SI
MgO	%	0.2 - 0.7	0.845	NO
Humedad	%	-	46.935	-
Na	%	-	0.17	-
Calidad del compost				No cumple

En la tabla 19 se muestra la comparación de la calidad de compost de acuerdo al instituto de investigación de la amazonia peruana (IIAP) con el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca a un tamaño de partícula de 35 mm. Se observa que la calidad de nuestro compost generado no cumple con los requisitos estipulados por el IIAP, solo el pH, K<sub>2</sub>O y CaO cumple con los requisitos del IIAP, por ende, son requisitos insuficientes para afirmar que nuestro compost es bueno.

#### 4.1.2 Influencia del tamaño de partícula de los residuos sólidos en la generación de compost a partir de los residuos sólidos.

Tabla 20. *Variación del pH*

Tamaño mm	pH		
	R-1	R-2	Promedio
0	8.27	8.31	8.29
15	7.28	7.26	7.27
25	7.89	7.9	7.895
35	8.02	8.05	8.035

En la tabla 20 se observa la variación de pH, con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones de pH de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0

mm se tuvo un pH de 8.29, a un tamaño de 15 mm se tuvo un pH de 7.27, a un tamaño de 25 mm se tuvo un pH de 7.895, a un tamaño de 35 mm se tuvo un pH de 8.035. Pero el tamaño de 15 mm muestra un mejor pH, ya que se acerca más a la neutralidad de un pH 7.

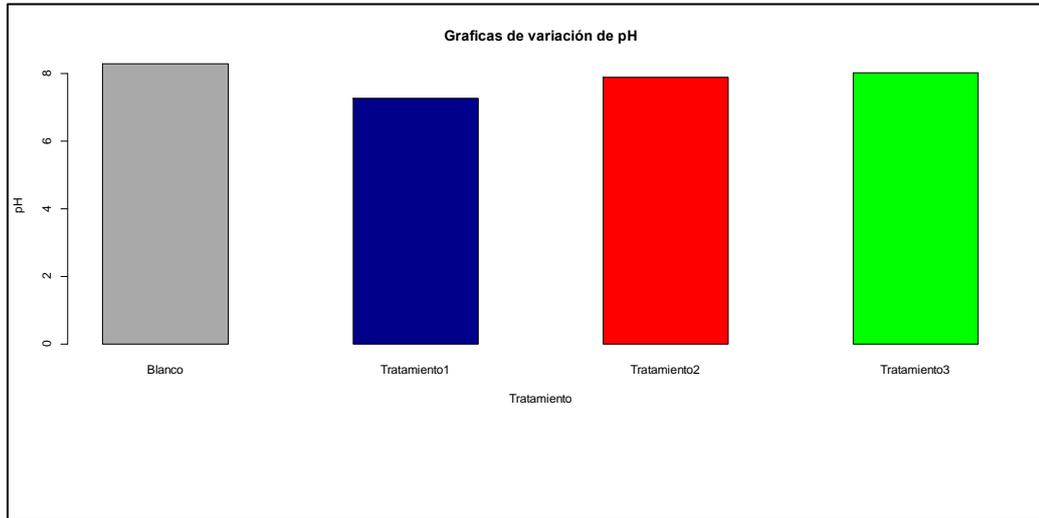


Figura 12. Variación del pH.

En la figura 12 se muestra las variaciones de pH, blanco (0 mm) con un pH de 8.29, tratamiento 1 (15 mm) con un pH de 7.27, tratamiento 2 (25 mm) con un pH de 7.895, tratamiento 3 (35 mm) con un pH de 8.035.

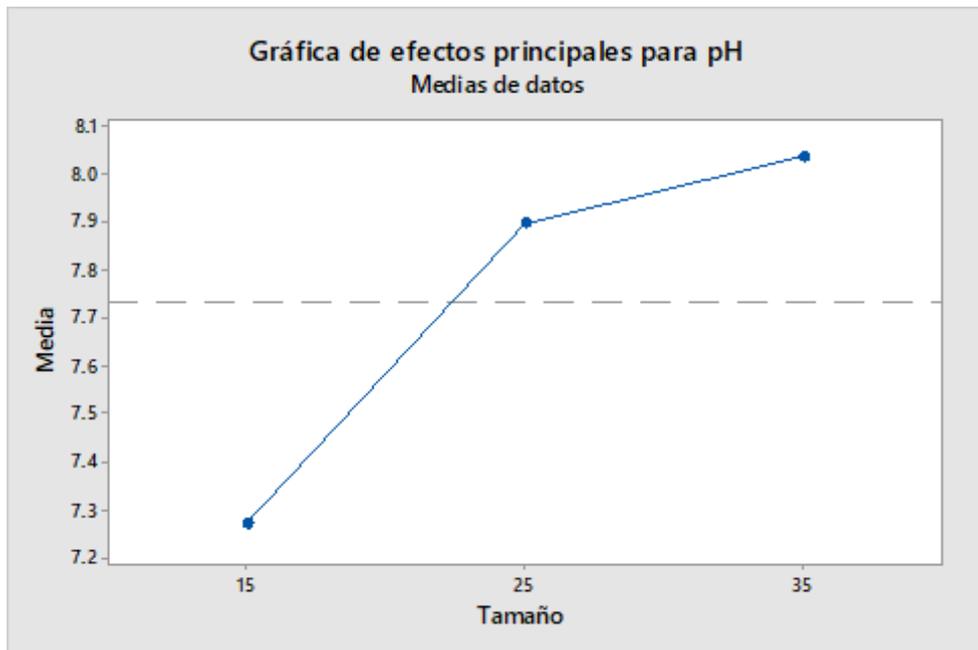


Figura 13. Efectos principales para la variación del pH

En la figura 13 se muestra la gráfica de efectos principales para pH, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un pH menor de 7.27, siendo el más cercano a un pH neutro, de esa manera siendo un indicador de calidad para el compost, según las normas técnicas estipuladas anteriormente.

Tabla 21. *Variación de la C.E.*

Tamaño mm	C.E. dS/m		
	R-1	R-2	Promedio
0	5.54	5.58	5.56
15	5.2	5.09	5.145
25	5.46	5.51	5.485
35	5.34	5.37	5.355

En la tabla 21 se observa la variación de la C.E., con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones de la C.E. de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo una C.E. de 5.56 dS/m, a un tamaño de 15 mm se tuvo una C.E. de 5.145 dS/m, a un tamaño de 25 mm se tuvo una C.E. de 5.485 dS/m, a un tamaño de 35 mm se tuvo una C.E. de 5.355 dS/m. Con respecto a la conductividad eléctrica del compost no se observa una diferencia significativa ya que solo hay una diferencia del 0.25 siendo un valor mínimo, pero nuestra conductividad eléctrica está dentro de los indicadores estipulados por las normas de la calidad del compost.

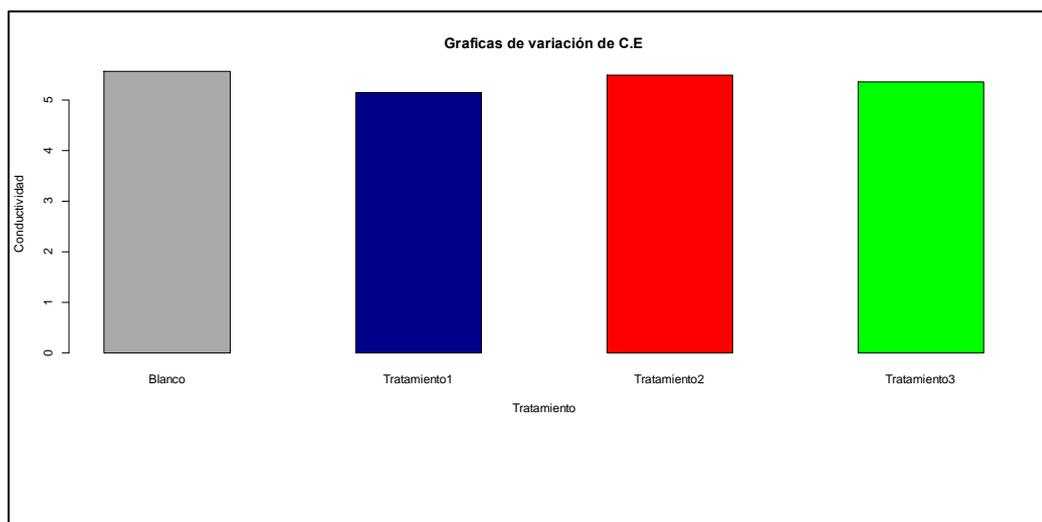


Figura 14. Variación de la C.E.

En la figura 14 se muestra las variaciones de la C.E., blanco (0 mm) con una C.E. de 5.56 dS/m, tratamiento 1 (15 mm) con una C.E. de 5.145 dS/m, tratamiento 2 (25 mm) con una C.E. de 5.485 dS/m, tratamiento 3 (35 mm) con una C.E. de 5.355 dS/m.

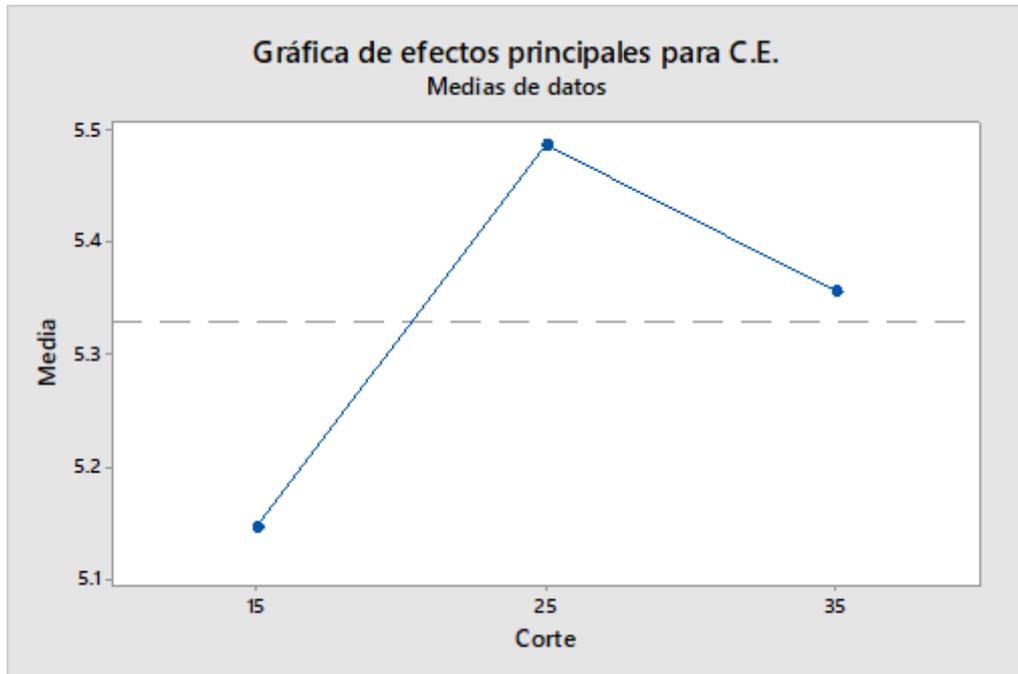


Figura 15. Efectos principales para la variación de la C.E.

En la figura 15 se muestra la gráfica de efectos principales para la C.E., donde a un tamaño de 25 mm se tiene una C.E. mayor de 5.485 dS/m, y la menor C.E. fue de 5.145 dS/m.

Tabla 22. Variación del porcentaje de M.O.

Tamaño mm	% M.O.		
	R-1	R-2	Promedio
0	86.62	86.4	86.51
15	56.82	56.89	56.855
25	45.61	45.57	45.59
35	48.99	48.95	48.97

En la tabla 22 se observa la variación del % M.O., con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones de % M.O. de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % M.O. de 86.51, a un tamaño de 15 mm se

tuvo un % M.O. de 56.855, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % M.O. de 45.59, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % M.O. de 48.97. observando así que hubo una variación aproximada del 35 % con respecto al blanco. Todos nuestros porcentajes de M.O. están dentro de los requisitos o límites de las normas técnicas para una buena calidad de compost.

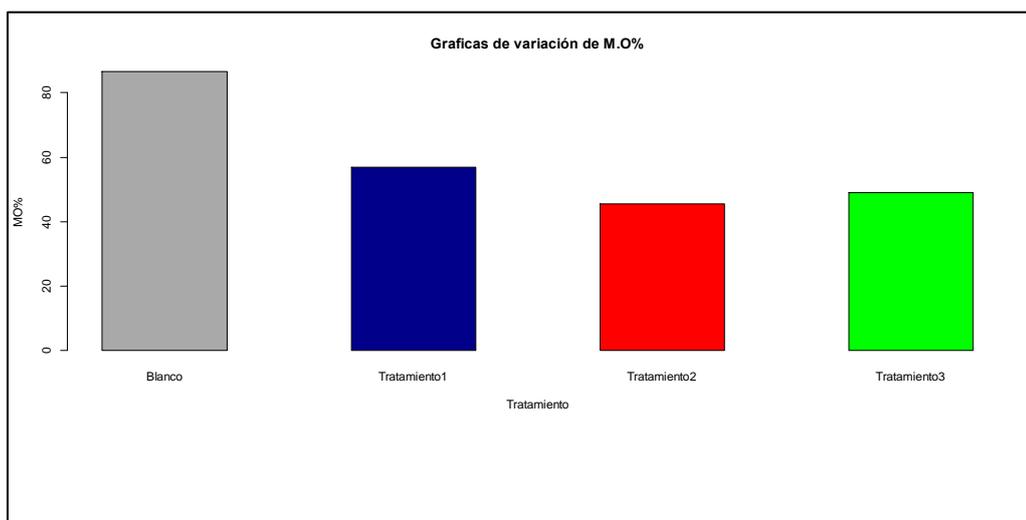


Figura 16. Variación del % M.O.

En la figura 16 se muestra las variaciones del % M.O., blanco (0 mm) con un % M.O de 86.51, tratamiento 1 (15 mm) con un % M.O de 56.855, tratamiento 2 (25 mm) con un % M.O de 45.59, tratamiento 3 (35 mm) con un % M.O de 48.97.

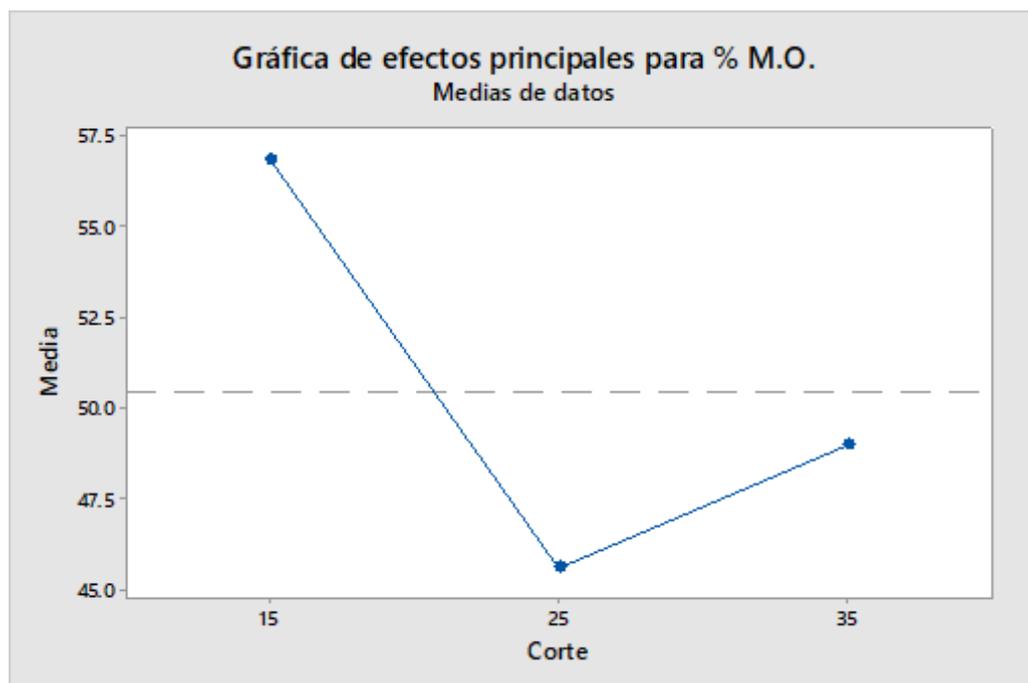


Figura 17. Efectos principales para la variación del % M.O.

En la figura 17 se muestra la gráfica de efectos principales para el % M.O., donde a un tamaño de 25 mm se tiene un % M.O. de 45.59, siendo el más cercano a los requerimientos de las normas de calidad de la NCh 2880 de la clase B de un compost de calidad.

Tabla 23. Variación del % N

Tamaño mm	% N		Promedio
	R-1	R-2	
0	1.4	1.46	1.43
15	1.71	1.68	1.695
25	1.55	1.59	1.57
35	2.04	2.11	2.075

En la tabla 23 se observa la variación del % N, con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones del % N de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % N de 1.43, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % N de 1.695, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % N de 1.57, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % N de 2.075. Siendo óptimos todos los porcentajes de nitrógeno obtenidos a partir de nuestra investigación que concuerdan con las normas técnicas de la calidad de compost estipulados anteriormente.

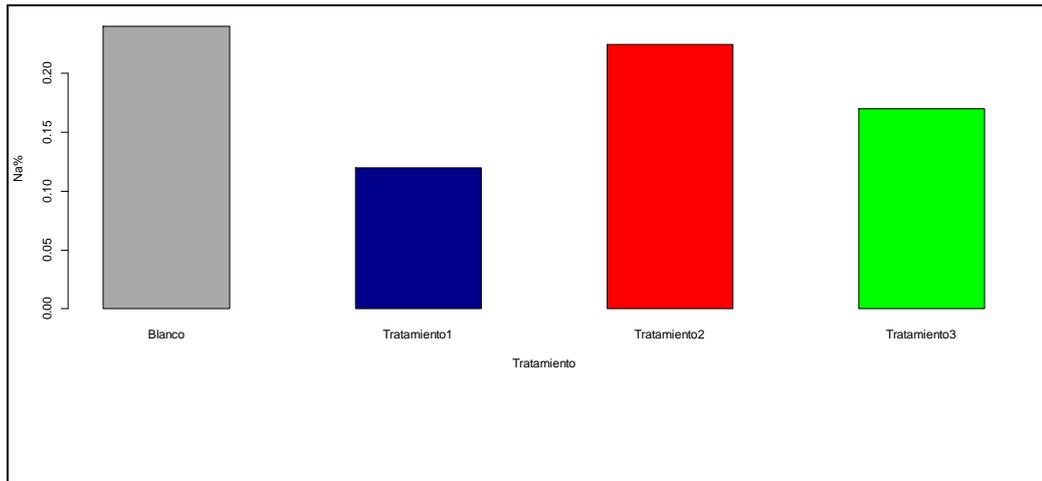


Figura 18. Variación del % N

En la figura 18 se muestra las variaciones del % N, blanco (0 mm) con un % N de 1.43, tratamiento 1 (15 mm) con un % N de 1.695, tratamiento 2 (25 mm) con un % N de 1.57, tratamiento 3 (35 mm) con un % N de 2.075.

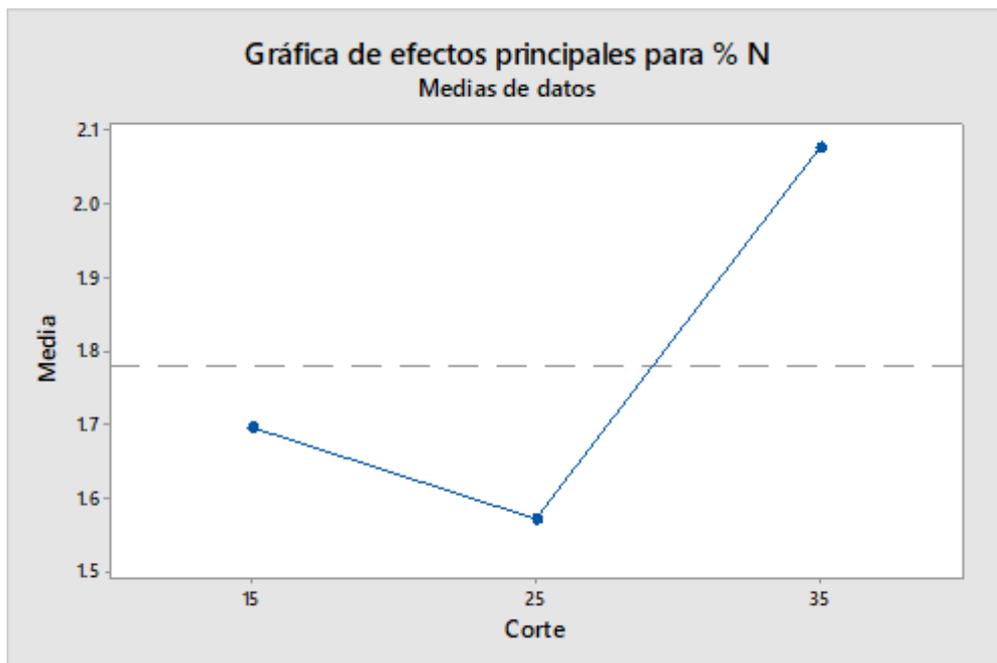


Figura 19. Efectos principales para la variación del % N

En la figura 19 se muestra la gráfica de efectos principales para el % N, donde a un tamaño de 35 mm se tiene un % N mayor de 2.075, siendo un indicador de calidad para el compost, según las normas técnicas estipuladas anteriormente.

Tabla 24. Variación del %  $P_2O_5$

Tamaño mm	% $P_2O_5$		
	R-1	R-2	Promedio
0	0.82	0.88	0.85
15	0.72	0.69	0.705
25	0.94	0.92	0.93
35	1.5	1.52	1.51

En la tabla 24 se observa la variación del %  $P_2O_5$ , con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones del %  $P_2O_5$  de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un %  $P_2O_5$  de 0.85, a un tamaño de 15 mm se tuvo un %  $P_2O_5$  de 0.705, a un tamaño de 25 mm se tuvo un %  $P_2O_5$  de 0.93, a un tamaño de 35 mm se tuvo un %  $P_2O_5$  de 1.51.

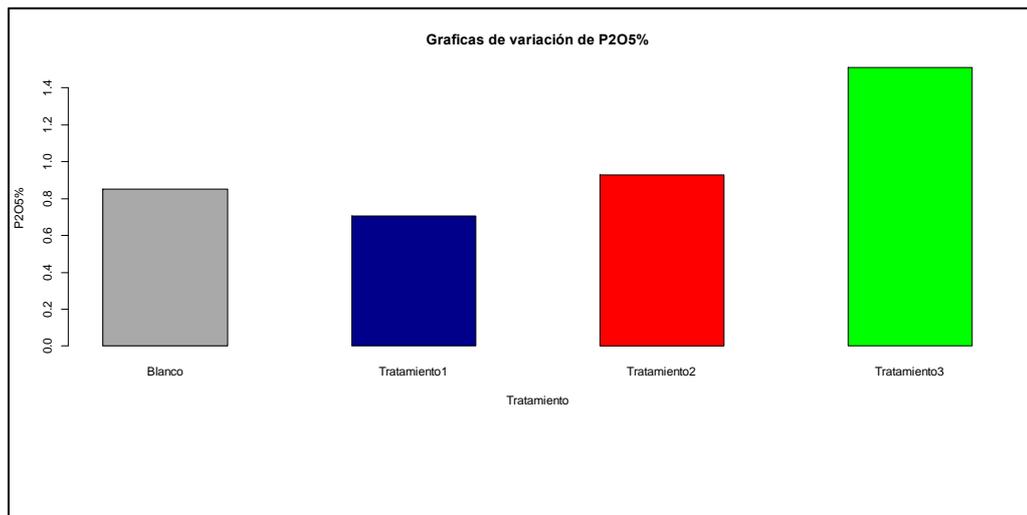


Figura 20. Variación del %  $P_2O_5$

En la figura 20 se muestra las variaciones del %  $P_2O_5$ , blanco (0 mm) con un %  $P_2O_5$  de 0.85, tratamiento 1 (15 mm) con un %  $P_2O_5$  de 0.705, tratamiento 2 (25 mm) con un %  $P_2O_5$  de 0.93, tratamiento 3 (35 mm) con un %  $P_2O_5$  de 1.51.

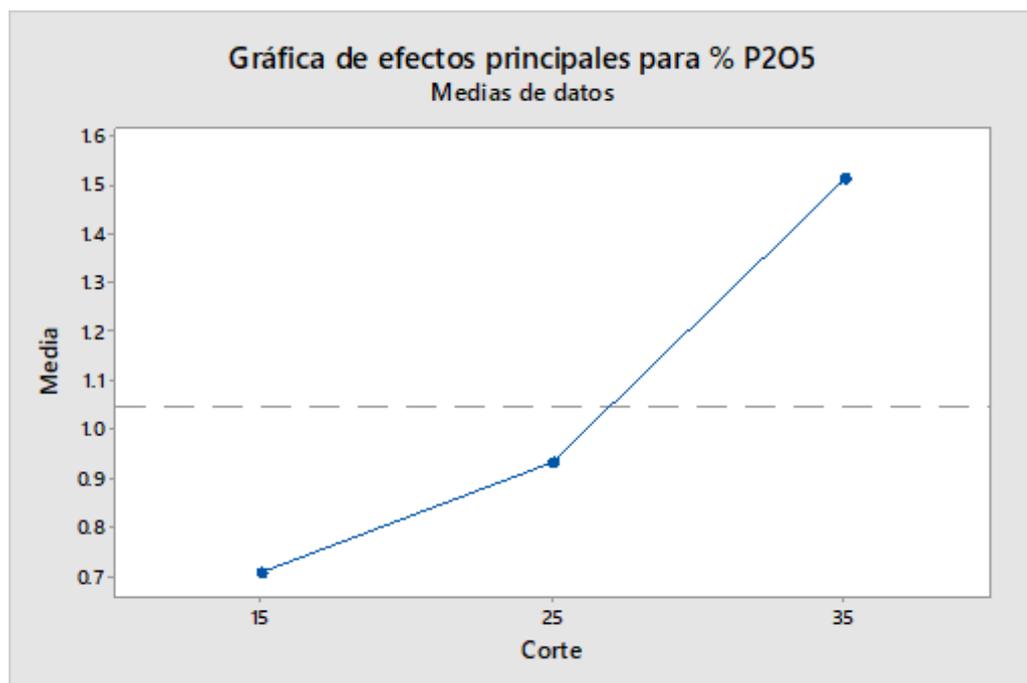


Figura 21. Efectos principales para la variación del % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

En la figura 21 se muestra la gráfica de efectos principales para él % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> menor de 0.705, y a un tamaño de 35 mm se tiene un % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mayor de 1.51 siendo un valor dentro los requerimientos de las normas técnicas la NTC y la NCh 2880.

Tabla 25. Variación del % K<sub>2</sub>O

Tamaño mm	% K <sub>2</sub> O		Promedio
	R-1	R-2	
0	1.84	1.8	1.82
15	1.47	1.42	1.445
25	1.16	1.23	1.195
35	1.11	1.15	1.13

En la tabla 25 se observa la variación del % K<sub>2</sub>O, con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones del % K<sub>2</sub>O de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % K<sub>2</sub>O de 1.82, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % K<sub>2</sub>O de 1.445, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % K<sub>2</sub>O de 1.195, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % K<sub>2</sub>O de 1.13. Como se puede observar en el tamaño de 0 mm se tiene un valor que esta fuera de los límites

establecidos por la IIAP, pero con la variación de tamaños si están dentro de esos límites establecidos por la IIAP, haciéndolo un compost de calidad.

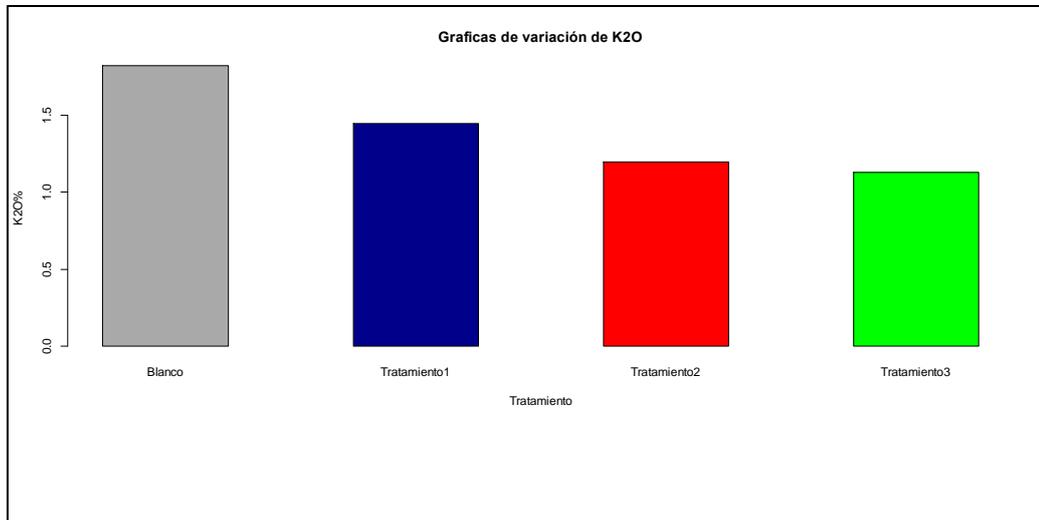


Figura 22. Variación del % K<sub>2</sub>O

En la figura 22 se muestra las variaciones del % K<sub>2</sub>O, blanco (0 mm) con un % K<sub>2</sub>O de 1.82, tratamiento 1 (15 mm) con un % K<sub>2</sub>O de 1.445, tratamiento 2 (25 mm) con un % K<sub>2</sub>O de 1.195, tratamiento 3 (35 mm) con un % K<sub>2</sub>O de 1.13.

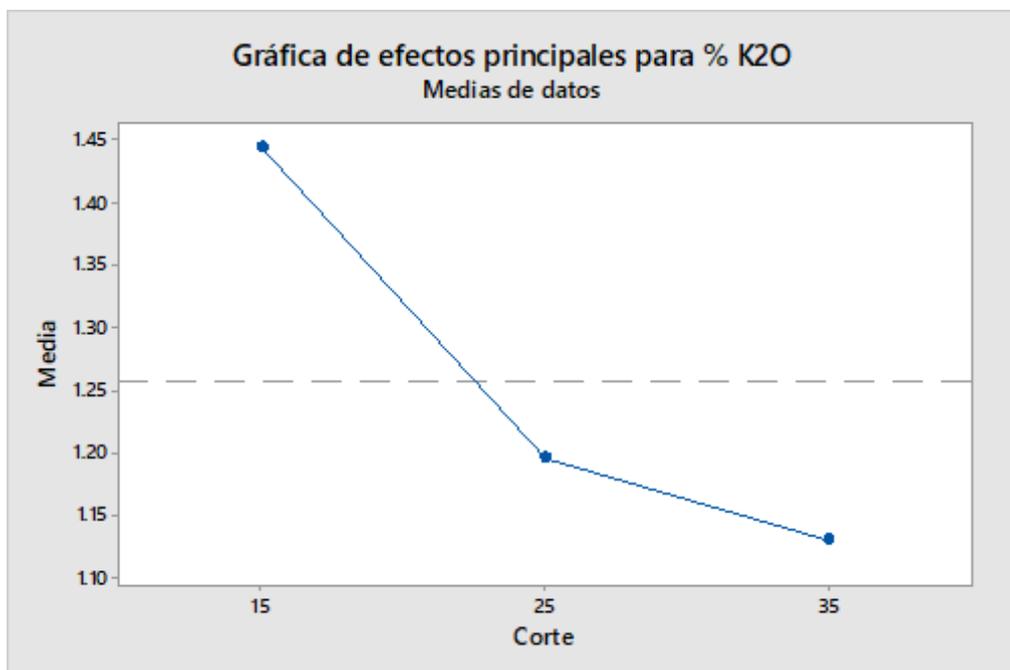


Figura 23. Efectos principales para la variación del % K<sub>2</sub>O

En la figura 23 se muestra la gráfica de efectos principales para el % K<sub>2</sub>O, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un % K<sub>2</sub>O mayor de 1.445, siendo un valor dentro de los límites estipulados por la IIAP de 0.6 % – 1.5 %.

Tabla 26. *Variación del % CaO*

Tamaño mm	% CaO		
	R-1	R-2	Promedio
0	3.28	3.31	3.295
15	3.75	3.7	3.725
25	4.24	4.27	4.255
35	4.12	4.16	4.14

En la tabla 26 se observa la variación del % CaO, con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones del % CaO de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % CaO de 3.295, a un tamaño de 15 mm se tuvo % CaO de 3.725, a un tamaño de 25 mm se tuvo % CaO de 4.255, a un tamaño de 35 mm se tuvo % CaO de 4.14. Observando así que todos los tamaños están dentro de los límites estipulados por el IIAP de 2 % - 6 %.

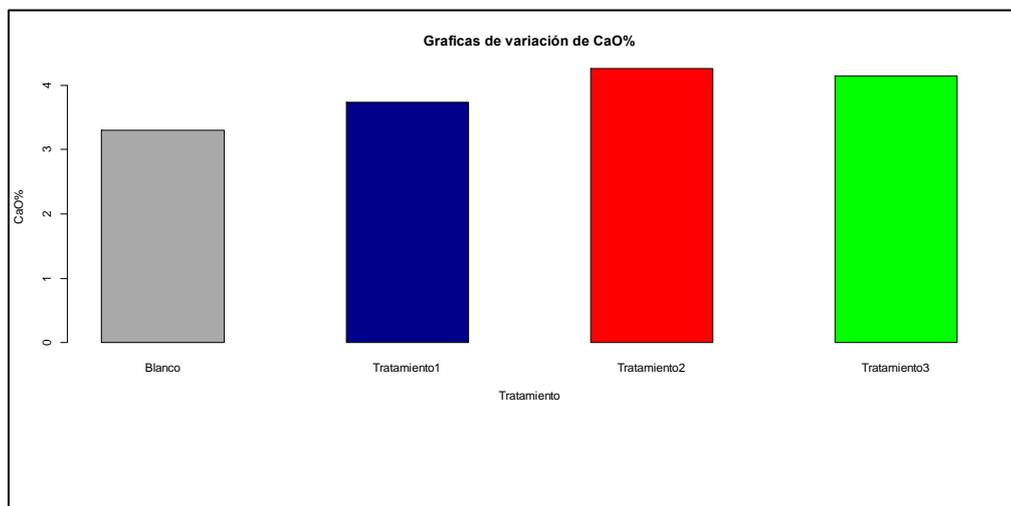


Figura 24. *Variación del %CaO*

En la figura 24 se muestra las variaciones del % CaO, blanco (0 mm) con un % CaO de 3.295, tratamiento 1 (15 mm) con un % CaO de 3.725, tratamiento 2 (25 mm) con un % CaO de 4.255, tratamiento 3 (35 mm) con un % CaO de 4.14.

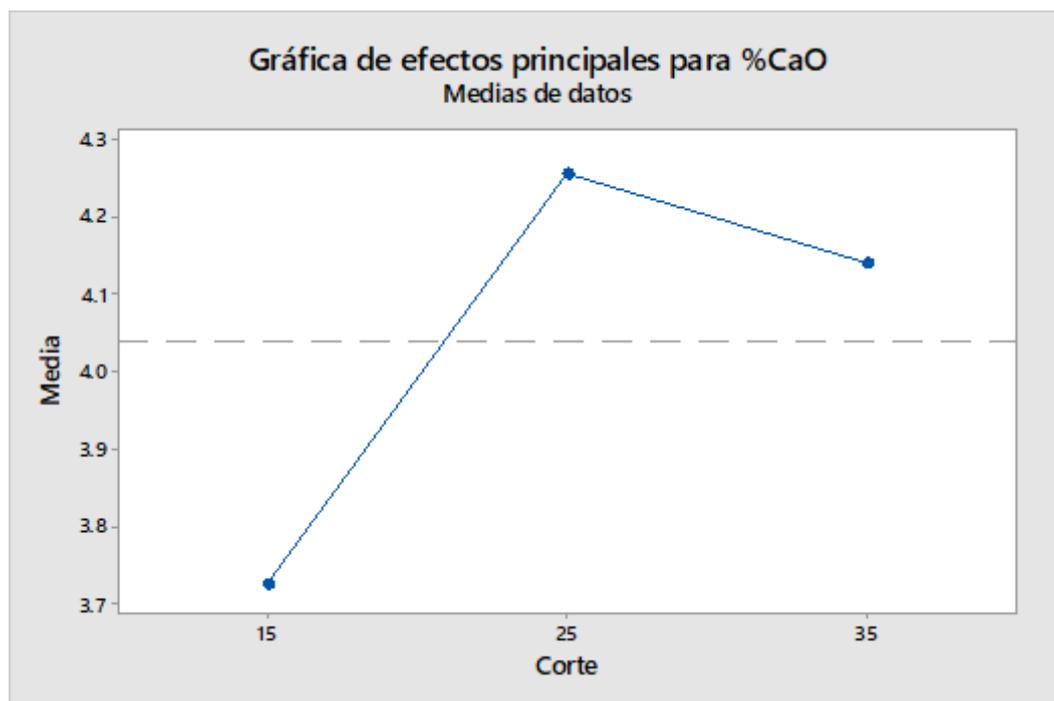


Figura 25. Efectos principales para la variación del % CaO

En la figura 25 se muestra la gráfica de efectos principales para el % CaO, donde a un tamaño de 25 mm se tiene el mayor % CaO de 4.255, siendo un indicador de calidad para el compost, según el IIAP que va de un rango de 2 % - 6 %.

Tabla 27. Variación del %MgO

Tamaño mm	% MgO		
	R-1	R-2	Promedio
0	0.57	0.56	0.565
15	0.51	0.48	0.495
25	0.68	0.63	0.655
35	0.82	0.87	0.845

En la tabla 27 se observa la variación del % MgO, con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones del % MgO de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % MgO de 0.565, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % MgO de 0.495, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % MgO de 0.655, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % MgO de 0.845. Observando así

que a un tamaño de 35 mm no se encuentra en el rango estipulado por el IIAP de 0.2 % - 0.7 %.

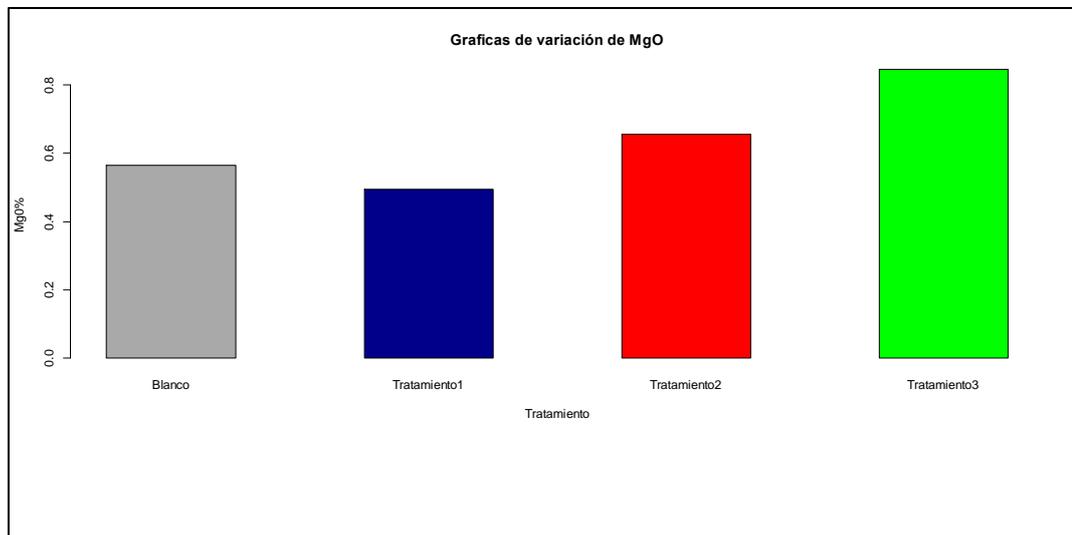


Figura 26. Variación del % MgO

En la figura 26 se muestra las variaciones del % MgO, blanco (0 mm) con un % MgO de 0.656, tratamiento 1 (15 mm) con un % MgO de 0.495, tratamiento 2 (25 mm) con un % MgO de 0.655, tratamiento 3 (35 mm) con un % MgO de 0.845.

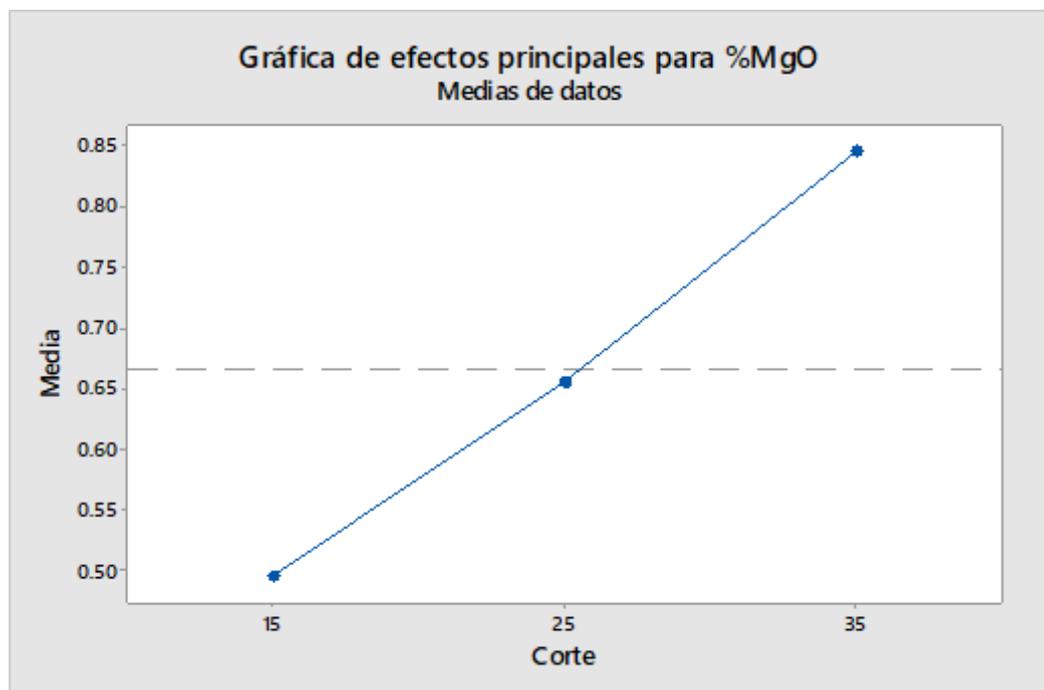


Figura 27. Efectos principales para la variación del % MgO

En la figura 27 se muestra la gráfica de efectos principales para el % MgO, donde a un tamaño de 15 mm y 25 mm están dentro de los límites establecidos por el IIAP pero para un tamaño de 35 mm sobrepasa los límites establecidos por el IIAP de 0.2 % - 0.7 %.

Tabla 28. Variación del % humedad

Tamaño mm	% Humedad		
	R-1	R-2	Promedio
0	60.55	59.98	60.265
15	37.71	37.24	37.475
25	42.6	42.72	42.66
35	46.91	46.96	46.935

En la tabla 28 se observa la variación de % humedad, con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones del % humedad de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % humedad de 60.265, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % humedad de 37.475, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % humedad de 42.66, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % humedad de 46.935.

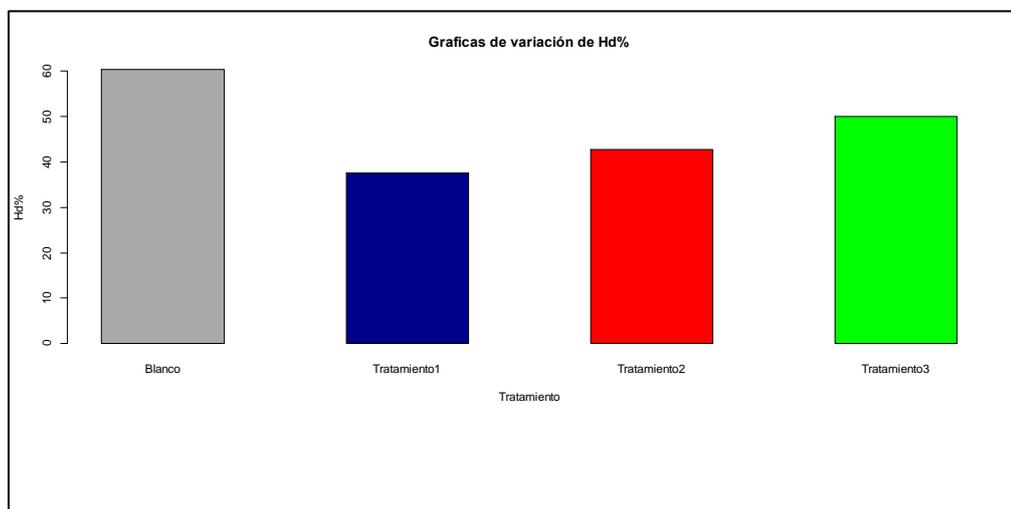


Figura 28. Variación del % humedad

En la figura 28 se muestra las variaciones de pH, blanco (0 mm) con un % humedad de 60.265, tratamiento 1 (15 mm) con un % humedad de 37.475, tratamiento 2 (25 mm) con un % humedad de 42.66, tratamiento 3 (35 mm) con un % humedad de 46.935.

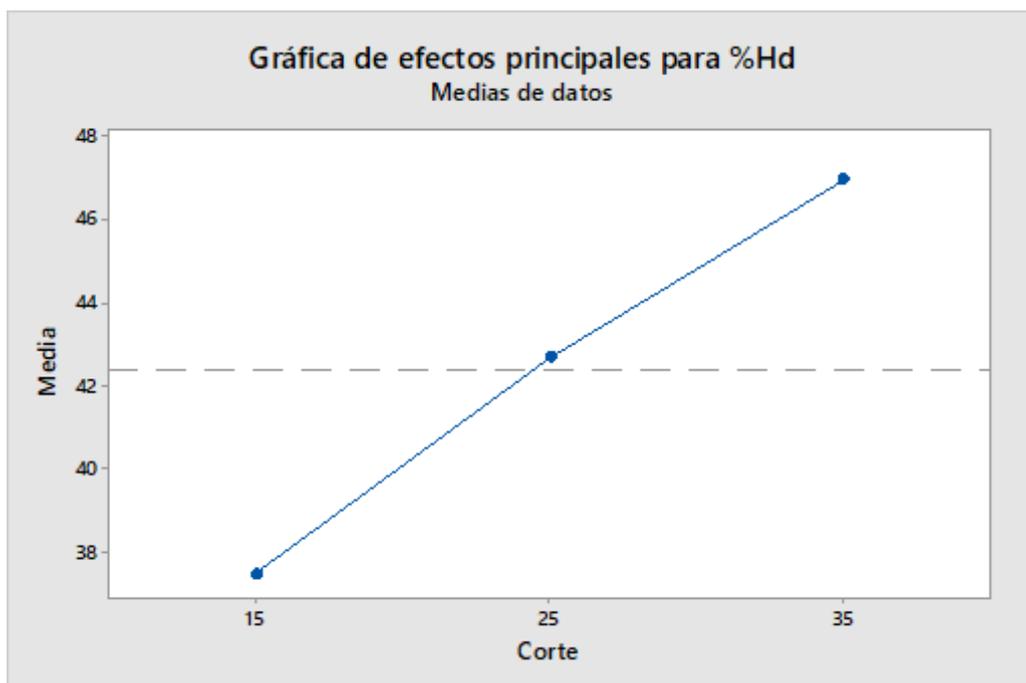


Figura 29. Efectos principales para la variación del % de humedad

En la figura 29 se muestra la gráfica de efectos principales para el % de humedad, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un % de humedad de 37.475, el cual está en los límites estipulados por la norma de NCh 2880 de la clase B que va de 25 % - 40 % y los tamaños de 25 mm con un % de humedad de 42.66, tamaño de 35 mm con un % de humedad de 46.935 están dentro de los límites para una buena calidad del compost estipulado por la OMS que va de 30 % - 50 %.

Tabla 29. Variación del % Na

Tamaño mm	pH		
	R-1	R-2	Promedio
0	0.23	0.25	0.24
15	0.12	0.12	0.12
25	0.21	0.24	0.225
35	0.18	0.16	0.17

En la tabla 29 se observa la variación del % Na, con diferentes tamaños de los residuos sólidos municipales, donde se muestran variaciones del % Na de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % Na de 0.24, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % Na de 0.12, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % Na de 0.225, a un

tamaño de 35 mm se tuvo un % Na de 0.17, dichos valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma chilena NCh 2880 en la clase A de un compost de calidad la cual es de  $< 1\%$ .

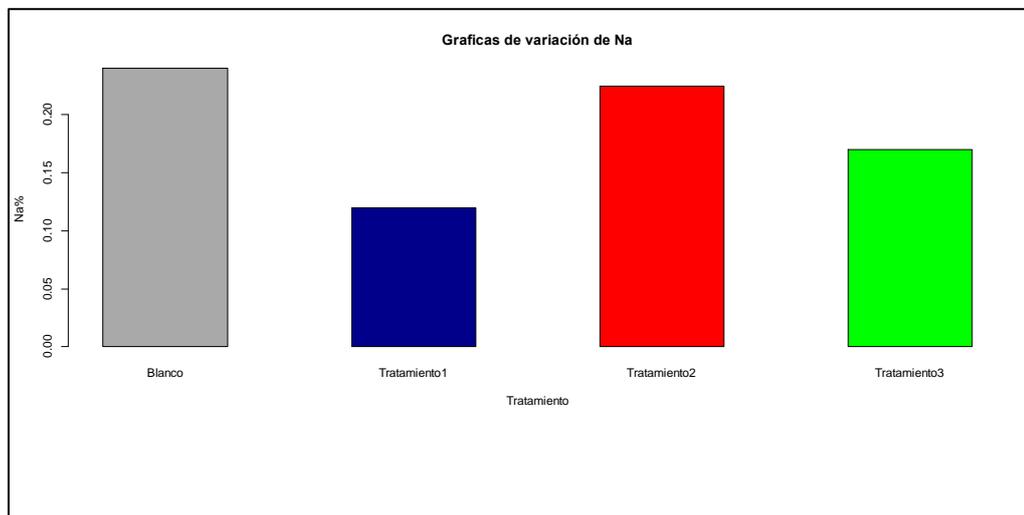


Figura 30. Variación del % Na

En la figura 30 se muestra las variaciones del % Na, blanco (0 mm) con un % Na de 0.24, tratamiento 1 (15 mm) con un % Na de 0.12, tratamiento 2 (25 mm) con un % Na de 0.225, tratamiento 3 (35 mm) con un % Na de 0.17.

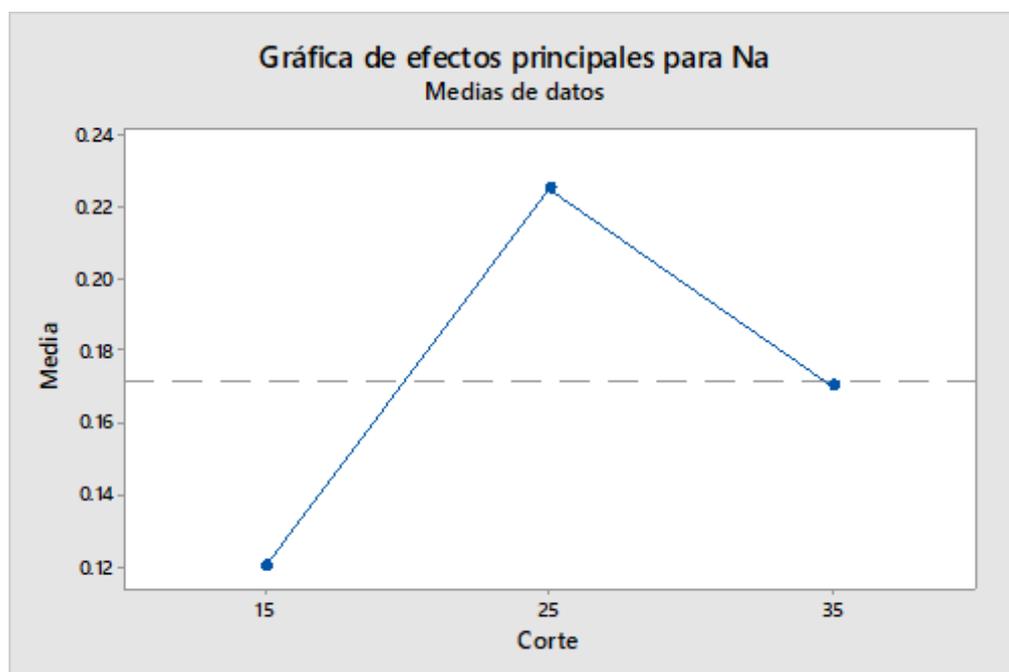


Figura 31. Efectos principales para la variación del % Na

En la figura 31 se muestra la gráfica de efectos principales para el % Na, donde a un tamaño de 15 mm, 25 mm y 35 mm están dentro de los límites estipulados por la norma chilena NCh 2880 de la clase A de un compost de buena calidad que son valores menores al 1 %.

#### 4.1.3 Tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos.

Para determinar el tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos se evaluó la temperatura del ambiente y la temperatura del compost, en nuestro caso a diferentes tamaños de 0 mm, 15 mm, 25 mm y 35 mm, midiendo por un periodo constante de tiempo.

#### Replica 1

Tabla 30. *Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 0 mm - RI*

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 0 mm	Diferencia de temperaturas
1	18.9	30.3	11.4
2	17	28.7	11.7
3	16.4	27.6	11.2
4	17.5	26.8	9.3
5	16.3	26.2	9.9
6	15.8	23.9	8.1
7	17.1	22.9	5.8
8	17.6	21.1	3.5
9	15.2	19.5	4.3
10	15.9	19.9	4
11	15	17.7	2.7
12	14.3	16.1	1.8
13	13	14.9	1.9
14	11.8	14	2.2
15	12.1	13.2	1.1
16	11.5	12.4	0.9
17	15.2	12.1	-3.1
18	16.3	13.4	-2.9
19	14.7	11.6	-3.1
20	11.8	10.3	-1.5
21	16.4	11.4	-5
22	15.7	10.8	-4.9
23	15.5	10.2	-5.3

24	17.5	11.9	-5.6
----	------	------	------

En la tabla 30 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 16 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

Tabla 31. *Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 15 mm - RI*

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 15 mm	Diferencia de temperaturas
1	18.9	32.4	13.5
2	17	32.8	15.8
3	16.4	34.1	17.7
4	17.5	33.5	16
5	16.3	32.1	15.8
6	15.8	30.6	14.8
7	17.1	30.8	13.7
8	17.6	28.4	10.8
9	15.2	26.3	11.1
10	15.9	23.8	7.9
11	15	23.9	8.9
12	14.3	22.5	8.2
13	13	21.1	8.1
14	11.8	20.5	8.7
15	12.1	20.8	8.7
16	11.5	17.6	6.1
17	15.2	18.9	3.7
18	16.3	16.7	0.4
19	14.7	16.4	1.7
20	11.8	13.9	2.1
21	16.4	17.5	1.1
22	15.7	14.3	-1.4
23	15.5	15.2	-0.3
24	17.5	17.1	-0.4

En la tabla 31 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 18 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

Tabla 32. *Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 25 mm - RI*

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 25 mm	Diferencia de temperaturas
1	18.9	30.5	11.6
2	17	31.2	14.2
3	16.4	31.8	15.4
4	17.5	30.3	12.8
5	16.3	28.8	12.5
6	15.8	26.7	10.9
7	17.1	24.8	7.7
8	17.6	21.6	4
9	15.2	20.7	5.5
10	15.9	21.4	5.5
11	15	19.2	4.2
12	14.3	18.5	4.2
13	13	16.7	3.7
14	11.8	15.6	3.8
15	12.1	15.3	3.2
16	11.5	13.7	2.2
17	15.2	15.5	0.3
18	16.3	13.5	-2.8
19	14.7	14.2	-0.5
20	11.8	11.4	-0.4
21	16.4	14.8	-1.6
22	15.7	14.1	-1.6
23	15.5	13.5	-2
24	17.5	14.5	-3

En la tabla 32 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 17 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

Tabla 33. *Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 35 mm – RI*

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 35 mm	Diferencia de temperaturas
1	18.9	32.1	13.2
2	17	30.8	13.8
3	16.4	29.7	13.3
4	17.5	30.2	12.7
5	16.3	28.4	12.1
6	15.8	24.9	9.1
7	17.1	23.4	6.3
8	17.6	23.1	5.5
9	15.2	22.8	7.6
10	15.9	20.4	4.5
11	15	19.5	4.5
12	14.3	17.2	2.9
13	13	16.3	3.3
14	11.8	14.4	2.6
15	12.1	14.2	2.1
16	11.5	13.1	1.6
17	15.2	14.3	-0.9
18	16.3	13.6	-2.7
19	14.7	12.8	-1.9
20	11.8	10.9	-0.9
21	16.4	12.4	-4
22	15.7	12.6	-3.1
23	15.5	11.9	-3.6
24	17.5	12.4	-5.1

En la tabla 33 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 16 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

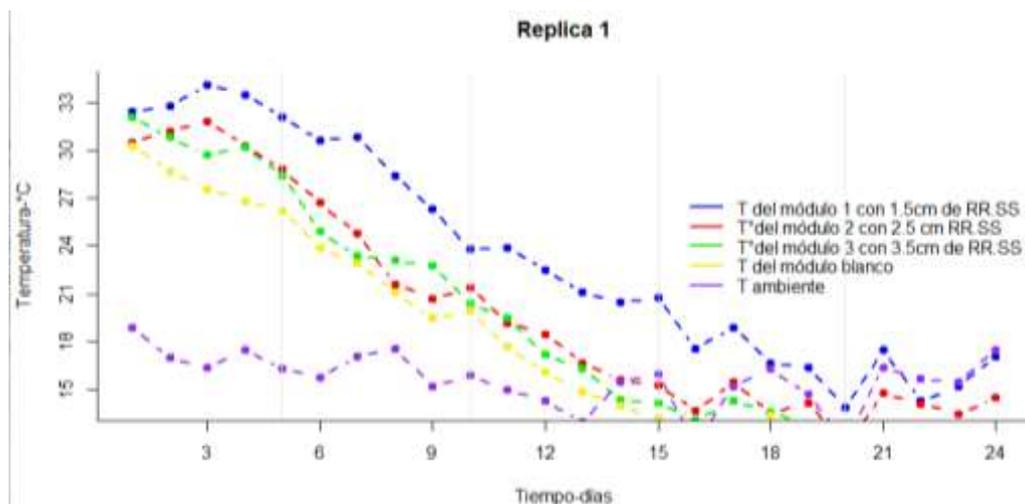


Figura 32. Comparación de las temperaturas en todos los tratamientos de la réplica I

La figura 32 muestra las gráficas de la temperatura ambiente con relación a las temperaturas de los tratamientos llevados a cabo, donde el tiempo óptimo para el blanco fue a los 16 días, para el tratamiento 1 de un tamaño de 15 mm fue a los 18 días, para el tratamiento 2 de un tamaño de 25 mm fue a los 17 días y para el tratamiento 3 de un tamaño de 35 mm fue a los 16 días.

## Replica 2

Tabla 34. Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 0 mm – R2

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 0 mm	Diferencia de temperaturas
1	15.1	31.2	16.1
2	14.3	27.1	12.8
3	18	28.3	10.3
4	16.4	27.4	11
5	14.5	26	11.5
6	16.7	24.3	7.6
7	15	23.1	8.1
8	14.4	20.5	6.1
9	15.9	19	3.1
10	13.2	20.2	7
11	17.8	18.1	0.3
12	14.7	16.8	2.1
13	12.6	15.1	2.5

14	14.8	13.8	-1
15	15.7	12.9	-2.8
16	11.2	12.5	1.3
17	14.5	12.3	-2.2
18	16.4	13.6	-2.8
19	13.6	11.7	-1.9
20	15.1	10.2	-4.9
21	14.5	11.5	-3
22	13.4	10.3	-3.1
23	11.3	9.8	-1.5
24	16.2	11.3	-4.9

En la tabla 34 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 16 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

Tabla 35. *Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 15 mm – R2*

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 15 mm	Diferencia de temperaturas
1	15.1	33.1	18
2	14.3	32.7	18.4
3	18	33.9	15.9
4	16.4	32.6	16.2
5	14.5	31.5	17
6	16.7	30.8	14.1
7	15	31.3	16.3
8	14.4	28.2	13.8
9	15.9	26.5	10.6
10	13.2	23.3	10.1
11	17.8	24.8	7
12	14.7	22.4	7.7
13	12.6	20.9	8.3
14	14.8	21.3	6.5
15	15.7	21	5.3
16	11.2	18.4	7.2
17	14.5	19	4.5
18	16.4	17.2	0.8
19	13.6	16	2.4
20	15.1	14.3	-0.8
21	14.5	17.2	2.7
22	13.4	14.5	1.1

23	11.3	14.9	3.6
24	16.2	17.3	1.1

En la tabla 35 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 18 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

Tabla 36. *Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 25 mm – R2.*

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 25 mm	Diferencia de temperaturas
1	15.1	31.1	16
2	14.3	31.6	17.3
3	18	32	14
4	16.4	30.8	14.4
5	14.5	29.2	14.7
6	16.7	27.4	10.7
7	15	25.1	10.1
8	14.4	21.5	7.1
9	15.9	21	5.1
10	13.2	21.3	8.1
11	17.8	18.9	1.1
12	14.7	18.1	3.4
13	12.6	17.3	4.7
14	14.8	15.9	1.1
15	15.7	15.8	0.1
16	11.2	13.5	2.3
17	14.5	16.2	1.7
18	16.4	13.4	-3
19	13.6	13.7	0.1
20	15.1	11.6	-3.5
21	14.5	15	0.5
22	13.4	13.9	0.5
23	11.3	13.6	2.3
24	16.2	14.1	-2.1

En la tabla 36 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 19 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

Tabla 37. *Diferencia de la temperatura ambiente con la temperatura del compost a 35 mm – R2.*

DIA	T. Ambiente	T. Compost a 35 mm	Diferencia de temperaturas
1	15.1	33.2	18.1
2	14.3	31	16.7
3	18	29.9	11.9
4	16.4	30.3	13.9
5	14.5	28.6	14.1
6	16.7	25.1	8.4
7	15	23.5	8.5
8	14.4	23.2	8.8
9	15.9	22.5	6.6
10	13.2	19.9	6.7
11	17.8	19.4	1.6
12	14.7	16.7	2
13	12.6	15.8	3.2
14	14.8	14.6	-0.2
15	15.7	13.9	-1.8
16	11.2	12.8	1.6
17	14.5	14.5	0
18	16.4	13.8	-2.6
19	13.6	12.3	-1.3
20	15.1	11	-4.1
21	14.5	12.3	-2.2
22	13.4	12.5	-0.9
23	11.3	12.2	0.9
24	16.2	12.6	-3.6

En la tabla 37 se observa la diferencia de temperaturas de acuerdo a cada día de toma de muestra, donde en el día 17 fue el día donde coincidió más la temperatura ambiente con el de compost logrando de esta forma establecer que el compost ya era óptimo.

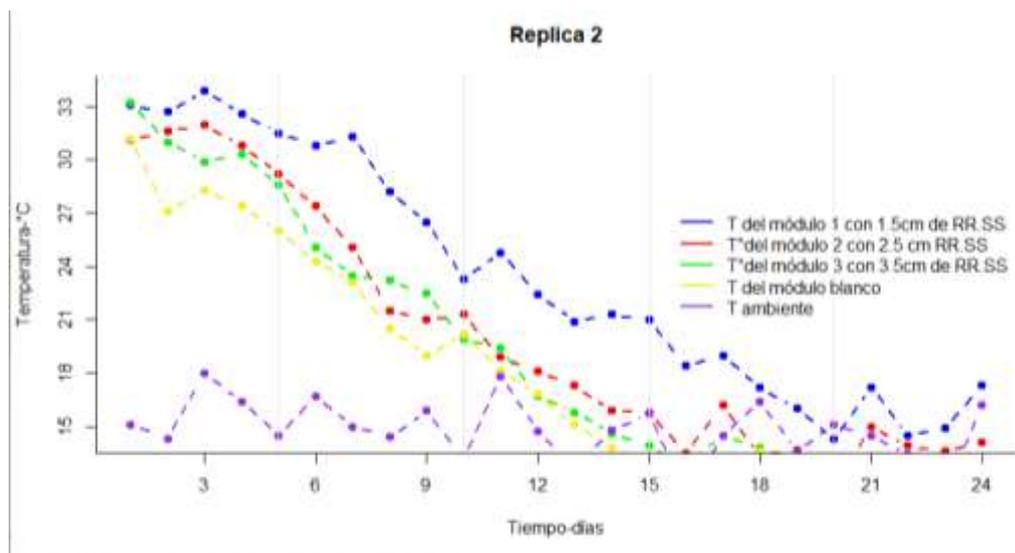


Figura 33. Comparación de las temperaturas en todos los tratamientos de la réplica 2

La figura 33 muestra las gráficas de la temperatura ambiente con relación a las temperaturas de los tratamientos llevados a cabo, donde el tiempo óptimo para el blanco fue a los 16 días, para el tratamiento 1 de un tamaño de 15 mm fue a los 18 días, para el tratamiento 2 de un tamaño de 25 mm fue a los 19 días y para el tratamiento 3 de un tamaño de 35 mm fue a los 17 días.

#### 4.1.4 Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos.

Para la determinación del potencial de compost a partir de los residuos sólidos de la provincia de Chupaca, se determinó la generación per cápita, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos. Para ello se tomó como referencia los datos obtenidos por la municipalidad de Chupaca.

## Residuos sólidos domiciliarios

### Generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios

Tabla 38. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios – estrato A

ESTRATO A												
N° de vivienda	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios							Validación si están todos los datos	Generación per cápita <sup>1</sup> Kg/persona/día	
			Día 0 Kg	Día 1 Kg	Día 2 Kg	Día 3 Kg	Día 4 Kg	Día 5 Kg	Día 6 Kg			Día 7 Kg
1	I-A-01	3	5.60	1.15	2.19	1.05	3.57	0.52	2.17	0.83	OK	0.55
2	I-A-02	5	6.89	1.87	1.73	0.94	5.39	2.04	0.49	6.37	OK	0.54
3	I-A-03	4	3.40	0.73	2.14	1.84	2.98		3.56	1.76	OK	0.54
4	I-A-04	5	1.50	1.15	1.95	2.14	6.15	1.37	2.79	0.87	OK	0.67
5	I-A-05	6	3.29	1.18	3.87	2.79	4.07	1.06	0.75	6.14	OK	0.45
6	I-A-06	3	5.38	0.86	0.68	1.27	0.98	2.87	0.53	4.72	OK	0.57
7	I-A-07	6	8.93	1.22	5.01	3.07	2.88	4.90	0.72	0.93	OK	0.45
8	I-A-08	8	6.42	0.76	4.71	2.58	9.21	0.84	5.93	0.64	OK	0.44
9	I-A-09	4	4.30	0.64	2.21	1.11	0.76	3.02	2.15	5.95	OK	0.64
10	I-A-10	2	3.32	2.30	1.63	0.94	2.06		3.59	0.34	OK	0.91
11	I-A-11	4	5.20	1.96	1.98	2.07	4.58	0.76	0.86	4.48	OK	0.60
12	I-A-12	3	2.50	0.51	1.29		2.37	0.67	1.49	3.46	OK	0.54
13	I-A-13	2	3.29	0.39	0.36	1.24	2.26	0.94	3.76	0.67	OK	0.69
14	I-A-14	6	7.22	2.51	1.38	1.05	0.83	2.53	0.59	7.91	OK	0.45
15	I-A-15	5	5.67	1.38	1.22	2.42	4.42	0.83	1.58	5.88	OK	0.51
16	I-A-16	6	8.50	1.22	3.34	4.87		5.91	0.95	3.95	OK	0.56
17	I-A-17	4	3.46	1.04	0.35	2.06	1.45	1.97	0.52	8.51	OK	0.64
18	I-A-18	9	12.75	1.04	5.19	2.23	7.72	2.17	1.14	10.67	OK	0.48
19	I-A-19	7	8.94	1.24	3.08	3.07	6.89	3.06	0.81	5.73	OK	0.49
20	I-A-20	1	8.38	0.41	0.56	1.09	0.54	0.25	0.40	0.31	OK	0.51
21	I-A-21	3	4.38	1.29	1.85	2.27	3.45	0.57	2.89	0.39	OK	0.60
22	I-A-22	2	3.57	0.96		1.04	2.18	3.07	0.37	0.91	OK	0.71
23	I-A-23	3	5.40	2.00	1.95	1.17		0.65	2.46	5.06	OK	0.80
24	I-A-24	4	6.43	1.59	2.34	2.18	0.47	2.12	4.07	0.68	OK	0.48
25	I-A-25	3	5.32	0.76	1.28	1.15	0.73	3.02	0.56	1.45	OK	0.43
26	I-A-26	4	6.19	1.19	1.94	0.90	3.52	2.76	4.25	0.63	OK	0.54
27	I-A-27	4	5.06	1.09	1.56	0.81	3.14	2.54		6.91	OK	0.67
28	I-A-28	6	9.14	1.50	2.09		5.58	0.88	4.48	8.50	OK	0.64
29	I-A-29	4	3.87	0.93	1.24	0.70	0.52	2.14	5.58	1.64	OK	0.46
30	I-A-30	6	7.31	0.67	3.51	5.14	5.54	3.06	0.76	2.76	OK	0.51
31	I-A-31	5	4.58	0.49	1.48	5.17	0.83	2.81	6.18	1.16	OK	0.52
32	I-A-32	4	4.95	1.43	2.87	0.86	0.61	1.84	0.75	7.52	OK	0.57
33	I-A-33	3	4.78	0.97	1.52	0.50	2.41	0.67	1.16	4.41	OK	0.55
34	I-A-34	4	5.49	1.08	2.44	0.97	3.35	4.07	0.92	2.89	OK	0.56
35	I-A-35	3	2.84	1.10	1.54	0.55		3.92	0.65	2.74	OK	0.58
36	I-A-36	4	5.10	1.07	1.66	1.10	2.96	3.51	0.49	6.09	OK	0.60
37	I-A-37	4	3.87	0.90	1.78	0.69	3.21	0.66	1.58	4.67	OK	0.48
38	I-A-38	3	4.18	0.71	4.76	0.75	0.74	2.67	3.07	0.94	OK	0.68
39	I-A-39	3	5.10	0.65	1.64	0.85	2.37	1.06	4.72	0.83	OK	0.58
40	I-A-40	6	7.01	1.18	6.43	3.51	0.94	3.61	0.53	4.05	OK	0.48
41	I-A-41	6	8.51	0.82	5.12	0.70	3.06	6.05	1.46	0.67	OK	0.49
42	I-A-42	4	3.78	0.52	1.52	0.73	2.54	2.03	4.08	1.12	OK	0.45
43	I-A-43	4	5.01	0.92	2.04	1.05	3.02	0.77	4.39	0.52	OK	0.45
44	I-A-44	10	13.82	1.94		4.46	6.81	4.82	1.53	7.35	OK	0.45
45	I-A-45	4	4.63	0.61	0.97	0.43	0.78	2.84	5.86	1.25	OK	0.46
46	I-A-46	6	7.52	1.13	3.31	2.15	2.45	4.06	3.85	0.69	OK	0.42
47	I-A-47	8	9.43	1.08	4.01	4.82		5.67	0.76	8.57	OK	0.52
48	I-A-48	8	8.26	1.25	3.58	7.28	0.51	5.43	6.49	1.53	OK	0.47
49	I-A-49	5	6.21	1.76	1.75	0.68	4.82	3.69	7.81	1.14	OK	0.62
50	I-A-50	2	3.41	0.76	0.78	0.35	2.76		3.67	1.11	OK	0.79
Generación per cápita domiciliar del estrato											0.55	
Nota: El peso de los residuos sólidos del primer domingo (Día 0) se registran pero no se utilizan para el cálculo.												
<sup>1)</sup> Generación per cápita para cada vivienda: $Cs = Cs = \frac{\text{Día 1} + \text{Día 2} + \text{Día 3} + \text{Día 4} + \text{Día 5} + \text{Día 6} + \text{Día 7}}{\text{Número de habitantes} \times 7 \text{ días}}$												

Tomado de (6)

La tabla 38 muestra la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios de la provincia de Chupaca, donde se observa una generación per cápita promedio de 0.55 Kg/hab/día para el estrato A.

Tabla 39. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios – estrato B

ESTRATO B													
N° de vivienda	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria								Validación si estan todos los datos	Generación per Kg/persona /día	
			Día 0 Kg	Día 1 Kg	Día 2 Kg	Día 3 Kg	Día 4 Kg	Día 5 Kg	Día 6 Kg	Día 7 Kg			
1	I-B-01	6	8.14	0.89	4.04	0.56	3.14	7.04	0.91	2.11	OK	0.45	
2	I-B-02	4	5.25	2.56	3.25	0.61	0.98	1.18	7.24	0.53	OK	0.58	
3	I-B-03	9	10.98	0.84	5.04	-4.05	4.18	9.28	0.64	6.51	OK	0.48	
4	I-B-04	6	6.14	0.71	2.04		3.24	0.85	1.67	8.26	OK	0.47	
5	I-B-05	4	3.86	0.59	2.85	0.62	6.14	0.53	4.28	0.52	OK	0.55	
6	I-B-06	5	7.21	0.91		-4.05		6.35	0.41	1.24	OK	0.52	
7	I-B-07	4	5.09	0.46	4.25	0.59	2.27	3.04	1.12	0.67	OK	0.44	
8	I-B-08	4	3.52	0.54	5.86	0.47	0.37		4.56	1.17	OK	0.54	
9	I-B-09	4	5.14	0.88	3.27	0.41	0.56	1.10	5.21	0.95	OK	0.44	
10	I-B-10	6	8.27	0.52	0.77	3.28	1.29	0.57	9.57	0.27	OK	0.39	
11	I-B-11	5	4.99	0.61	5.51		4.15	0.51	0.43	1.94	OK	0.44	
12	I-B-12	5	5.51	0.49	0.83	-4.06	2.14	0.91	0.54	7.58	OK	0.47	
13	I-B-13	4	6.61	0.64	3.64	0.43	0.58	6.62	1.87	0.94	OK	0.53	
14	I-B-14	3	4.27	0.52	0.89	2.58	1.58	0.81	4.23	1.29	OK	0.57	
15	I-B-15	2	4.88	0.45	2.06	0.15	1.15	0.50	0.35	3.01	OK	0.55	
16	I-B-16	2	3.85	0.36	0.64	2.97	0.61	1.82	0.44	0.82	OK	0.55	
17	I-B-17	3	5.01	0.46	1.07	0.74	2.54		4.27	0.43	OK	0.53	
18	I-B-18	4	7.29	0.73	0.82	3.58	1.87	0.61	4.79	1.99	OK	0.51	
19	I-B-19	4	3.87	0.78	4.15	0.41	3.12	0.85	1.19	2.54	OK	0.47	
20	I-B-20	4	3.23	0.37	0.76	5.24	1.28	3.55	0.45	1.78	OK	0.48	
21	I-B-21	4	5.29	0.49	3.27	0.51	6.67	1.18	0.27	0.41	OK	0.46	
22	I-B-22	2	3.24	0.61	0.59	4.19	0.23	1.16	0.69	0.54	OK	0.57	
23	I-B-23	3	4.78	0.60	0.96	0.42	4.24	0.81	1.28	3.21	OK	0.55	
24	I-B-24	5	7.62	0.84	4.19	0.57	0.72	5.48	1.59	0.95	OK	0.41	
25	I-B-25	7	9.53	0.57	4.15	3.57	1.26	6.85	1.17	3.62	OK	0.43	
26	I-B-26	4	6.69	0.40	0.78	0.71	4.02	1.14		5.15	OK	0.51	
27	I-B-27	2	4.54	0.51	0.63	1.59	0.35	0.57	2.27		OK	0.49	
28	I-B-28	2	3.21	0.46	1.21	0.39	1.48		3.16	0.21	OK	0.58	
29	I-B-29	4	6.83	0.89	0.95	2.14	0.39	4.29	1.57		OK	0.43	
30	I-B-30	1	2.94	0.47	1.14	0.34	0.37	1.27	0.24	0.15	OK	0.57	
31	I-B-31	2	3.67	0.50	0.51	0.30	4.25	0.32	1.15	0.97	OK	0.57	
32	I-B-32	5	8.29	0.45	1.37	0.54	3.74	5.01	0.45	2.57	OK	0.40	
33	I-B-33	3	5.94	0.66	1.12	0.43	5.14	0.38	0.24	2.87	OK	0.52	
34	I-B-34	3	4.87	0.51	0.79	0.63	2.03	0.56	0.25	0.29	OK	0.24	
35	I-B-35	10	12.84	0.89	7.58	0.90	1.47	4.17	2.13	8.57	OK	0.37	
36	I-B-36	5	7.57	0.53	0.71	0.46	4.17	0.28	0.15	5.19	OK	0.39	
37	I-B-37	8	10.58	0.81	1.29	1.05	0.38	0.84	3.47	5.84	OK	0.24	
38	I-B-38	7	9.91	0.79	3.25	0.66	0.14	1.59	5.02	4.17	OK	0.32	
39	I-B-39	6	8.23	0.65	0.88	0.41	3.14		4.15	0.98	OK	0.28	
40	I-B-40	2	4.28	0.72	0.69	0.57	1.58	0.48		0.39	OK	0.37	
Generación per cápita domiciliaria del estrato												0.46	
Nota: El peso de los residuos sólidos del primer domingo (Día 0) se registran pero no se utilizan para el cálculo.													
<sup>31</sup> Generación per cápita para cada vivienda: $GPC_i = \frac{\text{Día 1} + \text{Día 2} + \text{Día 3} + \text{Día 4} + \text{Día 5} + \text{Día 6} + \text{Día 7}}{\text{Número de habitantes} \times 7 \text{ días}}$													

Tomado de (6)

La tabla 39 muestra la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios de la provincia de Chupaca, donde se observa una generación per cápita promedio de 0.46 Kg/hab/día para el estrato B.

Tabla 40. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios – estrato A

ESTRATO C												
N° de vivienda	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria								Validación si estan todos los datos	Generación per cápita <sup>1</sup> Kg/persona/día
			Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg		
1	I-C-01	5	4.35	1.20	0.57	2.08	3.74	0.96	4.02	1.48	OK	0.40
2	I-C-02	4	7.35	2.35	0.43	1.94	4.73	0.59	1.16	0.73	OK	0.42
3	I-C-03	3	3.47	0.83	1.96	0.50		3.72	0.43	1.12	OK	0.48
4	I-C-04	5	6.41	1.03	0.53	2.25	5.19	2.06	0.85	3.76	OK	0.45
5	I-C-05	4	5.01	0.35	2.34	1.35	0.97	4.08	1.08	0.89	OK	0.40
6	I-C-06	3	4.03	0.84	1.24	0.45	3.14	1.24	0.49		OK	0.41
7	I-C-07	5	7.43	2.80	0.85	5.17	1.14	0.67	3.51	0.96	OK	0.43
8	I-C-08	4	8.46	0.86	4.57	0.45	2.16	1.18	0.89	3.17	OK	0.47
9	I-C-09	4	10.30	2.45	2.55	0.59	1.18	4.48	1.74	0.46	OK	0.48
10	I-C-10	6	12.00	4.10	3.07	0.53	5.09	0.45		1.14	OK	0.40
11	I-C-11	2	6.74	0.68	0.52	3.41	0.84	1.10	0.38		OK	0.58
12	I-C-12	3	5.78	0.76	3.46		0.76	4.08	0.94	0.39	OK	0.58
13	I-C-13	6	8.59	0.95	1.18	0.86	5.58	2.51	0.84	7.59	OK	0.46
14	I-C-14	6	7.95	0.86	4.41	0.73	0.96	1.18	5.49	1.27	OK	0.35
15	I-C-15	4	5.94	0.71	0.82	3.52	4.15	0.59	2.04	0.81	OK	0.45
16	I-C-16	5	6.59	0.90	5.19	0.41	0.54	1.13	3.95	2.64	OK	0.42
17	I-C-17	7	10.46	0.83	4.06	0.76		4.19		6.18	OK	0.46
18	I-C-18	3	4.28	0.79	1.07	0.50	3.15	0.39	1.06	2.17	OK	0.43
19	I-C-19	3	5.27	0.63	0.86	2.58	0.71	0.84	4.09	0.93	OK	0.51
20	I-C-20	4	6.28	0.72	3.18	0.53	1.17	2.56		3.17	OK	0.47
21	I-C-21	5	7.94	0.81	0.77	5.48	1.28	0.92	4.17	2.56	OK	0.46
22	I-C-22	3	4.20	0.71	0.84		4.29	0.61	1.18	2.52	OK	0.56
23	I-C-23	6	8.56	0.80	5.18	0.42	1.12	6.29	2.28		OK	0.45
24	I-C-24	5	6.17	0.73	0.52	4.19		0.94	1.97	6.37	OK	0.49
25	I-C-25	7	10.59	0.48	3.15	0.64	3.18	1.19	0.84	7.32	OK	0.34
26	I-C-26	6	8.28	0.74	1.14	0.92	7.89	4.52	3.48	0.89	OK	0.47
27	I-C-27	3	5.87	0.83	0.79	2.16	1.15	0.98	2.74	0.37	OK	0.43
28	I-C-28	3	4.29	0.71	0.56	1.48	0.84		0.58	2.14	OK	0.35
29	I-C-29	1	3.74	0.49	0.39	0.50		1.18	0.54	0.35	OK	0.58
Generación per cápita domiciliaria del estrato												0.45
Nota: El peso de los residuos sólidos del primer domingo (Día 0) se registran pero no se utilizan para el cálculo.												
<sup>(1)</sup> Generación per cápita para cada vivienda: $GPC_i = \frac{\text{Día 1} + \text{Día 2} + \text{Día 3} + \text{Día 4} + \text{Día 5} + \text{Día 6} + \text{Día 7}}{\text{Número de habitantes} \times 7 \text{ días}}$												

Tomado de (6).

La tabla 40 muestra la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios de la provincia de Chupaca, donde se observa una generación per cápita promedio de 0.45 Kg/hab/día para el estrato C.

Tabla 41. Generación per cápita de los RR.SS. domiciliarios total

Nivel socio – económico (estrato)	Representatividad poblacional	GPC total del estrato validada	% x GPC <sub>i</sub>
A	40%	0.55	0.22
B	35%	0.46	0.16
C	25%	0.45	0.11
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>GPC domiciliaria</b>	<b>0.50</b>

Tomado de (6).

La tabla 41 muestra la generación per cápita total de la municipalidad de Chupaca, de los residuos sólidos domiciliarios el cual es 0.50 Kg/hab/día.

### Densidad de los residuos sólidos domiciliarios

Tabla 42. *Densidad de los RR.SS. domiciliarios*

PARÁMETRO	DENSIDAD DIARIA (kg/m <sup>3</sup> )							DENSIDAD PROMEDIO kg/m <sup>3</sup>
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	
DENSIDAD (S)	126.34	116.03	109.77	118.28	121.85	108.60	102.62	114.78

Tomado de (6).

La tabla 42 se muestra la densidad hallada de los residuos sólidos domiciliarios, donde se observa que se hace un cálculo diario durante 7 días, siendo el promedio de 114.78 Kg/m<sup>3</sup>.

### Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

Tabla 43. *Composición de los RR.SS. domiciliarios.*

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN PORCENTUAL (%)
1.1 Residuos orgánicos	40.40%
1.2.1 Papel	2.93%
1.2.2 Cartón	3.47%
1.2.3 Vidrio	4.32%
1.2.4 Plástico	5.02%
1.2.5 Tetra Brik(envases multicapa)	2.80%
1.2.6 Metales	4.06%
1.2.7 Textiles (telas)	2.47%
1.2.8 Caucho, cuero, jebe	0.80%
2. Residuos no reaprovechables	33.72%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Tomado de (6).

La tabla 43 muestra la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, donde el 40.40 % representa los residuos orgánicos y el 33.72 % representa los residuos no reaprovechables.

## Residuos sólidos no domiciliarios

### Establecimientos comerciales

Tabla 44. *Generación total de los RR.SS. no domiciliarios – establecimientos comerciales.*

ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES			
	GENERACIÓN TOTAL (kg/día)	GENERACIÓN TOTAL (kg/Año)	
CLASE 1 - BODEGAS	308.22		
CLASE 1 - AVICOLA	7.17		
CLASE 1 - PANADERIA	13.55		
CLASE 2 - BAZAR	6.30		
CLASE 2 - LIBRERÍA	20.46		
CLASE 2 - CABINA DE INTERNET	4.87		
CLASE 2 - PLASTIQUERIA	3.11		
CLASE 2 - AGENCIA DE VIAJE	1.50		
CLASE 2 - VENTA DE ROPA	9.75		
CLASE 3 - SASTRERIA	6.94		
CLASE 3 - FERRETERIA	35.81		
CLASE 3 - MUEBLERIA	13.31		
CLASE 3 - VENTA DE CELULAR	11.29		
CLASE 3 - ZAPATERIA	2.76		
CLASE 4 - BOTICAS	27.83		
CLASE 4 - SALON DE BELLEZA	9.99		
CLASE 5 - CENTRO DE ENTRET.	5.28		
CLASE 6 - VENTA DE PASTO	4.25		
	492.3902381		179.7224369

Tomado de (6).

La tabla 44 muestra la generación total de los residuos sólidos no domiciliarios, donde se clasifican en clases del 1 al 6, la clase 1: bodegas, avícola y panadería, la clase 2: bazar, librería, cabina de internet, platería, agencia de viaje y venta de ropa, clase 3: sastrería, ferretería, mueblería, venta de celular y zapatería, clase 4: boticas y salón de belleza, clase 5: centro de entretenimientos y clase 6 venta de pasto. Todos aquellos ya mencionados hacen un total de 492.39 kg/día equivalente a una generación total por año de 179.72 Kg/año.

## Otras fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliarios

En la tabla 45 se muestra la generación total de los residuos sólidos no domiciliarios los cuales son: establecimientos comerciales, hoteles, mercados, restaurantes, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y barrido de calles. Todos ellos representan una generación total de 2.15 Tn/día equivalente a 782.73 Tn/año.

Tabla 45. *Generación total de los RR.SS. no domiciliarios otras fuentes de generación.*

N°	FUENTE DE GENERACIÓN NO DOMICILIARIOS	GENERACIÓN TOTAL (TN/AÑO)	GENERACIÓN TOTAL (TN/DIA)
1	ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES	179.72	
2	HOTELES	8.16	
3	MERCADOS	317.45	
4	RESTAURANTES	175.93	
5	INSTITUCIONES PUBLICAS Y PRIVADAS	19.46	
6	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	40.81	
7	BARRIDO DE CALLES	46.20	
		<b>787.73</b>	<b>2.158164384</b>

Tomado de (6).

En la tabla 45 se muestra la generación total de los residuos sólidos no domiciliarios los cuales son: establecimientos comerciales, hoteles, mercados, restaurantes, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y barrido de calles. Todos ellos representan una generación total de 2.15 Tn/día equivalente a 782.73 Tn/año.

## Residuos sólidos no domiciliarios especiales

Tabla 46. *Generación total de los RR.SS. no domiciliarios – especiales*

N°	FUENTE DE GENERACIÓN NO DOMICILIARIOS	GENERACIÓN TOTAL (TN/AÑO)	GENERACIÓN TOTAL (TN/DIA)
1	LUBRICENTROS	3.15	
2	CENTROS VETERINARIOS	0.94	
3	CENTROS COMERCIALES	14.52	
4	FERIAS	378.00	
		<b>396.61</b>	<b>1.08660274</b>

Tomado de (6).

La tabla 46 muestra la generación total de los residuos sólidos no domiciliarios especiales los cuales son: lubricentros, centros veterinarios y

centros comerciales. Todos aquellos generan un total de 1.08 toneladas por día equivalente a 396.61 toneladas por año.

### Densidad de residuos sólidos no domiciliarios

Tabla 47. Densidad de RR.SS. no domiciliarios

PARÁMETRO	DENSIDAD DIARIA (kg/m <sup>3</sup> )							DENSIDAD PROMEDIO kg/m <sup>3</sup>
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	
DENSIDAD (5)	105.51	111.20	128.06	132.88	140.29	119.42	108.90	120.90

Tomado de (6).

La tabla 47 se muestra la densidad hallada de los residuos sólidos no domiciliarios, donde se observa que se hace un cálculo diario durante 7 días, siendo el promedio de 120.90 Kg/m<sup>3</sup>

### Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios

Tabla 48. Composición de los RR.SS. no domiciliarios.

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN PORCENTUAL (%)
1.1 Residuos orgánicos	61.33%
1.2.1 Papel	2.06%
1.2.2 Cartón	3.94%
1.2.3 Vidrio	2.09%
1.2.4 Plástico	3.11%
1.2.5 Tetra Brik (envases multicapa)	0.37%
1.2.6 Metales	1.35%
1.2.7 Textiles (telas)	1.79%
1.2.8 Caucho, cuero, jebe	0.27%
2. Residuos no reaprovechables	23.69%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Tomado de (6).

La tabla 48 muestra la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, donde el 61.33 % representa los residuos orgánicos y el 23.69 % representa los residuos no reaprovechables.

## Generación total y generación per cápita total municipal

Tabla 49. *Generación per cápita total*

GPC - Municipal							
Población Urbana del Distrito - Censo 2019 (hab)	GPC domiciliaria (Kg/hab/día)	Generación Domiciliaria (Kg/día)	Generación Domiciliaria (Ton/día)	Generación No domiciliaria (Kg/día)	Generación Municipal (Kg/día)	Generación Municipal (Ton/día)	GPC Municipal (Kg/día)
20427	0.50	10213.500	10.214	3678.320	13891.820	13.892	0.680

Tomado de (6).

La tabla 49 muestra la generación per cápita total municipal de la provincia de Chupaca. Esta generación se calculó en base a la población total tomando de base el censo realizado en 2019.

Tabla 50. *Generación total municipal*

Clasificador	Tipo de generadores	Generación (Kg/día)	Generación (Ton/día)
Domicilio	Viviendas	10213	10.21
Domicilio	Establecimientos comerciales	492.39	10.21
No domiciliarios	Instituciones públicas y privadas	53.3	0.49
	Instituciones educativas	111.83	0.05
	Hoteles	22.365	0.11
	Mercados	869.714	0.02
	Restaurantes	482.005	0.87
	Barrido y limpieza de espacios públicos	126.57	0.48
	Lubricentros	8.629	0.13
Especiales	laboratorios de ensayos y similares	0	0.01
	Centros veterinarios	2.57	0.00
	centros comerciales	39.78	0.00
	Ferias	1037	0.04
Total		13459.643	13.46

Tomado de (6).

La tabla 50 muestra la generación total de los residuos sólidos, tanto domiciliarios, no domiciliarios y especiales, siendo un total de 13 459.643 Kg/día equivalente a 13.46 Ton/día.

### Densidad total de los residuos sólidos

Tabla 51. *Densidad total de los RR.SS.*

Día	Densidad Domiciliaria	Densidad no domiciliaria
1	126.34	105.51
2	116.03	111.2
3	109.77	128.06
4	118.28	132.88
5	121.85	140.29
6	108.6	119.42
7	102.62	108.9
<b>Densidad Promedio</b>	<b>114.78</b>	<b>120.89</b>

Tomado de (6).

La tabla 51 muestra la densidad total de los residuos sólidos tanto domiciliarios como no domiciliarios los cuales son 114.78 Kg/m<sup>3</sup> y 120.89 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

### Composición física de los residuos sólidos municipales

Tabla 52. *Composición de los RR.SS. municipales*

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN PORCENTUAL (%)
<b>1.1 Residuos orgánicos</b>	<b>55.38%</b>
1.2.1 Papel	2.27%
1.2.2 Cartón	3.82%
1.2.3 Vidrio	2.87%
1.2.4 Plástico	3.70%
1.2.5 Tetra Brik(envases multicapa)	1.00%
1.2.6 Metales	2.34%
1.2.7 Textiles (telas)	1.94%
1.2.8 Caucho, cuero, jebe	0.44%
<b>2. Residuos no reaprovechables</b>	<b>26.25%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Tomado de (6).

La tabla 52 muestra la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, donde el 55.38 % representa los residuos orgánicos y el 26.25 % representa los residuos no reaprovechables.

#### 4.2. Prueba de hipótesis

Para realizar la prueba de hipótesis se usó el programa estadístico MINITAB V 18, donde se realizó el análisis del diseño de bloques completamente al azar (DBCA) mediante el análisis de varianza ANOVA, comparación de parejas por Tukey la prueba de normalidad. Donde se trabajó con la variación de los tamaños de residuos sólidos a 0 mm, 15 mm, 25 mm y 45 mm.

Modelo lineal general: pH vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 53. *Análisis de varianza para el pH*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.00045	0.000450	1.29	0.339
Tamaño	3	1.12845	0.376150	1074.71	0.000
Error	3	0.00105	0.000350		
Total	7	1.12995			

Probabilidad

La tabla 53 se observa el análisis de varianza para el pH, donde se muestra un valor de p igual a 0.000 para la fuente de corte, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

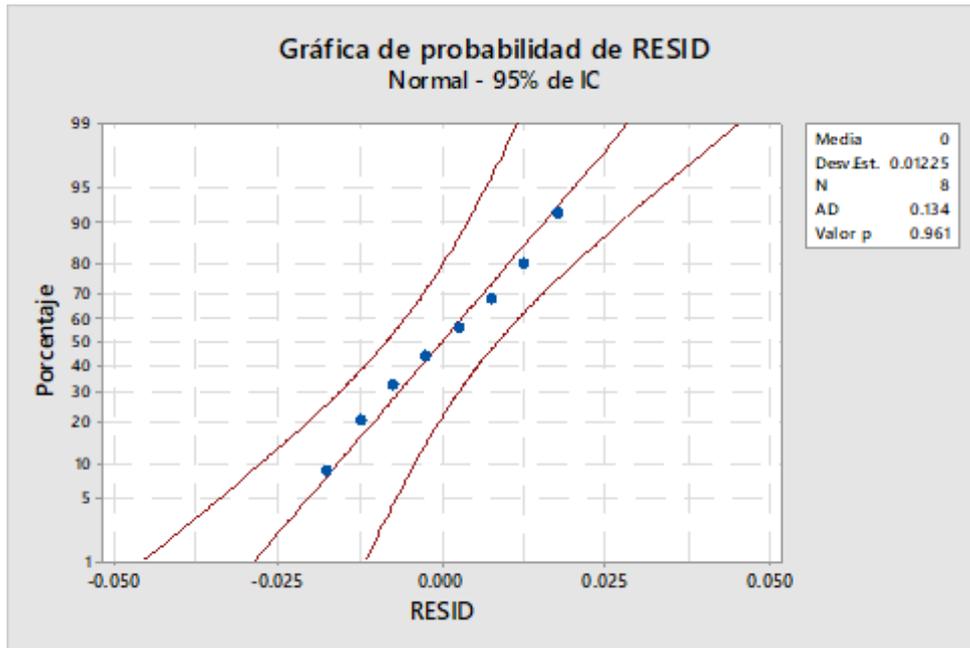


Figura 34. Gráfica de probabilidad para el pH

La figura 34 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del pH, donde se observa un valor de p igual a 0.961, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del pH provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para pH

Comparaciones por parejas de Tukey: Corte

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 54. Comparaciones para el pH

Tamaño (mm)	N	Media	Agrupación
35	2	8.035	A
25	2	7.895	B
15	2	7.270	C

La tabla 54 se observa las comparaciones para el pH mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un pH de 7.27 y a un tamaño de 35 mm se tiene un pH de 8.035.

Modelo lineal general: C.E. vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 55. Análisis de varianza para la C.E.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.000012	0.000012	0.00	0.951
Tamaño	3	0.198237	0.066079	23.22	0.014
Error	3	0.008538	0.002846		
Total	7	0.206787			

La tabla 55 se observa el análisis de varianza para la C.E., donde se muestra un valor de p igual a 0.014 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost

Probabilidad

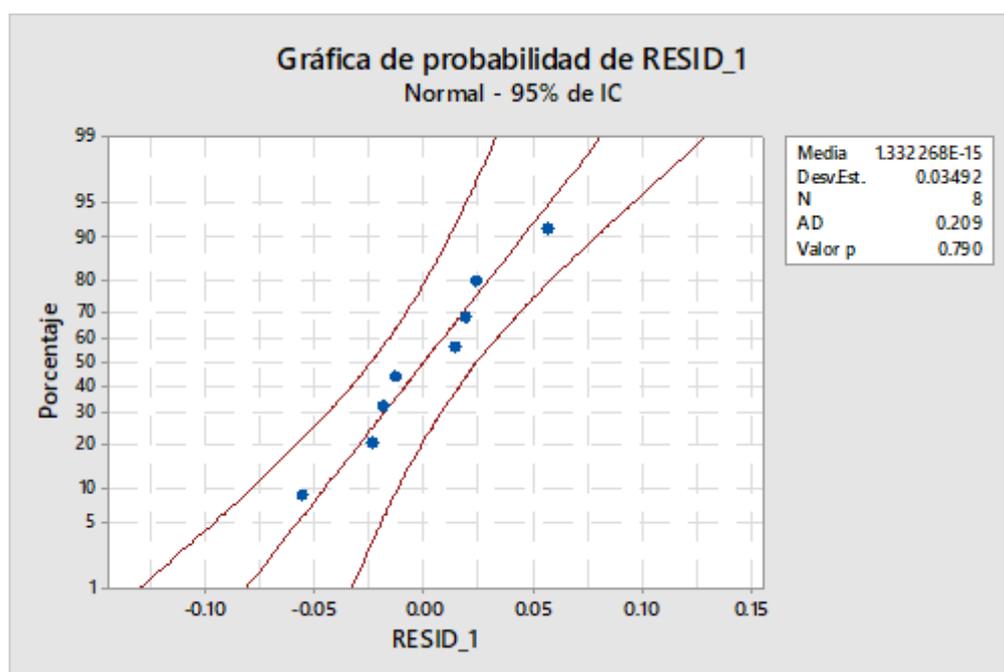


Figura 35. Gráfica de probabilidad para la C.E.

La figura 35 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos de la C.E., donde se observa un valor de p igual a 0.790, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra de la C.E. provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para la C.E.

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 56. *Comparaciones para la C.E.*

Tamaño	N	Media	Agrupación	
25	2	5.485	A	
35	2	5.355	A	B
15	2	5.145	B	

La tabla 56 se observa las comparaciones para la C.E. mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene una C.E. de 5.145 y a un tamaño de 25 mm se tiene una C.E. de 5.485.

Modelo lineal general: %M.O. vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 57. *Análisis de varianza para el % M.O.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.01	0.007	0.92	0.409
Tamaño	3	2081.81	693.936	96212.94	0.000
Error	3	0.02	0.007		
Total	7	2081.84			

La tabla 57 se observa el análisis de varianza para el % M.O., donde se muestra un valor de p igual a 0.000 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

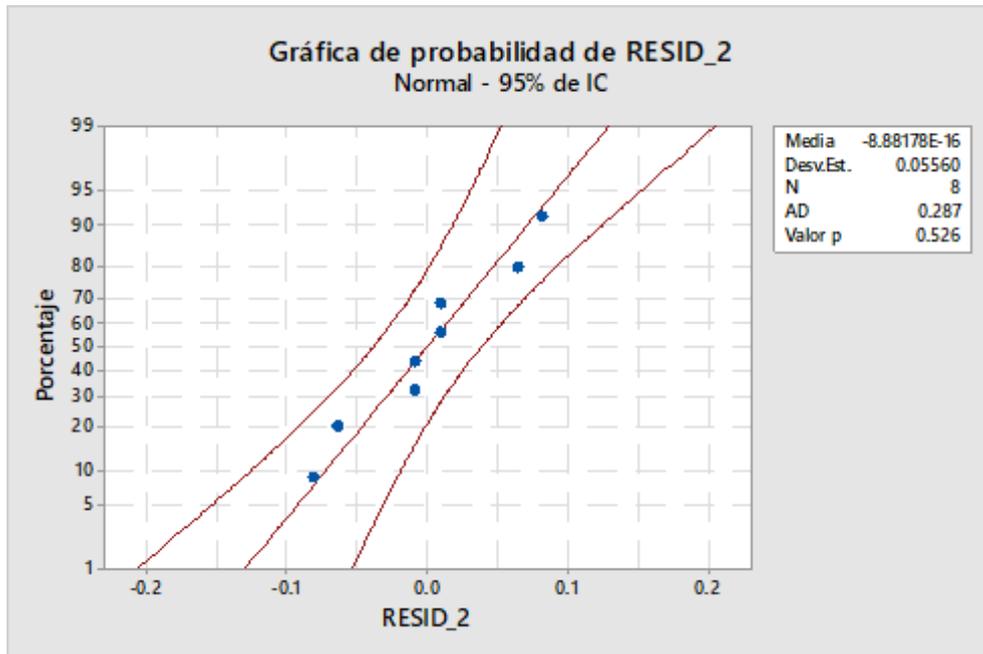


Figura 36. Grafica de probabilidad para él % M.O.

La figura 36 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del % M.O., donde se observa un valor de p igual a 0.526, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del % M.O. provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para él % M.O.

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 58. Comparaciones para el % M.O.

Tamaño	N	Media	Agrupación
15	2	56.855	A
35	2	48.970	B
25	2	45.590	C

La tabla 57 se observa las comparaciones para él % M.O. mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un % M.O. de 56.855 y a un tamaño de 25 mm se tiene un % M.O. de 45.590.

Modelo lineal general: %N vs. Bloque, Tamaño  
Análisis de Varianza

Tabla 59. *Análisis de varianza para el %N*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.002450	0.002450	2.41	0.218
Tamaño	3	0.460450	0.153483	150.97	0.001
Error	3	0.003050	0.001017		
Total	7	0.465950			

La tabla 59 se observa el análisis de varianza para el %N, donde se muestra un valor de p igual a 0.001 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

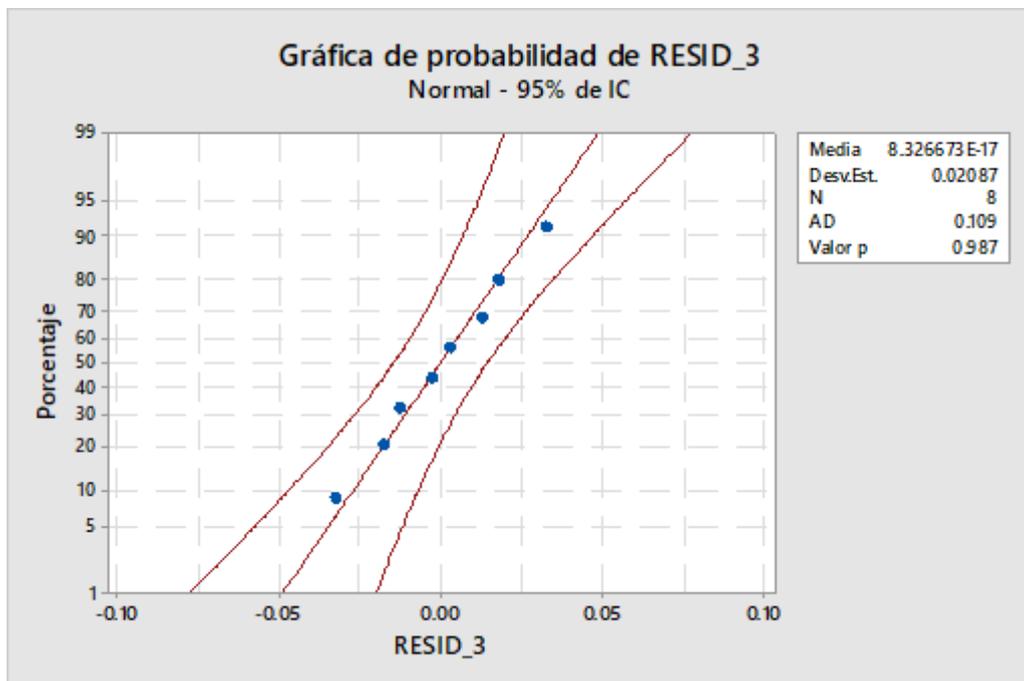


Figura 37. Gráfica de probabilidad para el %N

La figura 37 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del %N, donde se observa un valor de p igual a 0.987, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del %N provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para el %N

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 60. Comparaciones para el %N

Tamaño	N	Media	Agrupación
35	2	2.075	A
15	2	1.695	B
25	2	1.570	B

La tabla 60 se observa las comparaciones para el %N mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 25 mm se tiene un %N de 1.570 y a un tamaño de 35 mm se tiene un %N de 2.075.

Modelo lineal general: %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 61. Análisis de varianza para el %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.000113	0.000113	0.13	0.740
Tamaño	3	0.749038	0.249679	295.19	0.000
Error	3	0.002537	0.000846		
Total	7	0.751688			

La tabla 61 se observa el análisis de varianza para el %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, donde se muestra un valor de p igual a 0.000 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

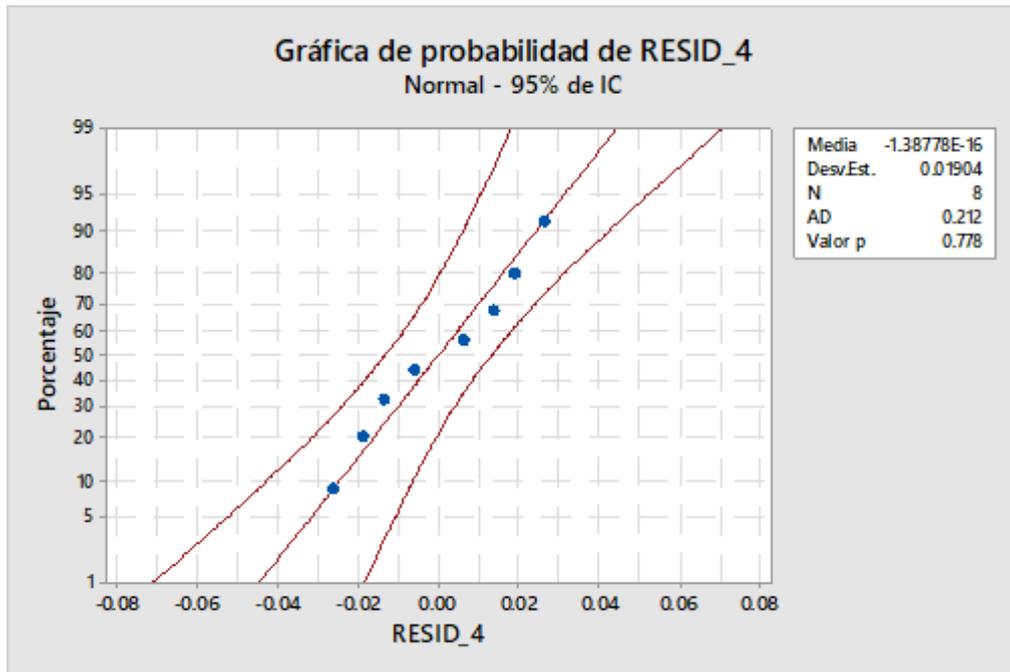


Figura 38. Gráfica de probabilidad para el %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

La figura 38 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, donde se observa un valor de p igual a 0.778, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 62. Comparaciones para el %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Tamaño	N	Media	Agrupación
35	2	1.510	A
25	2	0.930	B
15	2	0.705	C

La tabla 62 se observa las comparaciones para el %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 0.705 y a un tamaño de 35 mm se tiene un %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1.510.

Modelo lineal general: %K<sub>2</sub>O vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 63. Análisis de varianza para el %K<sub>2</sub>O

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.000050	0.000050	0.03	0.877
Tamaño	3	0.586650	0.195550	111.74	0.001
Error	3	0.005250	0.001750		
Total	7	0.591950			

La tabla 63 se observa el análisis de varianza para el %K<sub>2</sub>O, donde se muestra un valor de p igual a 0.001 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

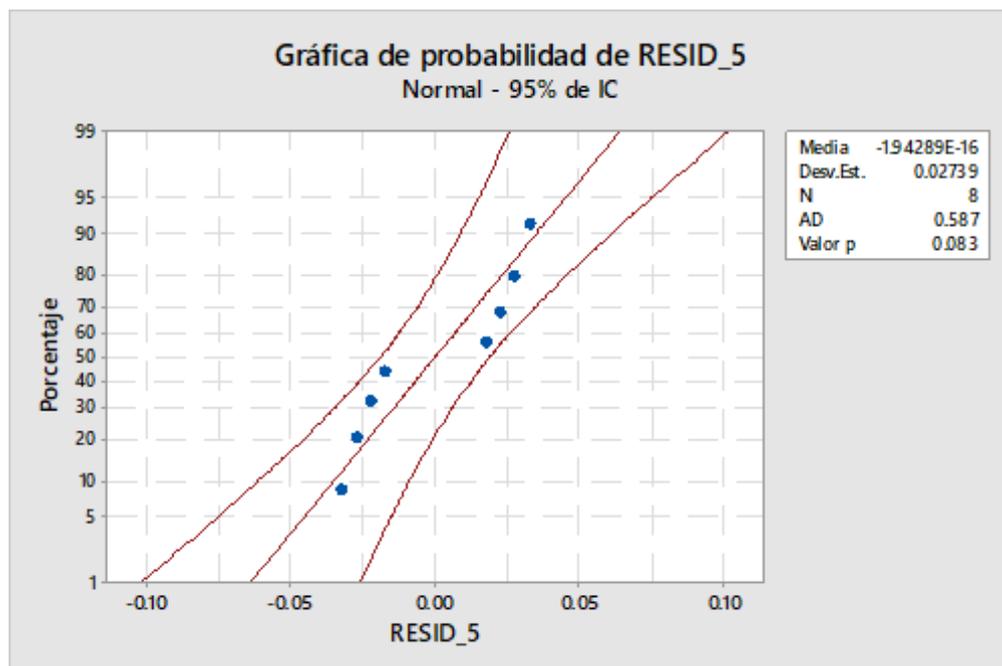


Figura 39. Grafica de probabilidad para el %K<sub>2</sub>O

La figura 39 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del %K<sub>2</sub>O, donde se observa un valor de p igual a 0.083, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del %K<sub>2</sub>O provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para %K<sub>2</sub>O

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 64. *Comparaciones para el %K<sub>2</sub>O*

Tamaño	N	Media	Agrupación
15	2	1.445	A
25	2	1.195	B
35	2	1.130	B

La tabla 64 se observa las comparaciones para el %K<sub>2</sub>O mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un %K<sub>2</sub>O de 1.445 y a un tamaño de 35 mm se tiene un %K<sub>2</sub>O de 1.130.

Modelo lineal general: %CaO vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 65. *Análisis de varianza para el %CaO*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.00031	0.000312	0.36	0.593
Tamaño	3	1.14344	0.381146	433.53	0.000
Error	3	0.00264	0.000879		
Total	7	1.14639			

La tabla 65 se observa el análisis de varianza para el %CaO, donde se muestra un valor de p igual a 0.000 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto

significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

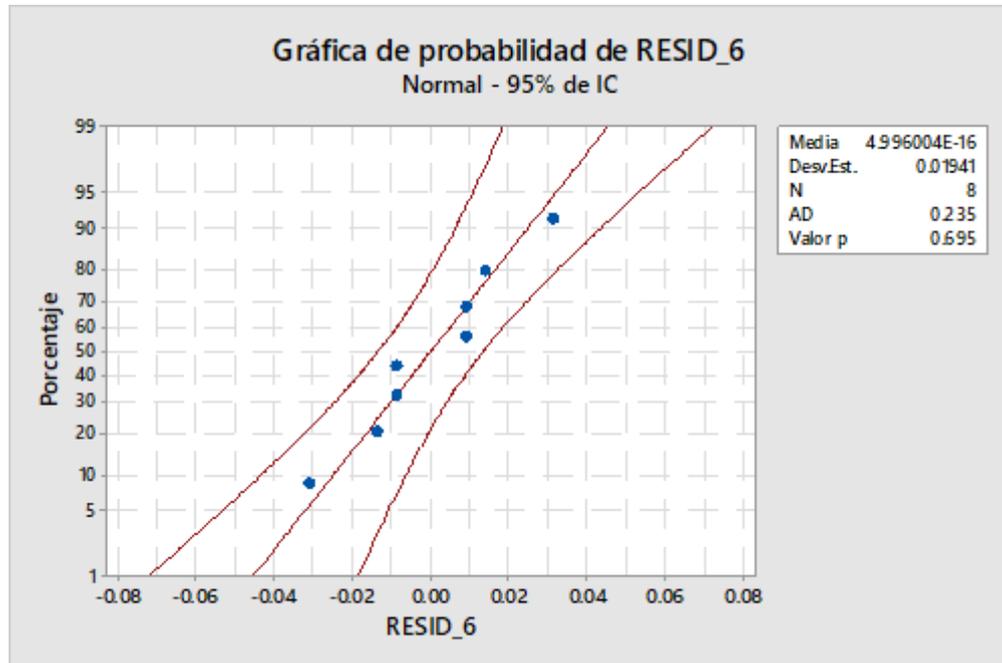


Figura 40. Gráfica de probabilidad para el %CaO

La figura 40 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del %CaO, donde se observa un valor de p igual a 0.695, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del %CaO provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para %CaO

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 66. Comparaciones para el %CaO

Tamaño	N	Media	Agrupación
25	2	4.255	A
35	2	4.140	A
15	2	3.725	B

La tabla 66 se observa las comparaciones para el %CaO mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un %CaO de 3.725 y a un tamaño de 25 mm se tiene un %CaO de 4.255.

Modelo lineal general: %MgO vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 67. Análisis de varianza para el %MgO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.000200	0.000200	0.21	0.675
Tamaño	3	0.137800	0.045933	49.21	0.005
Error	3	0.002800	0.000933		
Total	7	0.140800			

La tabla 67 se observa el análisis de varianza para el %MgO, donde se muestra un valor de p igual a 0.005 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

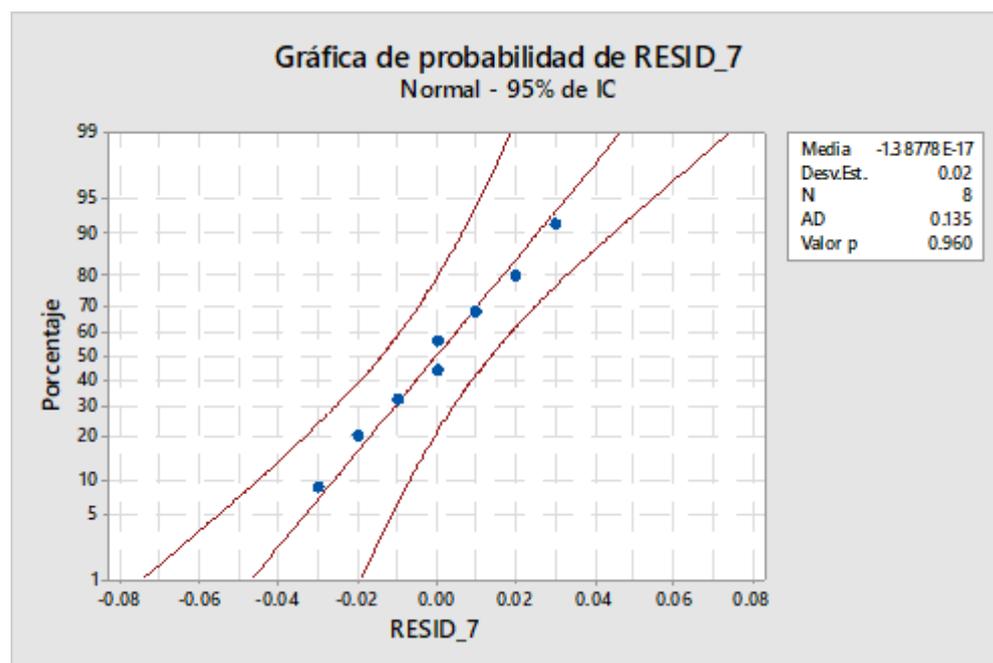


Figura 41. Grafica de probabilidad para el %MgO

La figura 41 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del %MgO, donde se observa un valor de p igual a 0.960, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del %MgO provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para %MgO

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 68. Comparaciones para el %MgO

Tamaño	N	Media	Agrupación
35	2	0.845	A
25	2	0.655	B
15	2	0.495	C

La tabla 68 se observa las comparaciones para el %MgO mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un %MgO de 0.495 y a un tamaño de 35 mm se tiene un %MgO de 0.845.

Modelo lineal general: % humedad vs. Bloque, Tamaño

Análisis de Varianza

Tabla 69. Análisis de varianza para el % humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.095	0.095	1.52	0.305
Tamaño	3	570.830	190.277	3056.86	0.000
Error	3	0.187	0.062		
Total	7	571.112			

La tabla 69 se observa el análisis de varianza para el % humedad, donde se muestra un valor de p igual a 0.000 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un

efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

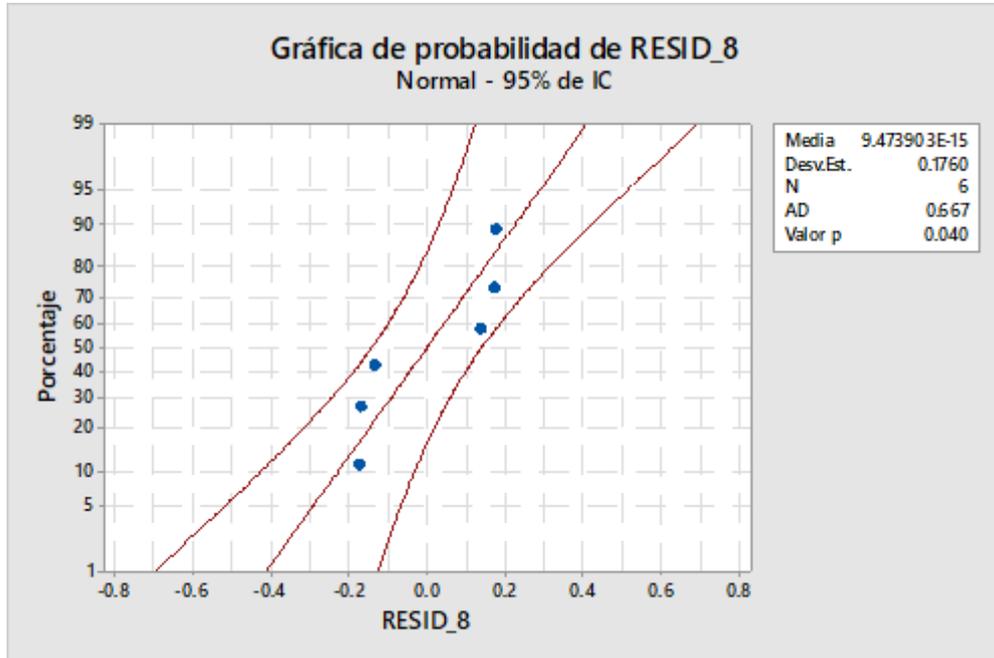


Figura 42. Gráfica de probabilidad para el % humedad

La figura 42 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del % humedad, donde se observa un valor de p igual a 0.054, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del % humedad provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para % humedad

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 70. Comparaciones para el % humedad

Tamaño	N	Media	Agrupación
35	2	46.935	A
25	2	42.660	B
15	2	37.475	C

La tabla 70 se observa las comparaciones para el % humedad mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un % humedad de 37.475 y a un tamaño de 35 mm se tiene un % humedad de 46.935.

Modelo lineal general: %Na vs. Bloque, Tamaño  
Análisis de Varianza

Tabla 71. Análisis de varianza para el %Na

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	1	0.000113	0.000113	0.46	0.547
Tamaño	3	0.018038	0.006013	24.46	0.013
Error	3	0.000737	0.000246		
Total	7	0.018888			

La tabla 71 se observa el análisis de varianza para el %Na, donde se muestra un valor de p igual a 0.013 para la fuente de tamaño, este valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, se afirma que hay un efecto significativo para el tamaño de los residuos sólidos en la generación del compost.

Probabilidad

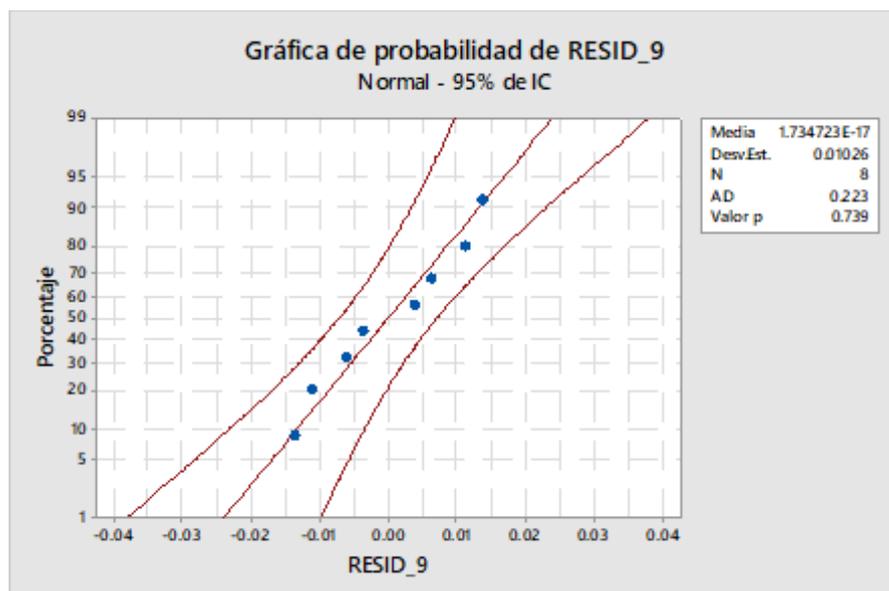


Figura 43. Grafica de probabilidad para él %Na

La figura 43 se observa la gráfica de probabilidad de los residuos del %Na, donde se observa un valor de p igual a 0.739, siendo un valor superior al nivel de significancia de 0.05. Por ende, afirmamos que nuestros datos con respecto a la toma de muestra del %Na provienen de una población normal y no se presentan datos atípicos.

Comparaciones para %Na

Comparaciones por parejas de Tukey: Tamaño

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tabla 72. Comparaciones para el %Na

Tamaño	N	Media	Agrupación	
25	2	0.225	A	
35	2	0.170	A	B
15	2	0.120	B	

La tabla 72 se observa las comparaciones para el %Na mediante el método de Tukey, donde a un tamaño de 15 mm se tiene un %Na de 0.120 y a un tamaño de 25 mm se tiene un %Na de 0.225.

### **Contrastación de la hipótesis específica 1**

Ho: La composición del compost generado a partir de los residuos sólidos municipales en la provincia de Chupaca en el año 2021 no presenta una influencia significativamente.

Ha: La composición del compost generado a partir de los residuos sólidos municipales en la provincia de Chupaca en el año 2021 presenta una influencia significativamente.

Observando el análisis de varianza de cada parámetro analizado de la composición del compost generado, se observa que todos los valores de p de cada parámetro analizado son menores al valor de significancia de 0.05, por ende, afirmamos que la composición del compost generado a partir de

los residuos sólidos municipales en la provincia de Chupaca en el año 2021 presenta una influencia significativamente

### **Contrastación de la hipótesis específica 2**

Ho: La variación del tamaño de partícula no da una mejor generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021.

Ha: La variación del tamaño de partícula da una mejor generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021

Para la contrastación de la hipótesis de que la variación del tamaño de partícula da una mejor generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021 se utilizó el análisis de varianza del diseño DBCA con una comparación de Tukey.

Como se observó en las tablas de análisis de varianza de cada indicador evaluado en la calidad del compost, se tuvo un valor de p de 0.000 para los diferentes tamaños de RR.SS., dicho valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna de que la variación del tamaño de partícula da una mejor generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021.

Para las demás hipótesis también se observa una influencia significativa tanto en la composición del compost generado a partir de los residuos sólidos municipales en la provincia de Chupaca en el año 2021 y el tiempo de generación de compost partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021.

### **Contrastación de la hipótesis específica 3**

Ho: El tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021 no afecta significativamente.

Ha: El tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021 afecta significativamente.

Observando el análisis de varianza y los resultados obtenidos en el desarrollo experimental podemos notar un efecto significativo, por ende, afirmamos el tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca en el año 2021 afecta significativamente.

#### **Contrastación de la hipótesis general**

Ho: El potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca,2021 no es provechoso para la agricultura.

Ha: El potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca,2021 es provechoso para la agricultura.

Observando análisis de varianza de cada indicador evaluado en la calidad del compost, se tuvo un valor de p de 0.000 para los indicadores del compost, dicho valor es menor al de significancia de 0.05, por lo tanto, afirmamos que el potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca,2021 es provechoso para la agricultura.

#### 4.3. Discusión de resultados

La composición del compost generado a partir de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca, con la variación de tamaño se observó diferentes valores para un tamaño de 0 mm se tuvo pH de 8.29, C.E. de 5.56 dS/m, M.O. de 86.41 %, N de 1.43 %,  $P_2O_5$  de 0.85 %,  $K_2O$  de 1.82 %,  $CaO$  de 3.295 %,  $MgO$  de 0.565 %, humedad de 60.265 % y Na de 0.24 %. Para un tamaño de 15 mm se tuvo pH de 7.27, C.E. de 5.145 dS/m, M.O.

de 56.855 %, N de 1.695 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 0.705 %, K<sub>2</sub>O de 1.445 %, CaO de 3.725 %, MgO de 0.495 %, humedad de 37.475 % y Na de 0.12 %. Para un tamaño de 25 mm se tuvo pH de 7.895, C.E. de 5.485 dS/m, M.O. de 45.59 %, N de 1.57 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 0.93 %, K<sub>2</sub>O de 1.195 %, CaO de 4.255 %, MgO de 0.655 %, humedad de 42.66 % y Na de 0.225 %. Para un tamaño de 35 mm se tuvo pH de 8.035, C.E. de 5.355 dS/m, M.O. de 48.97 %, N de 2.075 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1.51 %, K<sub>2</sub>O de 1.13 %, CaO de 4.14 %, MgO de 0.845 %, humedad de 46.935 % y Na de 0.17 %. Donde se observa que el pH estuvo en el rango de 7.27 – 8.29, C.E. de 5.56 dS/m – 5.145 dS/m, M.O. de 86.51 % - 45.59 %, N de 2.075 % - 1.43 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1.51 % - 0.705 %, K<sub>2</sub>O de 1.82 % - 1.13 %, CaO de 4.14 % - 3.295 %, MgO de 0.845 % - 0.495 %, humedad de 60.265 % - 37.475 % y Na de 0.24 % - 0.12 %. De manera similar Bailón y Florida (51), trabajaron el proceso de compostaje obteniendo valores similares a nuestros resultados, donde trabajaron con RR.SS. municipales obteniendo un pH de  $8.13 \pm 1.27$ , M.O. de  $36.84 \% \pm 8.84$ , N de  $1.43 \% \pm 0.16$ , P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de  $1.57 \% \pm 0.44$ , humedad de  $32.28 \% \pm 19.24$  y Na de  $0.65 \% \pm 0.49$ . Manju (20), también obtuvo la composición del compost de manera similar a nuestra investigación y a la de Bailón, debido a que la composición física de los residuos sólidos municipales son similares en todo el mundo. En la determinación de la influencia del tamaño de partícula de los residuos sólidos en la generación de compost a partir de los residuos sólidos, se muestran variaciones de pH de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un pH de 8.29, a un tamaño de 15 mm se tuvo un pH de 7.27, a un tamaño de 25 mm se tuvo un pH de 7.895, a un tamaño de 35 mm se tuvo un pH de 8.035. De acuerdo a las normas de la NTC que tiene un rango de pH de 4 - 9, NCh 2880 clase A de un pH de 5 – 7.5, clase B pH de < 5 - >7.5, OMS de un pH de 6 – 9 y la del IIAP de un pH de 7 – 8.3. observando todas estas normas técnicas de la calidad de un buen compost podemos apreciar que todos los resultados obtenidos están dentro de los límites estipulados por aquellas normas. De acuerdo a Ayilara et al (52) el pH de los materiales que se compostan afecta la tasa de compostaje. Se ha informado que el pH alcalino es el mejor para

el compostaje. Cuando el pH es ácido, el compostaje es muy lento porque los microorganismos se destruyen. Según Chan et al (40), el pH adecuado puede proporcionar condiciones fisiológicas cómodas para el crecimiento de microorganismos. El cambio de pH puede afectar el proceso normal de compostaje; por lo tanto, el control efectivo del pH es fundamental para el compostaje. Generalmente, el valor de pH entre 7,5 y 8,5 es el mejor para el compostaje. La materia prima, como los residuos de alimentos, que pueden tener un pH inicial bajo, tendrá un efecto inhibitorio sobre el proceso de degradación microbiana creando la denominada condición de compostaje acidotermofílico, lo que dará como resultado un proceso de descomposición lento. La adición de materiales alcalinos como cal, cenizas volantes de carbón puede ser necesaria para rectificar la condición inicial del pH y facilitar la formación de la población microbiana para el proceso de descomposición posterior. Además, a un tamaño de 15 mm se tiene un pH menor de 7.27, siendo el más cercano a un pH neutro, de esa manera siendo un indicador de calidad para el compost, según las normas técnicas estipuladas anteriormente.

Para la conductividad eléctrica se muestran variaciones de la C.E. de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo una C.E. de 5.56 dS/m, a un tamaño de 15 mm se tuvo una C.E. de 5.145 dS/m, a un tamaño de 25 mm se tuvo una C.E. de 5.485 dS/m, a un tamaño de 35 mm se tuvo una C.E. de 5.355 dS/m. Con respecto a la conductividad eléctrica del compost no se observa una diferencia significativa ya que solo hay una diferencia del 0.25 siendo un valor mínimo, pero nuestra conductividad eléctrica está dentro de los indicadores estipulados por las normas de la calidad del compost. Según Jalalipor et al (22) la conductividad eléctrica (CE) generalmente se mide en el suelo y el compost para estimar la salinidad del medio de crecimiento. La CE es una propiedad química importante para los usuarios finales de los productos de compost debido a los efectos tóxicos que puede tener sobre el crecimiento de las plantas. La adición de compost con alta CE al suelo aumenta la acumulación de sal en la zona de las raíces e inhibe la absorción de agua

por las raíces. De esa manera podemos afirmar que la CE de nuestro compost obtenido está en el rango de 3 dS/m – 8 dS/m estipulado por la NCh 2880 y afirmo que es un compost de calidad.

Para el porcentaje de materia orgánica se muestran variaciones de % M.O. de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % M.O. de 86.51, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % M.O. de 56.855, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % M.O. de 45.59, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % M.O. de 48.97. observando así que hubo una variación aproximada del 35 % con respecto al blanco. Todos nuestros porcentajes de M.O. están dentro de los requisitos o límites de las normas técnicas para una buena calidad de compost. Donde a un tamaño de 25 mm se tiene un % M.O. de 45.59, siendo el más cercano a los requerimientos de las normas de calidad de la NCh 2880 de la clase B de un compost de calidad y a un tamaño de 15 mm y 35 mm a los requerimientos de las normas de calidad de la NCh 2880 de la clase A. De acuerdo a Bailón et al. (51) el pH y la MO son indicadores fundamentales que definen la reactividad y una serie de procesos químicos ligados a los grupos funcionales de la MO, definiendo en gran medida la calidad del compost, por tanto se clasifican en la clase B según la NCh 2880.

Para el porcentaje de nitrógeno se muestran variaciones del % N de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % N de 1.43, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % N de 1.695, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % N de 1.57, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % N de 2.075. Siendo óptimos todos los porcentajes de nitrógeno obtenidos a partir de nuestra investigación que concuerdan con las normas técnicas de la calidad de compost estipulados anteriormente. Ayilara et al. (52) el nitrógeno es uno de los elementos más importantes para el crecimiento de las plantas cuando existe una deficiencia del mismo. El crecimiento y desarrollo de las plantas se ve afectado. El nitrógeno es un componente importante de la clorofila y es responsable del color verde de las plantas. Se ha informado que el compost contiene un contenido óptimo de N requerido para el crecimiento de las plantas. De acuerdo a Loks et al.

(53) la alta acumulación de nitrógeno en el fertilizante para compost no es una ocurrencia común porque debido a la mineralización, los nutrientes en el fertilizante para compost se liberan gradualmente. El exceso de nitrógeno en las plantas debido a la aplicación excesiva de fertilizantes puede resultar en un crecimiento rápido, un color verde brillante y un sistema de raíces disminuido. En casos extremos, el exceso de nitrógeno puede provocar la quema del tejido foliar y la muerte de la planta. La deficiencia de nitrógeno provoca una pérdida del color verde de las hojas, retraso en el crecimiento, bajo contenido de proteínas y coloración amarilla.

Para el porcentaje de humedad se muestran variaciones del % humedad de acuerdo a los tamaños de los residuos sólidos, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo un % humedad de 60.265, a un tamaño de 15 mm se tuvo un % humedad de 37.475, a un tamaño de 25 mm se tuvo un % humedad de 42.66, a un tamaño de 35 mm se tuvo un % humedad de 46.935. donde a un tamaño de 15 mm se tiene un % de humedad de 37.475, el cual está en los límites estipulados por la norma de NCh 2880 de la clase B que va de 25 % - 40 % y los tamaños de 25 mm con un % de humedad de 42.66, tamaño de 35 mm con un % de humedad de 46.935 están dentro de los límites para una buena calidad del compost estipulado por la OMS que va de 30 % - 50 %. Según Ayilara et al. (52) afirma que la humedad es un factor clave que apoya las actividades metabólicas de los microbios. El contenido de humedad de los materiales de compostaje debe mantenerse entre el 40% y el 60%. Por ende, puedo afirmar que el porcentaje de humedad del compost obtenido a partir de diferentes tamaños de RR.SS. están dentro de los estipulado por las normas ya mencionadas y por el autor Ayilara. También afirma que el metabolismo de moléculas orgánicas por microorganismos solo es posible cuando dichas moléculas orgánicas se han disuelto en agua. La humedad disminuye a medida que avanza el proceso de compostaje.

Los macronutrientes de  $P_2O_5$  de 1.51 % - 0.705 %,  $K_2O$  de 1.82 % - 1.13 %,  $CaO$  de 4.14 % - 3.295 %,  $MgO$  de 0.845 % - 0.495 % y  $Na$  de 0.24 % - 0.12 % muestran una diferencia significativa entre los diferentes compost

evaluados a distintos tamaños. Resultados similares obtuvieron Zhao et al. (11), Rawat et al. (20), Stebbins (54), Verma et al. (12), Abbey et al. (13), Zhang et al. (14), Sardamehni et al. (15) y están dentro de los parámetros exigidos por la NTC y la NCh 2880, que exigen para estos indicadores valores mayores a 1 %.

Como se pudo apreciar existen diferencias significativas en todos los indicadores de calidad de un buen compost de acuerdo al tamaño, según Mirsa et al. (55) Las mejores condiciones de compostaje generalmente se alcanzan cuando el tamaño de partícula del material varía de 1 a 2 pulgadas de diámetro. Este tamaño genera una mayor superficie, lo que ayuda a incrementar la actividad microbiana así como el proceso de compostaje. La velocidad a la que tiene lugar la descomposición aeróbica aumenta a medida que disminuye el tamaño de las partículas. Sin embargo, las partículas extremadamente pequeñas pueden reducir el movimiento de oxígeno dentro de la pila, reduciendo así la tasa de compostaje. Además, el tamaño de partícula diminuto fomenta la retención de humedad y reduce el espacio de aire, lo que conduce a una disminución en el proceso de compostaje. Los materiales orgánicos degradables con textura dura, alta lignina o textura suave generalmente se compostan lentamente. Según Rastogi et al. (4) el tamaño de las partículas en la masa del compost asegura el nivel de porosidad, para asegurar una aireación adecuada y regular el intercambio gas/agua. Un tamaño y forma de partícula adecuados es un factor importante para estimar los costos operativos del proceso. Ge et al. (41), señaló, el tamizado como método fundamental para determinar la distribución óptima del tamaño de partícula en una masa de compost. Se puede lograr un tamaño de partícula apropiado triturando y picando los desechos en trozos más pequeños. Esto asegura una superficie más disponible para una mejor actividad microbiana durante el compostaje, lo que resulta en una degradación rápida. Un tamaño de partícula pequeño (en comparación con el normal) instigó la compactación inicial de la materia prima, desarrollando un riesgo posterior de prevalencia de condiciones anaeróbicas más tarde (debido a la obstrucción de los pequeños espacios de aire con agua).

Mientras que, las partículas más grandes procesaron un área de superficie más pequeña, siendo menos accesibles para la acción microbiana y desarrollaron grandes bolsas de aire que disminuyeron la temperatura de la matriz, lo que resultó en una descomposición más lenta de la materia orgánica (12).

Para nuestro proceso de compostaje se trabajó a 24 días pero el tiempo óptimo para el blanco fue a los 16 días, para el tratamiento 1 de un tamaño de 15 mm fue a los 18 días, para el tratamiento 2 de un tamaño de 25 mm fue a los 19 días y para el tratamiento 3 de un tamaño de 35 mm fue a los 17 días. De manera similar se observa en Martínez (24) quien trabajo con un tiempo de 55 días pero el tiempo optimo fue a los 45 días.

Según el MINAM (56) para hallar la generación per cápita de los residuos sólidos municipales de la provincia de Chupaca se hizo uso de la guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales, donde la generación per cápita domiciliaria fue de 0.50 Kg/hab/día, la generación total domiciliaria fue de 10.214 Ton/día, la generación total no domiciliaria fue de 3.6 Ton/día, la generación total municipal fue de 13.892 Ton/día y la generación per cápita municipal fue de 0.680 kg/día. La densidad total de los residuos sólidos tanto domiciliarios como no domiciliarios fueron 114.78 Kg/m<sup>3</sup> y 120.89 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente y la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, donde el 55.38 % representa los residuos orgánicos y el 26.25 % representa los residuos no reaprovechables. De manera similar Llave (26) quien determino el potencial de la generación de compost a partir de los residuos sólidos de la provincia de Espinar, obtuvo una generación de RR.SS. de un valor de 24 401.4 Kg/día y un total de residuos per cápita igual a 0.67 kg/hab/día, también obtuvo un 50.22 % de residuos sólidos orgánicos compostables, 44.84 % Residuos sólidos inorgánicos y 4.94 % residuos sólidos orgánicos no compostables.

## CONCLUSIONES

Se determinó el potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos en la provincia de Chupaca, donde la generación per cápita domiciliaria fue de 0.50 Kg/hab/día, la generación total domiciliaria fue de 10.214 Ton/día, la generación total no domiciliaria fue de 3.6 Ton/día, la generación total municipal fue de 13.892 Ton/día y la generación per cápita municipal fue de 0.680 kg/día. La densidad total de los residuos sólidos tanto domiciliarios como no domiciliarios fueron 114.78 Kg/m<sup>3</sup> y 120.89 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente y la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, donde el 55.38 % representa los residuos orgánicos y el 26.25 % representa los residuos no reaprovechables.

Se determinó la composición del compost generado a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca, donde se tuvo un pH que estuvo en el rango de 7.27 – 8.29, C.E. de 5.56 dS/m – 5.145 dS/m, M.O. de 86.51 % - 45.59 %, N de 2.075 % - 1.43 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1.51 % - 0.705 %, K<sub>2</sub>O de 1.82 % - 1.13 %, CaO de 4.14 % - 3.295 %, MgO de 0.845 % - 0.495 %, humedad de 60.265 % - 37.475 % y Na de 0.24 % - 0.12 %.

Se determinó la influencia del tamaño de partícula de los residuos sólidos en la generación de compost a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca, donde a un tamaño de 0 mm se tuvo pH de 8.29, C.E. de 5.56 dS/m, M.O. de 86.41 %, N de 1.43 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 0.85 %, K<sub>2</sub>O de 1.82 %, CaO de 3.295 %, MgO de 0.565 %, humedad de 60.265 % y Na de 0.24 %. Para un tamaño de 15 mm se tuvo pH de 7.27, C.E. de 5.145 dS/m, M.O. de 56.855 %, N de 1.695 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 0.705 %, K<sub>2</sub>O de 1.445 %, CaO de 3.725 %, MgO de 0.495 %, humedad de 37.475 % y Na de 0.12 %. Para un tamaño de 25 mm se tuvo pH de 7.895, C.E. de 5.485 dS/m, M.O. de 45.59 %, N de 1.57 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 0.93 %, K<sub>2</sub>O de 1.195 %, CaO de 4.255 %, MgO de 0.655 %, humedad de 42.66 % y Na de 0.225 %. Para un tamaño de 35 mm se tuvo pH de 8.035, C.E. de 5.355 dS/m, M.O. de 48.97 %, N de 2.075 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1.51 %, K<sub>2</sub>O de 1.13 %, CaO de 4.14 %, MgO de 0.845 %, humedad de 46.935 % y Na de 0.17 %.

Se determinó el tiempo de generación de compost a partir de los residuos sólidos en la provincia de Chupaca, para nuestro proceso de compostaje se trabajó a 24 días pero el tiempo óptimo para el blanco fue a los 16 días, para el tratamiento 1 de un tamaño de 15 mm fue a los 18 días, para el tratamiento 2 de un tamaño de 25 mm fue a los 19 días y para el tratamiento 3 de un tamaño de 35 mm fue a los 17 días.

## RECOMENDACIONES

Dar a conocer los resultados obtenidos a las autoridades pertinentes, para poder desarrollar el proyecto a gran escala.

Utilizar el compost generado a partir de los residuos sólidos municipales como enmiendas orgánicas y recuperación de suelos degradados.

Trabajar con los mismos tamaños de RR.SS. pero controlando la humedad y temperatura del proceso.

Minimizar los tiempos de generación de compost con la utilización de aditivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) JODAR, J. R., N. RAMOS, J. A. CARREIRA, R. PACHECO a A. FERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ. Quality assessment of compost prepared with municipal solid waste. *Open Engineering* [online]. 2017, **7**(1), 221–227. ISSN 23915439. Dostupné z: doi:10.1515/eng-2017-0028
- (2) DA SILVA, Carlos Henrique Corrêa, Fernanda Cipriano ROCHA a Lusimar Lamarte Gonzaga Galindo DA SILVA. Production of organic compost from different plant waste generated in the management of a green urban space. *Revista Ciencia Agronomica* [online]. 2018, **49**(4), 558–565. ISSN 18066690. Dostupné z: doi:10.5935/1806-6690.20180063
- (3) BABU, Renju, Patricia M. PRIETO VERAMENDI a Eldon R. RENE. Strategies for resource recovery from the organic fraction of municipal solid waste. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* [online]. 2021, **3**(December 2020), 100098. ISSN 26660164. Dostupné z: doi:10.1016/j.cscee.2021.100098
- (4) RASTOGI, Mansi, Meenakshi NANDAL a Babita KHOSLA. Microbes as vital additives for solid waste composting. *Heliyon* [online]. 2020, **6**(2), e03343. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03343
- (5) ALBERTO, Felix. *Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura* [online]. 2021 [vid. 2021-08-04]. Dostupné z: <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura#:~:text=País-,Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura,la generación de residuos sólidos.&text=Lo que equivale a 0.8,residuos por persona al día.>
- (6) MPCH. Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales-MPCH-2020. 2020, 1–89.
- (7) JAIN, Mayur Shirish, Mohit DAGA a Ajay S. KALAMDHAD. Variation in the key indicators during composting of municipal solid organic wastes. *Sustainable Environment Research* [online]. 2019, **1**(1), 1–8. ISSN 24682039.

Dostupné z: doi:10.1186/s42834-019-0012-9

- (8) GUNARUWAN, T. Lalithasiri a W. Neluka GUNASEKARA. Management of Municipal Solid Waste in Sri Lanka: A Comparative Appraisal of the Economics of Composting. *NSBM Journal of Management* [online]. 2016, **2**(1), 27. ISSN 2465-5643. Dostupné z: doi:10.4038/nsbmjmv2i1.19
- (9) CHEN, Tianming, Shiwen ZHANG a Zengwei YUAN. Adoption of solid organic waste composting products: A critical review. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2020, **272**, 122712. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2020.122712
- (10) BERNAL, M. P., J. A. ALBURQUERQUE a R. MORAL. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* [online]. 2009, **100**(22), 5444–5453. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2008.11.027
- (11) ZHAO, Gui-hong, Yan-ling YU, Xiang-tong ZHOU, Bin-yu LU, Zi-mu LI a Yu-jie FENG. Effects of drying pretreatment and particle size adjustment on the composting process of discarded flue-cured tobacco leaves [online]. 2017, (73), 1–7. Dostupné z: doi:10.1177/0734242X17690448
- (12) VERMA, S Lata a P MARSCHNER. Compost effects on microbial biomass and soil P pools as affected by particle size and soil properties. 2013, **13**(2), 313–328.
- (13) ABBEY, Lord, Raphael OFOE, Lokanadha Rao GUNUPURU a Mercy IJENYO. Variation in frequency of CQA-tested municipal solid waste compost can alter metabolites in vegetables. *Food Research International* [online]. 2021, **143**, 110225. ISSN 18737145. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2021.110225
- (14) ZHANG, Lu a Xiangyang SUN. Influence of bulking agents on physical , chemical , and microbiological properties during the two-stage composting of green waste. *WASTE MANAGEMENT* [online]. 2015. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2015.11.032

- (15) SARDARMEHNI, Mojtaba, James W. LEVIS a Morton A. BARLAZ. What Is the Best End Use for Compost Derived from the Organic Fraction of Municipal Solid Waste? *Environmental Science and Technology* [online]. 2021, **55**(1), 73–81. ISSN 15205851. Dostupné z: doi:10.1021/acs.est.0c04997
- (16) LĂCĂTUȘU, Radu, Romeo CĂPĂȚĂNĂ a Anca-Rovena LĂCĂTUȘU. Composite Compost Produced from Organic Waste. *Present Environment and Sustainable Development* [online]. 2016, **10**(2), 43–50. ISSN 1843-5971. Dostupné z: doi:10.1515/pesd-2016-0024
- (17) ZEIN, Aya El. Moisture Content and Thermal Balance During Composting of Fish, Banana Mulch & Municipal Solid Wastes. *European Scientific Journal*. 2015, **11**(5), 169–187. ISSN 1857-7881.
- (18) ANDRADE, Francine Conceição, Tatiane Cristina DAL BOSCO, Roger Nabeyama MICHELS, Claudio BRIGANO a Esmael Lopes dos SANTOS. <b>Treatment of organic solid waste generated at agricultural research corporation via composting under natural and controlled conditions. *Acta Scientiarum. Technology* [online]. 2018, **40**(1), 29643. ISSN 1806-2563. Dostupné z: doi:10.4025/actascitechnol.v40i1.29643
- (19) CIVEIRA, Gabriela. Influence of Municipal Solid Waste Compost on Soil Properties and Plant Reestablishment in Peri-Urban Environments. *Chilean journal of agricultural research* [online]. 2010, **70**(3), 446–453. ISSN 0718-5839. Dostupné z: doi:10.4067/s0718-58392010000300012
- (20) RAWAT, Manju, AL. RAMANATHAN a T. KURIAKOSE. Characterisation of Municipal Solid Waste Compost (MSWC) from Selected Indian Cities—A Case Study for Its Sustainable Utilisation. *Journal of Environmental Protection* [online]. 2013, **04**(02), 163–171. ISSN 2152-2197. Dostupné z: doi:10.4236/jep.2013.42019
- (21) KOZLOV, Grigorii, Mikhail PUSHKAREV, Dmitry DANILOVICH a Alexander GARABADZHIU. Technologically significant properties of municipal solid waste compost. *E3S Web of Conferences* [online]. 2020, **175**.

ISSN 22671242. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/202017512015

- (22) JALALIPOUR, Haniyeh, Neematollah JAAFARZADEH, Gert MORSCHECK, Satyanarayana NARRA a Michael NELLES. Potential of producing compost from source-separated municipal organic waste (A case study in Shiraz, Iran). *Sustainability (Switzerland)* [online]. 2020, **12**(22), 1–17. ISSN 20711050. Dostupné z: doi:10.3390/su12229704
- (23) DAMIÁN ACUÑA, Lily. Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, 2018. *Universidad César Vallejo*. 2018.
- (24) MARTINEZ, Galindo. *Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos orgánicos vegetales del mercado de frutas Tingo María*. B.m., nedaováno. Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- (25) OLAZABAL, Maria. *Determinación del potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos municipales en el distrito de Paucarpata*. B.m., 2019. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- (26) LLAVE, Esteban. *Determinación del potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales en el distrito de Yauri; provincia de Espinar*. B.m., 2018. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- (27) GOORHUIS, Maarten. *Developments in Collection of Municipal Solid Waste* [online]. B.m.: Elsevier Inc., 2014. ISBN 9780123965066. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-396459-5.00026-X
- (28) OECD. OECD Factbook 2011-2012: Economic, Environmental and Social Statistics. *OECD Publishing*. 2011.
- (29) UNION, European. Council directive 1999/31/EC on the Landfill of waste. 1999.
- (30) EUROSTAT. *Glossary: Municipal waste*.

- (31) MILLATI, Ria, Rochim Bakti CAHYONO, Teguh ARIYANTO, Istna Nafi AZZAHRANI, Rininta Utami PUTRI a Mohammad J. TAHERZADEH. *Agricultural, industrial, municipal, and forest wastes: An overview* [online]. B.m.: Elsevier B.V., 2019. ISBN 9780444642004. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-64200-4.00001-3
- (32) EPA. 2009 facts and figures municipal solid waste in the united Sates. *Environmental Protection Agency*. 2009.
- (33) BURKE, C. Shawn, Eduardo SALAS, Kimberly SMITH-JENTSCH a Michael A. ROSEN. Measuring macrocognition in teams: Some insights for navigating the complexities. *Macrocognition Metrics and Scenarios: Design and Evaluation for Real-World Teams* [online]. 2012, 29–43. Dostupné z: doi:10.1201/9781315593173-4
- (34) CHEN, Xudong, Yong GENG a Tsuyoshi FUJITA. An overview of municipal solid waste management in China. *Waste Management* [online]. 2010, **30**(4), 716–724. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2009.10.011
- (35) PERUANO. Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura. *Diario* [online]. 2021 [vid. 2021-11-09]. Dostupné z: <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura#:~:text=15%2F05%2F2021%20El%20Minam,la%20generaci%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos.&text=Lo%20que%20equivale%20a%200.8,por%20persona%20al%20d%C3%ADa>
- (36) FAO. Latin America and the Caribbean food and agriculture. *FAO statistical yearbook 2018*. 2018.
- (37) WANG, Quan, Mukesh Kumar AWASTHI, Zengqiang ZHANG a Jonathan W.C. WONG. *Sustainable composting and its environmental implications* [online]. B.m.: Elsevier B.V., 2019. ISBN 9780444642004. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-64200-4.00009-8
- (38) LEI, DP, WY HUANG a XH WANG. Effect of moisture content of substance on fermentation and heat production of cattle manure in aerobic composting.

*Journal of Ecology and Rural Environment*. 2011.

- (39) GAJALAKSHMI, S. a S. A. ABBASI. *Solid waste management by composting: State of the art* [online]. 2008. ISBN 1064338070141. Dostupné z: doi:10.1080/10643380701413633
- (40) CHAN, Man Ting, Ammaiappan SELVAM a Jonathan W.C. WONG. Reducing nitrogen loss and salinity during „struvite" food waste composting by zeolite amendment. *Bioresource Technology* [online]. 2016, **200**, 838–844. ISSN 18732976. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2015.10.093
- (41) GE, Jinyi, Guangqun HUANG, Jing HUANG, Jianfei ZENG a Lujia HAN. Modeling of oxygen uptake rate evolution in pig manure-wheat straw aerobic composting process. *Chemical Engineering Journal* [online]. 2015, **276**, 29–36. ISSN 13858947. Dostupné z: doi:10.1016/j.cej.2015.04.067
- (42) RUDNIK, Ewa. Composting methods and legislation. *Compostable Polymer Materials* [online]. 2019, 127–161. Dostupné z: doi:10.1016/b978-0-08-099438-3.00005-7
- (43) RAO, M N, Razia SULTANA a Sri Harsha KOTA. *Chapter 2 - Municipal Solid Waste BT - Solid and Hazardous Waste Management* [online]. 2017. ISBN 978-0-12-809734-2. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-809734-2.00002-X
- (44) ASTM D6400-12. Standard specification for labeling of plastics designed to be aerobically composted in municipal or industrial facilities. nedatováno.
- (45) PROFILLIDIS, V.A. a G.N. BOTZORIS. *Methods of Modeling Transport Demand* [online]. 2019. ISBN 9780128115138. Dostupné z: doi:10.1016/b978-0-12-811513-8.00003-0
- (46) CEGARRA, José. *Metodología de la investigación científica y tecnológica* [online]. 2004. ISBN 84-7978-624-8. Dostupné z: <https://www.freelibros.me/metodologia-de-la-investigacion/metodologia-de-la-investigacion-cientifica-y-tecnologica-jose-cegarra-sanchez>

- (47) AMIPARA, Brijesh, Arti D. GALGALE a Nirav G. SHAH. Enhanced Electrokinetic Remediation of Zinc Contaminated Soil by Changeover of Composite Electrolyte. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* [online]. 2021, **18**(2), 59–65. ISSN 18758568. Dostupné z: doi:10.3233/AJW210019
- (48) CAMESELLE, Claudio, Susana GOUVEIA a Adrian CABO. Enhanced electrokinetic remediation for the removal of heavy metals from contaminated soils. *Applied Sciences (Switzerland)* [online]. 2021, **11**(4), 1–12. ISSN 20763417. Dostupné z: doi:10.3390/app11041799
- (49) FIGUEROA, Arylein, Claudio CAMESELLE, Susana GOUVEIA a Henrik K. HANSEN. Electrokinetic treatment of an agricultural soil contaminated with heavy metals. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering* [online]. 2016, **51**(9), 691–700. ISSN 15324117. Dostupné z: doi:10.1080/10934529.2016.1170425
- (50) HERNANDEZ, Roberto, Carlos FERNANDEZ a Pilar BAPTISTA. *Metodología de la investigación*. 2014. ISBN 9788578110796.
- (51) BAILON, Marlon a Nelino FLORIDA. Characterization and quality of compost produced and marketed in Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE* [online]. 2021, **12**, 1–11. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.29019/enfoqueute.644
- (52) AYILARA, Modupe Stella, Oluwaseyi Samuel OLANREWAJU, Olubukola Oluranti BABALOLA a Olu ODEYEMI. Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability (Switzerland)* [online]. 2020, **12**(11), 1–23. ISSN 20711050. Dostupné z: doi:10.3390/su12114456
- (53) NA, Loks, W MANGGOEL, Daar JW, D MAMZING a Seltim BW. The effects of fertilizer residues in soils and crop performance in northern Nigeria : A review. 2014, **4**(9), 180–184.
- (54) STEBBINS, J Ryan. Evaluation of Composting of Municipal Solid Waste [online]. 2014. Dostupné

z: <http://oatd.org/oatd/record?record=oai%5C:digitalcommons.usu.edu%5C:etd-3123&aq=title%3A%28%28%22municipal%22%29%29%20AND%20%28waste%20OR%20wastes%29%29%20AND%20%28energy%20OR%20waste-to-energy%20OR%20bioenergy%20OR%20energetic%29>

- (55) MIRSA, R, R ROY a H HIRAOKA. On-farm composting methods. *Landwater Discussion*. 2003, **2**.
- (56) MINAM. Guía metodologica para el desarrollo del Estudio de Caracterizacion de Residuos Solidos Municipales (EC-RSM). *Ministerio del Ambiente*. 2013, **53**(9), 1689–1699. ISSN 1098-6596.

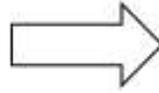
# **ANEXOS**

## Anexo 1

### Recolección de la materia prima



Materia prima



Recojo de la materia prima



Traslado de la materia  
prima



## Materiales para el proceso de compostaje



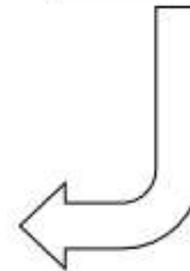
Acondicionamiento de los barriles para el proceso de compostaje



Materia orgánica 4 kg



Estiércol de vaca 2 Kg



Aserrín 0.6 kg

## Anexo 2

### Procedimiento para la obtención de compost



Llenado de materia orgánica a 4 kg



Llenado de heces de vaca a 2 kg



Llenado de aserrín a 0.6 kg



Mezclado de la materia orgánica, heces de vaca y aserrín



Cerrado de los recipientes



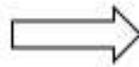
Almacenado de las cámaras de compostaje

### Anexo 3

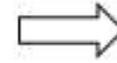
#### Toma de temperatura y mezclado del compost



Medición de la temperatura ambiente



Medición de la temperatura en los recipientes



Mezclado cada 2 días

## Anexo 4 Reportes



### INFORME DE ENSAYO N° 2-0102/21

Pag. 1/1

**Solicitante** : Katherine Clotilde Reyes Moya  
**Domicilio legal** : Av. Eternidad S/N - Chupaca  
**Proyecto** : Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos - Provincia de Chupaca 2021  
**Muestra(s) Declarada(s)** :  
**Lugar de Muestreo** :  
**Cantidad de muestras para el Ensayo** : 4 muestras  
**Fecha de Recepción** : 27/10/21  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 28/10/21  
**Fecha de Término del Ensayo** : 01/11/21  
**Fecha de Emisión de Informe** : 03/11/21  
**N° de Cotización de Servicio** :

Código del cliente	pH	C.E (dS/m)	M.O (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Hd (%)	Na (%)
K0R1	8.27	5.54	86.62	1.40	0.82	1.84	3.28	0.57	60.55	0.23
K1R1	7.28	5.20	56.82	1.71	0.72	1.47	3.75	0.51	37.71	0.12
K2R1	7.89	5.46	45.61	1.55	0.94	1.16	4.24	0.66	42.80	0.21
K3R1	8.02	5.34	48.99	2.04	1.50	1.11	4.12	0.82	46.91	0.18

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la discrepancia

**Método de Análisis:**

pH: pH medido en agua  
 C.E: Electrométrico  
 M.O: Walkley y Black  
 N: Método Kjeldahl  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Método Olsen  
 K<sub>2</sub>O: Absorción atómica  
 CaO: Absorción atómica  
 MgO: Absorción atómica  
 Hd: Gravimetría  
 Na: Absorción atómica

Huancayo, 03 de noviembre de 2021

**GRUPO JHACC S.A.C.**  
 Ing. Henry A. Ochoa León  
 JEFE DE LABORATORIO



\*El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 \*Prohíbese la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC.  
 \*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de confiabilidad con fines de producto o como certificación de sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-04

Rw: 01

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

**INFORME DE ENSAYO N° 2-0115/21**

Pag. 1/1

Solicitante : Katherine Clotilde Reyes Moya  
 Domicilio legal : Av. Eternidad S/N - Chupaca  
 Proyecto : Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos - Provincia de Chupaca 2021  
 Muestra(s) Declarada(s) :  
 Lugar de Muestreo :  
 Cantidad de muestras para el Ensayo : 4 muestras  
 Fecha de Recepción : 06/12/21  
 Fecha de Inicio del Ensayo : 07/12/21  
 Fecha de Término del Ensayo : 09/12/21  
 Fecha de Emisión de Informe : 10/12/21  
 N° de Cotización de Servicio :

Código del cliente	pH	C.E (dS/m)	M.O (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Hd (%)	Na (%)
K0R2	8.31	5.58	86.40	1.46	0.86	1.80	3.31	0.56	59.98	0.25
K1R2	7.26	5.09	56.89	1.88	0.69	1.42	3.70	0.48	37.24	0.12
K2R2	7.90	5.51	45.57	1.59	0.92	1.23	4.27	0.63	42.72	0.24
K3R2	8.05	5.37	48.95	2.11	1.52	1.15	4.16	0.87	46.95	0.16

• Lugar y condiciones ambientales del muestreo: indicado por el cliente  
 • El cliente renuncia al derecho de la discrepancia

**Método de Análisis:**

pH: pH medido en agua  
 C.E: Electrométrico  
 M.O: Walkley y Black  
 N: Método Kjeldahl  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Método Olsen  
 K<sub>2</sub>O: Absorción atómica  
 CaO: Absorción atómica  
 MgO: Absorción atómica  
 Hd: Gravimetría  
 Na: Absorción atómica



Huancayo, 10 de diciembre de 2021

**GRUPO JHACC S.A.C.**  
  
**Ing. Henry A. Ochoa León**  
 C.P. N° 12423  
 JEFE DE LABORATORIO

\*El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe

\*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC

\*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la entidad que lo produce.

LAA-02

Rev: 01



## INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : KATHERINE CLOTILDE REYES MOYA  
PROCEDENCIA : JUNÍN/ CHUPACA/ CHUPACA  
MUESTRA DE : COMPOST  
REFERENCIA : H.R. 75393  
FACTURA : 8085  
FECHA : 27/10/2021

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
462	K-0111	8.27	5.54	86.62	1.40	0.82	1.84
463	K-2111	7.28	5.20	56.82	1.71	0.72	1.47

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
462	K-0111	3.28	0.57	60.55	0.23
463	K-2111	3.75	0.51	37.71	0.12



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
Jefe de Laboratorio