



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**“INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE
DOMICILIOS, MERCADOS Y JARDINERÍA, EN LA CALIDAD Y
EFICIENCIA DEL COMPOST TAKAKURA, LAREDO – 2017”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

AUTOR:

IRINA YESABEL RODRIGUEZ NUÑEZ

ASESOR:

GERMAN LUIS HUERTA CHOMBO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

TRUJILLO – PERÚ

2017

JURADO EVALUADOR

Dr. Medardo Alberto Quezada Álvarez

PRESIDENTE

Dr. José Félix Rivero Méndez

SECRETARIO

Ms. German Luis Huerta Chombo

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico de forma especial este trabajo a mi familia. A mi mamá Nancy, tu fe ha sido mi mayor motivación para seguir adelante, creíste en mi cuando más lo necesitaba. A mi papá Jesús, tu fuerza y perseverancia son mi modelo a seguir, eres mi aspiración es esta vida. A mi hermano Daniel, tu creatividad y firmeza son mi mayor incentivo para mejorar. Mis metas y logros serán siempre para ustedes. A mis abuelas Hilda y María, por creer y confiar en mi capacidad. Son la fuente primordial para salir adelante, agradezco a Dios por tenerlas a mi lado, son el regalo más grande que me ha dado la vida. A ti, por tu fuerza y fortaleza. Te dedico este trabajo por todo el tiempo que me diste, por las ganas que pusiste para ayudarme a realizar esta investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme el don de la vida y por las bendiciones que me otorga día a día.

A mi familia, por su apoyo constante e incondicional. Con hechos y palabras me acompañaron en todo este proceso sin dudar en ningún momento de mi capacidad.

A Arthur Vásquez, por tu apoyo incondicional y las ganas que me motivaron a seguir adelante. Tu sacrificio y ayuda han sido de vital importancia para la realización de este trabajo.

Al Departamento de Gestión Ambiental, encabezado por la ingeniera Gálvez. Gracias por la logística y apoyo brindado en la realización de mi tesis

A mis amigos y compañeros, quienes me entendieron y ayudaron con palabras de aliento para no decaer en mis sueños.

A mi asesor, el ingeniero Huerta, su apoyo y control en toda esta investigación fueron sumamente importantes para conseguir el objetivo final.

A mi profesor, el ingeniero Quezada por el monitoreo de mi trabajo de tesis en todo este largo proceso.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Irina Yesabel Rodriguez Nuñez con DNI: 70004368, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Desarrollo de Proyecto de Tesis, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Diciembre del 2017

Rodriguez Nuñez, Irina Yesabel

DNI: 70004368

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis denominada: “Influencia del uso de residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería en la calidad y eficiencia del compostaje Takakura, Laredo – 2017”.

La misma que se desarrolló en varios ítems, en la primera parte se realiza la introducción al tema, induciendo primordialmente a la realidad problemática de la eliminación de los residuos sólidos. Para fundamentar este tema, se muestra la información recopilada correspondiente a las diversas teorías que giran en torno a ella así como investigaciones previas que servirán para contrarrestar o avalar los resultados encontrados. En base a ello se formuló el problema de investigación teniendo como fundamento el uso de residuos orgánicos para producir compost de buena calidad con un método altamente eficiente, y se generó la hipótesis a partir de que cada uno de estos tipos de residuos influye significativamente en las variables a estudiar. A partir de esto, se plantearon los objetivos generales y específicos a demostrar en todo el presente trabajo.

En la segunda parte, se desarrolló la metodología a utilizarse en el estudio, estableciendo el diseño de investigación. Definiendo que la variable dependiente son los residuos orgánicos y las independientes son la calidad y eficiencia, para tal caso se definió cada una de ellas por medio del cuadro de Operacionalización de variables. Para tal efecto, se precisó la población, muestra y unidad de análisis, así como las técnicas e instrumentos que se utilizaron para recolectar los datos.

Finalmente se logró demostrar que el uso de los distintos tipos de residuos orgánicos influye significativamente en la calidad y eficiencia del compost Takakura sobre todo los residuos de mercados que presentaron diferencias significativas con los demás tipos de desechos.

ÍNDICE

ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Trabajos previos.....	15
1.3. Teorías relacionadas al tema	17
1.3.1. Marco Conceptual	17
1.3.1.1. Residuos Sólidos	17
1.3.1.2. Residuos Orgánicos	18
1.3.1.3. Compostaje.....	18
1.3.1.4. Calidad del Compost	18
1.3.1.5. Eficiencia del compost.....	18
1.3.2. Marco Teórico.....	18
1.3.2.1. Clasificación de los Residuos Orgánicos.....	18
1.3.2.2. Compostaje Takakura	19
1.3.2.3. Fases del compostaje	20
1.3.2.4. Caracterización de los residuos a compostar	21
1.3.2.5. Parámetros físicos del compost.....	21
1.3.2.6. Parámetros químicos del compost.....	22
1.3.2.7. Parámetros de eficiencia.....	23
1.4. Formulación al problema	23
1.5. Justificación de estudio	23
1.6. Hipótesis.....	24
1.7. Objetivos.....	24
1.7.1. General.....	24
1.7.2. Específicos.....	24
II. MÉTODO	25
2.1. Diseño de investigación	25
2.2. Variables y Operacionalización.....	25
2.3. Población y muestra.....	26
2.3.1. Población.....	26
2.3.2. Muestra	26
2.3.3. Unidad de análisis.....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	26
2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27

2.4.2.	Validez y confiabilidad	27
2.4.3.	Escala de calificación de cumplimiento de criterios de calidad y eficiencia.....	28
2.5.	Métodos de análisis de datos	29
2.6.	Aspectos éticos	29
III.	RESULTADOS	29
3.1.	Características físico químicas iniciales de los residuos orgánicos.....	29
3.2.	Seguimiento de la temperatura y pH del proceso de compostaje.....	30
3.3.	Calidad del compost Takakura	32
3.4.	Eficiencia del compostaje Takakura	32
3.5.	Comparación de calidad y eficiencia de los diferentes residuos.....	33
3.5.1.	Análisis estadístico.....	33
IV.	DISCUSIONES	34
V.	CONCLUSIONES.....	39
VI.	RECOMENDACIONES	40
VII.	REFERENCIAS	41
	ANEXO Nº 01: PREPARACIÓN DEL MÉTODO TAKAKURA	46
	ANEXO Nº 02: FICHA DE REGISTRO DE DATOS.....	47
	ANEXO Nº 03: VALIDACIÓN DE DATOS.....	49
	ANEXO Nº 04: CARACTERIZACIÓN INICIAL DE RESIDUOS	50
	ANEXO Nº 05: EFICIENCIA EN LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	60
	ANEXO Nº 06: CALIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS	61
	ANEXO Nº 07: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	62
	ANEXO Nº 08: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	64
	ANEXO Nº 09: RESULTADOS DE LABORATORIOS.....	65
	ANEXO Nº 10: ANEXO FOTOGRÁFICO	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Diseño Experimental	25
Tabla N° 2. Operacionalización de variables.....	25
Tabla N° 3. Muestra de Residuos Orgánicos	26
Tabla N° 4. Fórmula de eficiencia del compostaje	27
Tabla N° 5. Valoración de la Temperatura	28
Tabla N° 6. Valoración de la Relación Carbono – Nitrógeno.....	28
Tabla N° 7. Valoración de la Humedad	28
Tabla N° 8. Valoración del pH	28
Tabla N° 9. Valoración de la Materia Orgánica	28
Tabla N° 10. Valoración de la eficiencia.....	29
Tabla N° 11. Fórmula para la calificación final ponderada	29
Tabla N° 12. Características iniciales de los Residuos Orgánicos	30
Tabla N° 13. Calidad del Compost final.....	32
Tabla N° 14. Eficiencia del compostaje	32
Tabla N° 15. Comparación de calificación de calidad y eficiencia.....	33
Tabla N° 16. Análisis estadístico ANOVA	33
Tabla N° 17. Prueba estadística HSD TUKEY	33
Tabla N° 18. Porcentajes de carbono y nitrógeno de residuos orgánicos	35
Tabla N° 19. Porcentajes de carbono y nitrógeno finales.....	38
Tabla N° 20. Porcentaje de reducción de la materia orgánica	38
Tabla N° 21. Caracterización inicial por repeticiones	50
Tabla N° 22. Temperatura de residuos de domicilios - repeticiones	50
Tabla N° 23. Temperatura de residuos de mercados - repeticiones	52
Tabla N° 24. Temperatura de residuos de jardines - repeticiones	53
Tabla N° 25. pH de residuos de domicilios - repeticiones	55
Tabla N° 26. pH de residuos de mercados - repeticiones	56
Tabla N° 27. pH de residuos de jardines - repeticiones	58
Tabla N° 28. Eficiencia del compostaje Takakura	60
Tabla N° 29. Valoración final del compost.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Comportamiento de la temperatura	31
Gráfico N° 2. Comportamiento del pH	31

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1. Acondicionamiento de recipientes.....	67
Fotografía N° 2. Selección de cáscaras	67
Fotografía N° 3. Cáscaras de frutas	67
Fotografía N° 4. Pétalos de flores	67
Fotografía N° 5. Mezcla de flores.....	67
Fotografía N° 6. Restos vegetales.....	67

Fotografía N° 7. Agregando agua a la mezcla	68
Fotografía N° 8. Agregando sal a la mezcla.....	68
Fotografía N° 9. Combinando los elementos.....	68
Fotografía N° 10. Probando la mezcla salada	68
Fotografía N° 11. Llenando los 45L de agua.....	68
Fotografía N° 12. Agregando yogurt procesado.....	68
Fotografía N° 13. Agregando yogurt natural.....	69
Fotografía N° 14. Agregando levadura.....	69
Fotografía N° 15. Agregando azúcar.....	69
Fotografía N° 16. Combinando los elementos.....	69
Fotografía N° 17. Prueba de la solución.....	69
Fotografía N° 18. Acondicionamiento del lugar	70
Fotografía N° 19. Pesaje de materiales.....	70
Fotografía N° 20. Vaceado de cascarilla de arroz	70
Fotografía N° 21. Vaceado de tierra vegetal	70
Fotografía N° 22. Mezclando los componentes.....	71
Fotografía N° 23. Colando las soluciones	71
Fotografía N° 24. Agregando las soluciones	71
Fotografía N° 25. Mezclando soluciones y materiales.....	71
Fotografía N° 26. Vaceado de harina	72
Fotografía N° 27. Tapado de lecho de fermentación.....	72
Fotografía N° 28. Movimiento de la mezcla.....	72
Fotografía N° 29. Mantenimiento de la mezcla	72
Fotografía N° 30. Comprobando la humedad de la mezcla.....	73
Fotografía N° 31. Mantenimiento interdiario de la mezcla.....	73
Fotografía N° 32. Comprobación de la humedad	73
Fotografía N° 33. Reposo de la mezcla.....	73
Fotografía N° 34. Distribución de las cajas composteras	74
Fotografía N° 35. Distribución de la semilla de compost.....	74
Fotografía N° 36. Tamizado por malla de 2mm.....	74
Fotografía N° 37. Resultado del tamizaje.....	74
Fotografía N° 38. Compost Final DT11	75
Fotografía N° 39. Compost Final DT12	75
Fotografía N° 40. Compost Final DT12	75
Fotografía N° 41. Compost Final MT21.....	75
Fotografía N° 42. Compost Final MT22.....	76
Fotografía N° 43. Compost Final MT23.....	76
Fotografía N° 44. Compost Final JT31	76
Fotografía N° 45. Compost Final JT32	76
Fotografía N° 46. Compost Final JT33.....	76
Fotografía N° 47. Medición inicial de pH	77
Fotografía N° 48. Muestras finales	77
Fotografía N° 49. Análisis de humedad.....	77
Fotografía N° 50. Análisis de pH final.....	77
Fotografía N° 51. Calibración del PH-009(III) (7).....	77
Fotografía N° 52. Calibración del PH-009(III) (10).....	77

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar la influencia del uso de residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería en la calidad y eficiencia del Compost Takakura en Laredo en el 2017. El diseño de la investigación fue de un solo factor, con tres tratamientos y tres repeticiones. La población fueron las trece toneladas de residuos orgánicos que se producen al día en la ciudad de Laredo, seleccionando unas muestras de 17 kg, 23 kg y 12 kg de residuos de domicilios, mercados y jardinería respectivamente, junto a 14 kg de semilla de compost previamente tratada. Para determinar la influencia se evaluaron los parámetros físicos y químicos de los residuos, monitoreando las variables temperatura y pH en todo el proceso. La conclusión a la que se llegó es que los residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería influyen significativamente en la calidad y eficiencia del compost Takakura.

Palabras claves: Residuos Orgánicos, Compostaje Takakura, Calidad, Eficiencia.

ABSTRACT

The present investigation was developed with the objective of determining the influence of the use of organic residues of homes, markets and gardening in the quality and efficiency of the Compost Takakura in Laredo in 2017. The design of the research was of a single factor, with three treatments and three repetitions. The population was the thirteen tons of organic waste produced per day in the city of Laredo, selecting some samples of 17 kg, 23 kg and 12 kg of household waste, markets and gardening respectively, along with 14 kg of compost seed previously treated. To determine the influence, the physical and chemical parameters of the waste were evaluated, monitoring the temperature and pH variables throughout the process. The conclusion reached is that the organic residues of homes, markets and gardening significantly influence the quality and efficiency of Takakura compost.

Keywords: Organic Waste, Takakura Composting, Quality, Efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El aumento en la generación de residuos sólidos se está convirtiendo en uno de los problemas ambientales más importantes a nivel mundial, debido a que existen factores como el crecimiento poblacional, la expansión urbana y el incremento de las actividades productivas que agravan esta situación. Las escasas medidas que se emplean en su manejo presentarían riesgos nefastos tanto para las personas como para los componentes ambientales involucrados.

Como parte de las iniciativas para afrontar esta realidad, se ejecutó la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo” (1992), en donde se establecieron cuatro medidas en relación a los residuos sólidos los cuales fueron: a) la reducción de los desechos a un mínimo, b) a la reutilización y reciclaje, c) a tratamientos y eliminación racional de residuos y d) a la extensión de los servicios de desechos.

En tanto, Perú creó la Ley N° 27314 (2000) denominada “Ley General de Residuos Sólidos” que tiene por objeto gestionar y manejar los residuos sólidos de forma que sea adecuada en aspectos sanitarios y ambientales, enfocándose en minimizar, prevenir y proteger el bienestar de la persona y la calidad del ambiente. La situación debería haber mejorado en base a esta nueva política; sin embargo, diversos estudios indican que la generación de residuos municipales aumento a unas 18 533 t/día, siendo la materia orgánica el compuesto con mayor presencia pues bordea el 50.43%. Además, únicamente 7 656 t/día (41%) fueron dispuestos en rellenos sanitarios de buenas condiciones, otras 63 t/día (0.3%) fueron tratadas como compost. (EVAGAM, 2014, p. 131),

En la provincia de Trujillo, la generación de residuos orgánicos alcanza el 59%, lo cual sigue representando un serio problema para la ciudadanía y el ambiente. Esto aumenta debido a que se carece de medios y programas que busquen minimizar, reaprovechar y reciclar estos residuos. Las consecuencias nefastas de un mal manejo radican en no se controlan la presencia de lixiviados y la incineración de basura. (SEGAT, 2016, p. 45)

A nivel provincial, el problema de la eliminación de residuos sólidos cada vez es más recurrente. Es Laredo quien sobresale en ello, pues no cuenta con una infraestructura de disposición final adecuada. De acuerdo al Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales de Laredo (2015) la generación per cápita se estima en un 0.505 kg/hab/día, compuesta principalmente por materia orgánica (52.80%). La abundante presencia de estos desechos, hace posible la aplicación de métodos que busquen priorizar su reaprovechamiento.

Esta necesidad se ha visto reflejada en el Decreto Legislativo N° 1278 (2016), en donde se establece que:

Art. 2º *“Se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, procesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente.”*

Art. 51º *“Las municipalidades deben valorizar, prioritariamente, los residuos orgánicos provenientes del mantenimiento de áreas verdes y mercados municipales, así como, de ser factible, los residuos orgánicos de origen domiciliario”*

Tal como se menciona líneas arriba, los residuos deberán tratarse mediante diversas alternativas. Para efectos de esta investigación, nos centraremos en el compostaje.

Esta es una técnica que logra convertir la materia orgánica en un producto estable de fácil aplicación además de otorgar buena calidad. Los beneficios radican en la minimización de la generación de lixiviados, presencia de vectores patógenos y emisiones gaseosas de los lugares de disposición final. (JICA, 2017, párr. 1)

En este sentido, el método Takakura generará un producto de alta calidad y eficiencia. Estas cualidades son sumamente importantes pues permitirán determinar su uso en el campo, así como la promoción de su usanza. Diversas fuentes de investigación, manifiestan que este procedimiento disminuye el tiempo de degradación, lo cual supone una ventaja respecto de otros sistemas. (IGES,

2010, p.12) Por tanto, al comprobar lo antes mencionado se podrá potenciar el empleo del compostaje.

Conforme a la nueva ley de gestión de residuos, las municipalidades deberán priorizar el tratamiento a los residuos orgánicos provenientes de domicilios, mercados y jardines, promoviendo medidas para disminuir los impactos al ambiente por la descomposición como gases y lixiviados, aprovechar este material para utilizarlo en reforestación, agricultura urbana o como una fuente de ingreso y; también, para reducir las actividades de recolección y disposición en lugares inadecuados.

1.2. Trabajos previos

Nur et al. (2013) investigaron la efectividad de los microbios (EM) en la aceleración del proceso de compostaje, para ello aplicaron dos métodos. El primero de ellos consistía en emplear la técnica Takakura para lograr la fermentación por medio de dos soluciones; en el segundo, se usan desechos de frutas mezcladas con agua para producir el crecimiento de microbios. Los mismos que fueron dispuestos en un barril de composter con un tambor rotativo, que contenían 4 compartimientos y cada uno tenían un tipo método. Al final del tiempo de evaluación, que fue de 7 semanas, los resultados arrojaron un valor neutro (7.0 – 8.0) de pH en los métodos tratados lo que indica que están en la fase madura. En cuanto a la relación C/N, las distintas pruebas lograron un valor menor a 20/1 lo que es aceptable para su utilización en la agricultura. El trabajo demuestra que el compostaje es un método factible para la reducción de residuos, así también se encontró que el tratamiento Takakura era el mejor pues requería menos tiempo y otorgaba buena calidad.

Borrero (2014) evaluó distintos sustratos microbiales con la finalidad de degradar a los residuos orgánicos domiciliarios, utilizando los métodos de microorganismos de montaña (MM) y Takakura (TAKA), con sus respectivos testigos (MMT y TAKAT) y una muestra sin tratamiento (ABST). A los 35 días, el valor del pH para MM, MMT, TAKA y TAKAT resultó 8.83, 8.43, 7.65 y 7.43 respectivamente, valores que resultan ser adecuados a excepción de MM que se acerca a ser alcalino. Para la relación de C/N, el MM y MMT, presentan relaciones más altas en comparación con los tratamientos TAKA y TAKAT. De manera

general el compost producto de los tratamientos TAKA y TAKAT, presenta mayores contenidos de macronutrientes en comparación con el MM y MMT, con excepción del contenido de C que fue mayor en el compost del MM y MMT. Borrero concluye que el proceso de compostaje es eficiente cuando se aplica el método Takakura pues produce la degradación y reducción de los residuos orgánicos en compostaje doméstico.

Castro et al. (2015) realizó una investigación centrada en evaluar la adecuación de la humedad en el compostaje de biorresiduos municipales. Para ello diseñó una metodología en la que utilizó un tratamiento testigo (T1) que contenía únicamente residuos domiciliarios y tratamientos con adición de compost maduro correspondientes al 21% y 48% (T2 y T3). El análisis inicial de la humedad fue de 72.52 %, 63.70 % y 63.30 % para T1, T2 y T3 respectivamente. Este alto porcentaje puede estar relacionado con las condiciones de almacenamiento pues los desechos que se exponen al aire libre absorben humedad hasta equilibrarse con la atmósfera. El pH más ácido lo presentó el sustrato T1 (pH 4.12), seguido por el sustrato T2 con 4.56 y 4.99 para el sustrato T3. Estos valores suponen un adelanto en el proceso de descomposición. En lo referente a la relación C/N el tratamiento T1 presenta un valor de 24/1, para los sustratos T2 y T3 estos datos fueron de 21/1 y 17/1. Estos datos son bajos a los valores óptimos del inicio del compostaje; sin embargo no es un factor limitante pues indica que la descomposición de los materiales ha empezado antes de aplicar el compostaje. Finalmente, la caracterización arroja una humedad que no excede el 35%, la relación C/N está por debajo de 10/1 y el pH se estabilizó en alcalino (pH >9.5) Concluyen que es necesario adecuar la permiten adecuar la humedad inicial y la relación C/N para hacer este método más viable.

Hernández et al. (2015) estudiaron el método Takakura para el tratamiento de residuos orgánicos. Para ello organizaron pilas que fueron cubiertas con mantas por un periodo de 7 días, que posteriormente se mezclaron con residuos orgánicos y aceite residual durante 4 semanas. Al término de dos meses, se analizó el abono orgánico que arrojó un pH alcalino de 9.1, la presencia de materia orgánica fue muy alta en un 37.3% y en cuanto a Nitrógeno se halló 135.52 ppm que es considerada como alto. Los autores concluyen que el método

Takakura es altamente eficaz por tanto deberá aplicarse para el tratamiento de residuos degradables pues, además, ofrece rapidez y seguridad.

Márquez (2016) estudio el tratamiento de desechos orgánicos en el relleno sanitario del Cantón Yantzaza, para ello se implementó dos tratamientos, el tradicional y Takakura con tres repeticiones. Según los resultados de los análisis obtenidos, el compost Takakura presenta un pH de 9.45 para los dos tratamientos. Un valor de 36.05% de humedad en el compost final, así como el contenido de 46.87% de materia orgánica. El tiempo de eficiencia del método Takakura fue de 15 días, a lo cual Márquez concluye que este es el método que debe usarse para elaborar el compost, dado su elaboración en menor tiempo, riqueza nutricional de mayor calidad y menor costo de producción por saco.

Iliquín (2014) en Perú, realizó una investigación basada en la disminución de los residuos orgánicos mediante la producción de compost con los métodos Takakura y EM-compost. Los resultados demostraron que se obtenía la madurez del compost en un promedio de 57.67 días para el método Takakura, en Em-compost se logró en 62 días aproximadamente y el testigo obtuvo un tiempo promedio de 212.67 días. El porcentaje de rendimiento fue de 19.90%, 19.11% y 13.39% con Takakura, Em-compost y el testigo. En lo referente a temperatura y pH, ambos métodos obtuvieron valores constantes en comparación que el testigo. Los resultados fisicoquímicos del método Em-compost dio al carbono en 13.29%, nitrógeno, 1.31%, relación C/N el valor fue de 10/12, pH 7.5, con un olor a tierra húmeda y color negruzco. En lo que respecta al tratamiento Takakura tuvo carbono 11.84%, nitrógeno 1.07%, la relación de C/N fue de 11/03, pH 7.5, con olor a tierra húmeda y color marrón. El autor manifiesta que ambos métodos son altamente eficientes, a diferencia del testigo que es la situación en la que se encuentran la mayoría de los botaderos.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Marco Conceptual

1.3.1.1. Residuos Sólidos

La Ley N°27314 establece que los residuos sólidos son aquellas sustancias, productos o subproductos que deben disponerse de acuerdo a cierta

normatividad y lineamientos. Deberán manejarse en base a las consecuencias para el ambiente y la salud de las personas.

1.3.1.2. Residuos Orgánicos

Son restos biodegradables que poseen la capacidad de transformarse por medio de la desintegración o degradación en otro tipo de materia orgánica.

1.3.1.3. Compostaje

Es un tratamiento biológico de tipo aeróbico, en donde la materia orgánica es degradada por microorganismos que permiten su transformación para la obtención de compost. Este producto posee propiedades beneficiosas para el suelo pues mejora en gran cantidad las características de este además de prevenir la erosión. (INFOAGRO, 2007, párr. 1)

1.3.1.4. Calidad del Compost

Características de un producto final, que tengan como finalidad su uso potencialmente diverso para lo cual deben con las normas y estándares destinados para ello. (Soliva y López, 2004, p.3)

1.3.1.5. Eficiencia del compost

Es la descomposición en menor tiempo y mayor cantidad de residuos orgánicos logrando su conversión en un tipo de abono altamente nutritivo, que aporte nutrientes al suelo. (Pérez, 2013)

1.3.2. Marco Teórico

1.3.2.1. Clasificación de los Residuos Orgánicos

En la gestión municipal destaca la presencia de: a) los residuos orgánicos domiciliarios (ROD) que provienen de viviendas y establecimientos familiares, presentan características que hacen de ellas excelentes fuentes de origen para su uso. Los ROD pueden reducirse en volumen aplicando tratamientos como el compostaje, a su vez se logrará disminuir las veces de recolección. A futuro logra aminorar la producción de lixiviados, aparición de vectores y emisión de gases en el lugar de disposición final. (INTI, 2012, p. 5) b) Los residuos de mercados, que en su mayoría tienen origen vegetal, constituidos principalmente de verduras, frutas y otros desechos que no cumplan con las condiciones para la venta. Su composición es alta en

polisacáridos y celulósicos, que pueden ser aprovechados con la aplicación de diversos métodos. (REVISTA colombiana de Biotecnología, 2013, p. 79) y c) Los restos de jardines son producidos generalmente por mantenimiento de áreas verdes y parques. Estos componentes pueden ser reaprovechados por medio de procesos que empleen las bondades en cuanto a potencial de carbono y nutrimentos. (REVISTA de divulgación, 2008, p. 5)

1.3.2.2. Compostaje Takakura

El método Takakura, es eficiente en la generación de compost pues según el portal web Japan International Cooperation Agency (JICA, 2017, párr. 6) utiliza bacterias de fermentación de obtención local como comida fermentada, cáscaras de arroz, salvado de arroz, cáscaras de fruta, estiércol, entre otros. La mezcla con basura orgánica hace posible la descomposición en menor tiempo debiendo tener en cuenta la ventilación y movimiento.

Esta actividad se inició como una solicitud de cooperación para reducir y reciclar los residuos en Surabaya, una ciudad de Kitakyushu. El creador fue el japonés Mr. Takakura en el año 2004 cuyo trabajo fue replicado por el Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES). En la actualidad, los países a los que han sido aplicados son Indonesia, Filipinas, Tailandia y Malasia, se prevé implementarlo a futuro en países como Nepal, Burkina Faso, la República Dominicana, Sri Lanka, Laos, Djibouti, Tanzania, Benin, Laos, Etiopía, Marruecos, Jordania, Mozambique, Sudáfrica, Ruanda, Uganda, Filipinas, Bután, Namibia y Fiji. (Japan's International Cooperation, 2005, párr. 7)

La DEAT (2015) menciona que los beneficios de este tratamiento recaen en el bajo costo de su aplicación, la rápida descomposición que presenta, además no emite malos olores, permite elaborar compostaje higiénico y se requiere de poco espacio. Sin embargo, algunas limitantes son la aparición de insectos por contaminación, además que se necesitan triturar los residuos orgánicos y se debe remover diariamente.

Hay que considerar factores en el empleo del método, pues se utilizan microorganismos aerobios que se consiguen en alimentos como queso, yogurt, levadura, entre otros; así como, en el manto de los bosques encontrados en la hojarasca, hongos y moho. De igual forma, el exceso de agua condiciona la descomposición, cuando se sobrepasa emanan olores desagradables impidiendo el proceso de compostaje. Los microorganismos anaerobios se eliminan a través del movimiento diario además la falta de oxígeno genera olores ofensivos y la putrefacción. (Honobe, 2013, p. 8)

Su elaboración está sujeta a la preparación de una solución salada y azucarada que deberán reposar por un período de cinco días. Asimismo, se debe preparar el lecho de fermentación en donde se debe colocar el elemento más accesible que se tenga (cascarilla de arroz, aserrín, entre otras). Para lograr la fermentación de la mezcla, se debe juntar la solución azucarada con la salada en el lecho de fermentación. Luego de tres días la semilla de compost ya está lista.

1.3.2.3. Fases del compostaje

a. Latencia y crecimiento

En la fase inicial, se produce la aclimatación al nuevo medio de los microorganismos, lo cual da inicio a la multiplicación y colonización de los residuos. El tiempo de duración es de dos a cuatro días, esta acción la realizan las bacterias mesófilas que actúan con temperaturas de hasta 35 °C. (Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011, p.18)

b. Termófila

La siguiente fase tiene un periodo de duración de entre 7 días a 2 meses dependiendo del sistema en el que se encuentre. Los organismos termófilos como bacterias y hongos actúan a temperaturas que oscilan entre los 35°C y 70°C, logrando la degradación de la materia, así como la eliminación gérmenes patógenos, larvas y semillas. La estabilización del medio se origina al cabo de cierto tiempo. (Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011, p.19)

c. Maduración

En la última fase la materia orgánica más resistente disminuirá. Este periodo de fermentación si llega a ser lenta puede durar 3 meses aproximadamente. En esta etapa, disminuye la temperatura de igual forma que las actividades de las bacterias lo que provoca la colonización en toda la pila. (Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011, p.19)

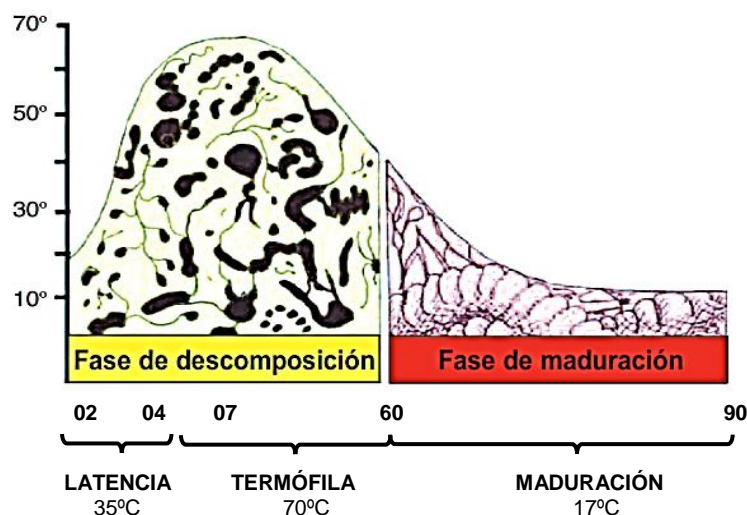


Figura N° 1. Fases del compostaje
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011

1.3.2.4. Caracterización de los residuos a compostar

Establecer la condición inicial del material a compostar es importante para determinar el contenido de las propiedades físicas y químicas, que favorecerán el desarrollo y proliferación de microorganismos aeróbicos, además de determinar el medio más óptimo para las mismas. Las características finales servirán como medida de como se ha desarrollado el proceso. (Córdova, 2006, p. 47)

1.3.2.5. Parámetros físicos del compost

La temperatura, influye en el crecimiento de poblaciones microbianas y las reacciones exotérmicas que se produzcan por la descomposición de cadenas de compuestos orgánicos. (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 32) El valor óptimo de este parámetro, se calcula a temperatura ambiente síntoma de que se han agotado los nutrientes y por consiguiente el proceso ha culminado. (Córdova, 2006, p. 10)

La humedad es vital, en el inicio del compostaje, porque los microorganismos necesitan agua para el desarrollo de sus funciones, además tiene relación con el crecimiento bacteriano pues influye en el desarrollo de la temperatura y la descomposición de la mezcla, esta condición no debe sobrepasar el 70%. (Silva et al, 2009, p.7)

Al final del proceso, el rango óptimo de la humedad se sitúa entre 35% – 45%, si el resultado final se encontrara por debajo de la menor medida, demostraría la poca presencia de la actividad microbiana. En cambio, si la humedad sobrepasara el mayor límite, revelaría que el agua está saturando los poros interfiriendo con la oxigenación del compost. (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 29)

1.3.2.6. Parámetros químicos del compost

El pH tiene una relación directa con el proceso de compostaje pues actúa sobre los procesos microbianos. Es importante determinar la cantidad con la que empieza pues servirá para estudiar el comportamiento del compostaje, además de controlar olores y pérdidas de amoníaco. (Bueno et al., 2008, p. 3)

En la primera fase, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, se estabiliza el medio por la conversión de amonio en amoníaco teniendo valores neutros como resultado. Así también, es ideal para el crecimiento y multiplicación de microorganismos, el rango ideal del compost final es de 6.5 a 8.5. (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 31)

La relación Carbono Nitrógeno al inicio del proceso es de 30/1 aproximadamente, conforme termina el proceso su valor alcanza a 15/1 en el compost final (Earthgreen, 2011). Una valor bajo indica que existe exceso de nitrógeno perdiéndose en amoníaco (NH₃) lo que genera olores desagradables; si se diera una relación de valores altos, esto no permitiría el crecimiento de microbios. El rango adecuado para la medición final se estima en 10-15/1. (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 29)

La materia orgánica es un parámetro cuya proporción es el factor principal para determinar la calidad del compost, en el proceso, ella desciende por la

mineralización y la posterior pérdida en forma de dióxido de carbono. (Robles, 2015, p. 15) El valor óptimo al inicio oscila entre el 50% - 70%, cantidades apropiadas para lograr su posterior degradación (Román et al., 2013, p. 33) Esta descomposición sucede por la transformación microbiana pues en la primera etapa la temperatura alcanza niveles de entre 45°C producida por degradación de azúcares. Luego alcanzarán cifras mayores a 55°C que generará la descomposición de la celulosa provocando la disminución de la población microbiana. (Márquez, 2016, p.29) En el final del compostaje este valor se encuentra por encima del 20%, esta característica es indispensable es una señal de la madurez del producto final. (Gallardo, 2013, p. 77)

1.3.2.7. Parámetros de eficiencia

La eficiencia será tomada como aquel material resultante del proceso de compostaje que pase por un tamiz, peso que será tomado respecto de la mezcla inicial. El porcentaje óptimo de eficiencia se encuentra alrededor del 75%. (Cabildo, et al. 2008)

1.4. Formulación al problema

¿Cómo influye el uso de residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería en la calidad y eficiencia del compost Takakura?

1.5. Justificación de estudio

Determinar la influencia del uso de distintos tipos de residuos orgánicos en la calidad y eficiencia del Compost Takakura, nos permitirá conocer si el tratamiento aplicado es el más efectivo. Actualmente, son muchas las fuentes que generan este tipo de residuos; además, que las características físico-químicas de los mismos, tales como la humedad, pH y materia orgánica, condicionará la calidad del producto final. Es por ello que encontrar una técnica ideal para lograr su descomposición en el plazo más corto, supone un gran avance en el reaprovechamiento de los residuos.

En este sentido, coexisten muchos métodos dirigidos a aprovechar estas propiedades. El método Takakura, nació como una iniciativa para poder controlar los problemas ambientales que generaban los residuos provenientes de las

casas. Su éxito alcanzó tales magnitudes que fue replicado en muchos países. En nuestra ciudad, carecemos de medidas como esta, además debemos sumarle a ello la excesiva generación de residuos provenientes de mercados y jardines que se constituyen una amenaza ambiental. Por tanto, esta investigación pretende utilizar este método para tratar también a estos tipos de residuos, lo cual permitirá replicar los logros ya alcanzados con los residuos domiciliarios.

El impacto que posee este estudio alcanza distintos horizontes. Ambientalmente, la extensión del ciclo de vida de los residuos orgánicos por medio de su adecuado manejo, disminuirá considerablemente la carga orgánica en sitios de disposición final y por tanto se minimizará la generación de lixiviados, emisiones gaseosas y vectores. Económicamente, su utilización no supone mayores gastos que insumos utilizados en casa; además, se puede proyectar como una idea de negocio para poder utilizarla como una fuente de ingreso. Finalmente, el impacto social radica en que la sociedad civil podrá emprender nuevas acciones que busquen un desarrollo sostenible priorizando el cuidado del medio ambiente asimismo podrá ser rentable para aquellas personas que lo pongan en práctica.

1.6. Hipótesis

Los diferentes tipos de residuos orgánicos influyen significativamente en la calidad y eficiencia del compost Takakura.

1.7. Objetivos

1.7.1. General

- Determinar la influencia del uso de residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería en la calidad y eficiencia del compost Takakura.

1.7.2. Específicos

- Determinar las características físicas y químicas iniciales de los residuos orgánicos por cada tipo de fuente a compostar.
- Realizar seguimiento de la temperatura y pH del proceso de compostaje.
- Evaluar la calidad de la composición física y química del compost producido a partir de los residuos orgánicos.
- Evaluar la eficiencia de la producción usando el método Takakura.
- Comparar la calidad y eficiencia del compost generado con residuos orgánicos de domicilios, mercado y jardines.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Esta investigación se desarrolló con enfoque cuantitativo de tipo experimental de un solo factor, mediante el diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones.

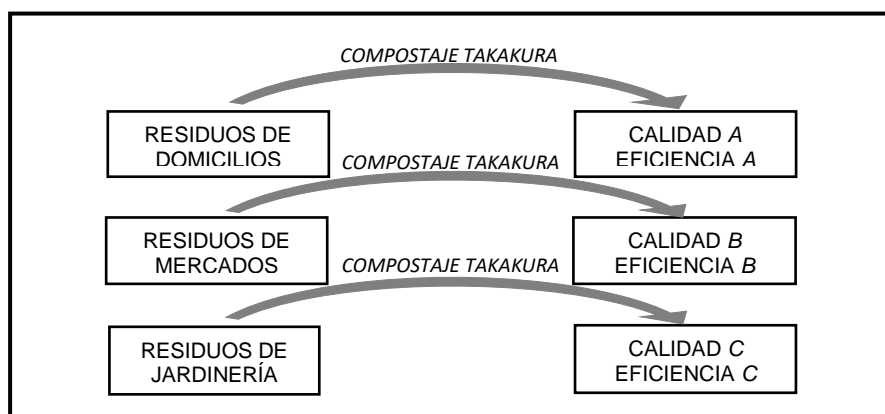


Figura N° 2. Diseño de la investigación
Fuente: Elaboración propia

El diseño experimental se basó en el análisis de la varianza, descomponiéndose en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”. El objetivo fue evaluar si hay una diferencia significativa entre estos, evaluando si la primera es lo suficientemente alta según la distribución F. Este diseño lleva la siguiente forma:

Tabla N° 1. Diseño Experimental

Factor	DOMICILIOS	MERCADOS	JARDINES
Repetición	DT ₁	MT ₂	JT ₃
T1	DT ₁₁	MT ₂₁	JT ₃₁
T2	DT ₁₂	MT ₂₂	JT ₃₂
T3	DT ₁₃	MT ₂₃	JT ₃₃

Fuente: Elaboración Propia

2.2. Variables y Operacionalización

Para el estudio se han determinado la variable independiente (**Residuos Orgánicos**) y dependientes (**Calidad y Eficiencia**), y se ha escalado el grado de contribución de las variables observables, a la calidad y eficiencia del compost.

Tabla N° 2. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
Residuos	Son restos compuestos por	Fuente de	Domicilios	Cualitativa

orgánicos	remanentes de verduras, frutas, animales y plantas. (SPDA, 2009, p.3)	origen	Jardines Mercado	nominal
Calidad del compost	Conjunto de características y propiedades que se engloban dentro de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que han de cumplir ciertas condiciones para su aplicación. (Álvarez, 2013, p. 28)	Temperatura	3%	Cualitativa nominal
		Humedad	7%	
		pH	10%	
		Relación C/N	30%	
		Materia orgánica	30%	
Eficiencia del compost	Está determinada por la reducción del porcentaje de residuos orgánicos. (Borrero, 2014, p. 108)	Porcentaje de reducción de restos orgánicos.	20%	Cualitativa nominal

Fuente: *Elaboración Propia*

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Son las 13 toneladas de residuos orgánicos que se generan al día en el distrito de Laredo, que representa el 52% de la generación total de residuos sólidos.

2.3.2. Muestra

Las muestras serán tomadas por cada tipo de residuo orgánico. Para domicilios, mercados y jardines se usaron 17 kg, 23 kg y 12 kg, respectivamente; las cuales fueron mezclados con 14 kg de semilla de compost que fue previamente tratada en una proporción de volumen de 1:1. (Ver Anexo N° 1)

2.3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es una caja compostera que tiene un volumen de 0.28 m³, contenidas cada una en relación 1:1. En total fueron nueve unidades.

Tabla N° 3. Muestra de Residuos Orgánicos

	Peso de Residuos Orgánicos		
	Domicilios	Mercado	Jardinería
<i>Semilla de Compost</i>	1:1	1:1	1:1

Fuente: *Elaboración Propia*

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para este estudio se utilizó el método Takakura que se aplicó siguiendo la guía JICA actualizada al año 2017. (Ver Anexo N° 1)

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue de la observación experimental porque se tomaron datos de las distintas variables en condiciones controladas para ello el instrumento fue la ficha de registro de datos. (Ver Anexo N° 2)

- Para controlar la temperatura se usó un termómetro digital (con precisión $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) con sonda que fue sumergido en el centro de la caja de compostaje.
- El pH en campo fue analizado con el Peachímetro de tipo PH-009 (III) en todo el proceso de compostaje, en cada periodo de medición se calibró el equipo. Para la evaluación inicial y final se tomaron muestras que han sido llevadas al Laboratorio de la Universidad César Vallejo en donde se utilizó el potenciómetro.
- La humedad ha sido controlada mediante la “técnica del puño” para corroborar el exceso de esta condición. De igual forma se tomaron muestras al inicio y termino del proceso que fueron llevadas al laboratorio de la UCV.
- La materia orgánica fue determinada por el método Walkley y Back modificado, datos que fueron tomados al inicio y termino del compostaje, estimándose a partir de la concentración de Carbono y Nitrógeno.
- La relación Carbono Nitrógeno fue hallada mediante el analizador elemental del Laboratorio de la UNT, resultados que fueron de utilidad en el inicio y final de esta investigación.
- La eficiencia se calculó al final del compostaje, para ello se utilizó la fórmula de porcentaje de reducción de residuos tamizados con malla metálica de calibre 2 mm, diferenciando el material de rechazo como aquel que no ha logrado su descomposición y no paso el filtro.

Tabla N° 4. Fórmula de eficiencia del compostaje

$$EFICIENCIA = \frac{PESO\ TAMIZADO}{PESO\ TOTAL} \times 100$$

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Validez y confiabilidad

Los equipos y laboratorios fueron evaluados bajo la Ley N° 30224 denominada como “Ley que crea el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de Calidad”. Para tal efecto, se siguió el Listado de Normas Metrológicas Peruanas estipuladas por INACAL. En relación al uso de laboratorios, la UNT cuenta con equipos calibrados, de igual forma, la UCV hizo lo propio a través de los servicios de la empresa RELES S.R.L. acreditado en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006. Las valoraciones de los instrumentos de medición han sido validadas por expertos, dotados de experiencia y conocimiento en el tema referente. (Ver Anexo N° 3)

2.4.3. Escala de calificación de cumplimiento de criterios de calidad y eficiencia

Para estandarizar los resultados obtenidos, se establecieron escalas de valoración por cada parámetro de acuerdo a la bibliografía estudiada, las cuales se muestran a continuación:

Tabla N° 5. Valoración de la Temperatura

Parámetro: Temperatura											
0	2	4	6	8	10	10	8	6	4	2	0
27°	26°	25°	24°	23°	22°	21°	20°	19°	18°	17	16°

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 6. Valoración de la Relación Carbono – Nitrógeno

Parámetro: Relación Carbono – Nitrógeno										
2	4	6	8	10	10	10	8	6	4	2
23:1	21:1	19:1	17:1	15:1	13:1	11:1	9:1	7:1	5:1	3:1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 7. Valoración de la Humedad

Parámetro: Humedad												
0	2	4	6	8	10	10	10	8	6	4	2	0
70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%	10%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 8. Valoración del pH

Parámetro: pH										
2	4	6	8	9	10	9	8	6	4	2
10	9.5	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 9. Valoración de la Materia Orgánica

Parámetro: Materia Orgánica					
10	8	6	4	2	0
>20%	18%	16%	14%	12%	10%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 10. Valoración de la eficiencia

Parámetro: Eficiencia									
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
>75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%	20%

Fuente: *Elaboración Propia*

En base a esta calificación, la caracterización final se estimará tomando en cuenta el porcentaje asignado a cada parámetro. Para lo cual se definió la siguiente ecuación:

Tabla N° 11. Fórmula para la calificación final ponderada

<p>Calificación de calidad y eficiencia = 3% Temperatura + 30% Relación C/N + 7% Humedad + 10% pH + 30% Materia Orgánica+20% Eficiencia</p>
--

Fuente: *Elaboración propia*

2.5. Métodos de análisis de datos

Para evaluar la respuesta de las fuentes en estudio con la calidad y eficiencia se aplicó la prueba de ANOVA con un nivel de confianza del 95%, se encontró un nivel de significancia menor al 0.05. Para determinar cuál de los tres tratamientos es el diferente se utilizó TUKEY que realiza comparaciones múltiples.

2.6. Aspectos éticos

La ejecución de esta investigación fue llevada a cabo en el Distrito de Laredo, con la ayuda de la Municipalidad. En coordinación con el Departamento de Gestión Ambiental se recolectaron residuos orgánicos domiciliarios de los participantes del “Diagnóstico de Residuos Orgánicos”, los residuos de jardinería gracias al apoyo del área de Limpieza, Ornato y Alcantarillado, así como los desechos orgánicos de mercados que fueron proporcionados por el Departamento de Comercialización, Mercado y Sanidad.

III. RESULTADOS

3.1. Características físico químicas iniciales de los residuos orgánicos

Los análisis iniciales de las características físico-químicos fueron medidos para los tres tipos de residuos antes de la mezcla con la material semilla, los cuales se muestran en la tabla N° 12. En referencia a los parámetros físicos, la humedad de las muestras de domicilios y jardines no sobrepasan el 70%; caso contrario sucede con los residuos mercados. Este indicador fue controlado pues el exceso podría influir en la fermentación de la mezcla.

De igual forma, en lo que respecta a lo químico, el pH de los residuos de jardinería presenta un valor cercano al neutro en comparación con los de mercados y domicilios cuyos datos son ácidos. Estas cantidades son de suma importancia para evaluar el proceso evolutivo del compostaje, pues es un indicador de la actividad biológica que se viene desarrollando.

La relación Carbono Nitrógeno para los tres tipos de residuos es relativamente baja.

La materia orgánica se encuentra sobre el 60%, lo cual es un rango aceptable, este parámetro favorecerá la retención de humedad y servirá como fuente de Nitrógeno y Carbono para lograr el desarrollo de los microorganismos.

Tabla N° 12. Características iniciales de los Residuos Orgánicos

TIPOS DE RESIDUOS	PARÁMETROS			
	Humedad (%)	pH	C/N	M.O. (%)
DOMICILIOS (DT)	63.54	6.14	17/1	74.48
MERCADOS MT)	73.80	5.76	16/1	71.54
JARDINERIA (JT)	61.41	6.94	13/1	60.00

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Seguimiento de la temperatura y pH del proceso de compostaje.

El comportamiento de la temperatura ha variado conforme se desarrolló el proceso de compostaje, las mismas que se describen en el gráfico N° 1. La etapa de latencia y crecimiento registraron las temperaturas más altas, correspondiente a 41.7°C, seguido por los valores de 40.5°C y 39.2°C de las cajas DT y MT respectivamente. En la fase termófila se produjo un incremento de temperatura que oscilaba entre 37.2°C, 37.1°C y 35.8°C para las cajas de desechos domiciliarios, jardines y mercados respectivamente. La etapa de maduración se produjo alrededor del día 45, 48 y 55 días para las mezclas correspondientes a las mezclas JT, DT y MT, el principal indicador de esta etapa es la estabilización y semejanza a la temperatura ambiente.

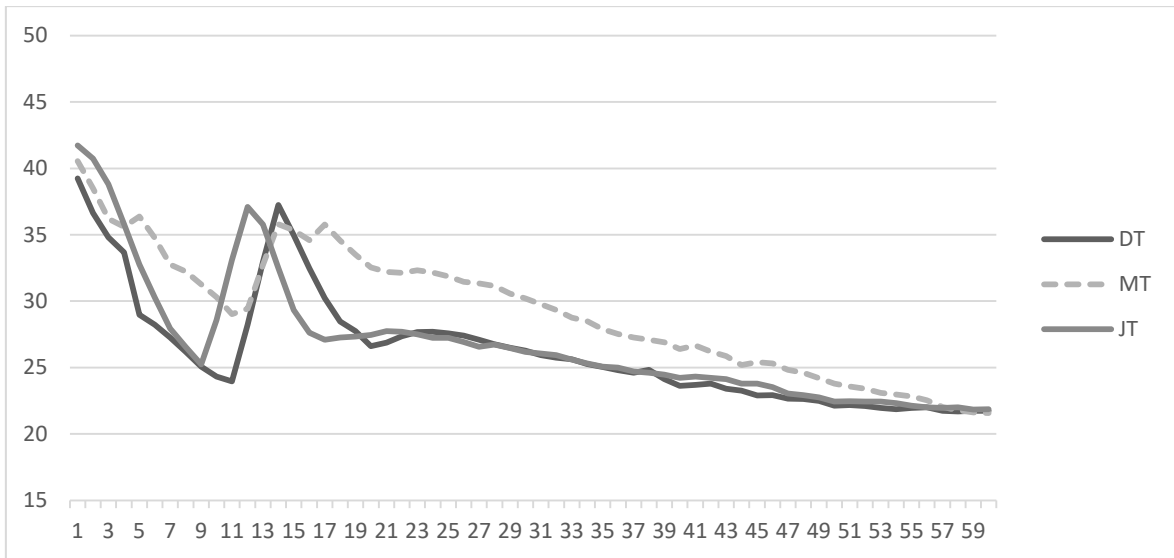


Gráfico N° 1. Comportamiento de la temperatura
 Fuente: *Elaboración propia*

En el gráfico N° 2 se aprecian las variaciones de pH durante el periodo de estudio. Para los residuos de domicilios, en la primera etapa, experimentó una mayor acidez de 5.10; en la siguiente fase, se generó un aumento del pH alcanzando valores promedios cercanos a 7.5 y se estabilizó en ligeramente alcalino.

Los residuos de mercados, presentó una mayor acidez (pH 4.0) en la etapa de latencia. En la fase termófila, se presentó un incremento progresivo del valor del pH, los índices estuvieron cercanos a neutro (pH 7.0), por último, en la etapa de maduración este dato se estabilizó en ligeramente alcalino (pH 7.5).

Para los residuos de jardinería, la primera fase descendió a ligeramente ácido (pH 6.0), en el siguiente periodo también se estabilizó en ligeramente alcalino (pH 7.5). En la fase final, se consolidaron los valores promedios al valor óptimo.

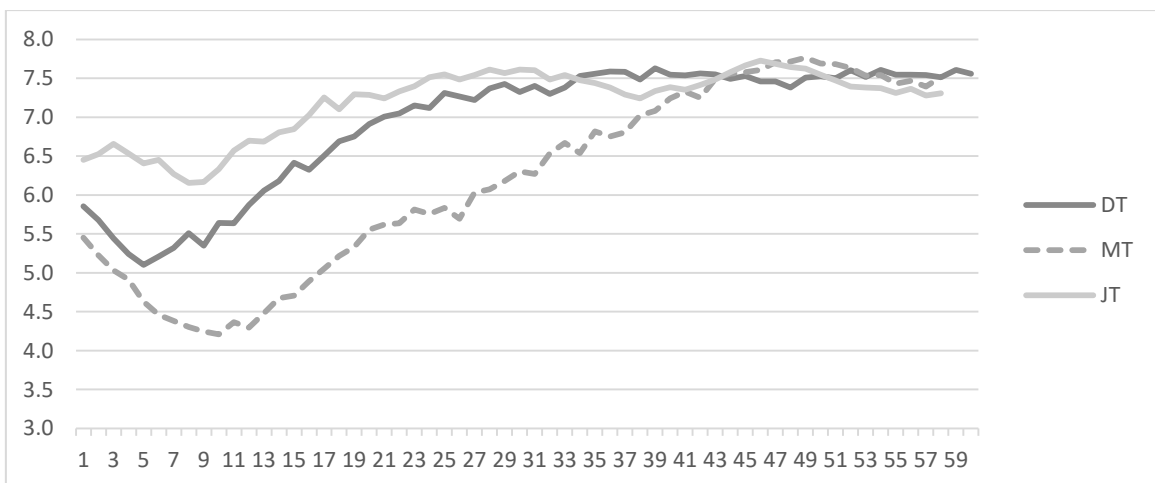


Gráfico N° 2. Comportamiento del pH

Fuente: Elaboración propia

3.3. Calidad del compost Takakura

La calidad del compost está condicionada por la estabilidad de temperatura, humedad, un pH neutro, una adecuada relación de C/N y de contenido de materia orgánica. La temperatura de los tres tipos de residuos se encontró por debajo de los 22°C cercano a la temperatura ambiente. La humedad de los desechos de domicilios y jardines se situó por debajo del 45%, cifra que indica el grado de optimización del parámetro; sin embargo, los residuos de mercados sobrepasaron este límite por las condiciones en la que se produjo el compostaje.

Al final el compost alcanzó un pH 7.5 ligeramente alcalino, indicativo del grado de maduración óptimo. En tanto la relación carbón nitrógeno se encuentra en el rango de 15/1 lo cual indica un valor adecuado para la calidad del compost. El porcentaje de materia orgánica alcanzó mayor a 20%, cantidad recomendable para su uso. Los resultados se muestran en la tabla N° 13.

Tabla N° 13. Calidad del Compost final

TIPOS DE RESIDUOS	PARÁMETROS				
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	pH	C/N	M.O. (%)
DOMICILIOS	21.73	43.86	7.40	14/1	30.35
MERCADOS	21.57	46.30	7.36	15/1	32.31
JARDINERIA	21.87	41.38	7.32	12/1	27.95

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Eficiencia del compostaje Takakura

La eficiencia en la reducción de residuos fue mayor al 70% en el caso de residuos domiciliarios y de jardinería, a diferencia de los que provienen de mercados pues apenas alcanzó, en promedio, un 49%. Tal como se aprecia en la tabla N° 14, el material de rechazo en los tres tipos de residuos no excedió a los 4kg, lo cual es una señal de la efectividad de este tipo de compostaje.

Tabla N° 14. Eficiencia del compostaje

TIPOS DE RESIDUOS	SEMILLA DE COMPOST (kg)	PESO DE RESIDUOS (kg)	PESO DE COMPOST (kg)	MATERIAL DE RECHAZO (kg)	EFICIENCIA (%)
DOMICILIOS	14	17	21.50	2.57	70.27
MERCADOS	14	23	21.83	3.84	59.65
JARDINERIA	14	12	18.37	2.46	71.78

Fuente: Elaboración Propia

3.5. Comparación de calidad y eficiencia de los diferentes residuos

Tal como se mencionó en la metodología, a cada parámetro se le dio una calificación de acuerdo a las tablas N° 5, 6, 7, 8, 9 y 10. La calificación final de la calidad se estimó por las ponderaciones establecida en la tabla N° 11 y los resultados se muestra en la Tabla N° 15.

Tabla N° 15. Comparación de calificación de calidad y eficiencia

TIPOS DE RESIDUOS	Calificación de Calidad					Calificación de eficiencia	Calificación Final
	Temperatura	Humedad	pH	C/N	M.O.		
DOMICILIOS	10	10	9.27	10	10	9.06	9.74
MERCADOS	10	9.48	9.73	9.67	10	6.93	9.22
JARDINERIA	9.53	10	9.64	10	10	9.35	9.82

Fuente: Elaboración Propia

3.5.1. Análisis estadístico

Para determinar la diferencia de la calidad del compost Takakura para tres tipos de residuos tratados, se utilizó ANOVA a la calificación final de la calidad y eficiencia. El resultado determinó que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre calidad de los compost Takakura provenientes de los residuos de domicilios y jardinería con respecto a los residuos de mercado, presentando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), ver Tabla N° 16.

Tabla N° 16. Análisis estadístico ANOVA

TIPOS DE RESIDUOS	MEDIA	D.E.	F	Sig. (p)
DOMICILIOS	9.74	0.076	20.223	0.002
MERCADOS	9.22	0.185		
JARDINES	9.82	0.080		

Fuente: Elaboración Propia

Para encontrar cual es el diferente se utilizó la prueba TUKEY. Las muestras fueron sometidas al programa SPSS, en donde se encontró que los residuos de mercados presentan diferencias significativas con las diferentes muestras ($p < 0.05$). En otras palabras, es este el tratamiento diferente, y ello se demuestra en la tabla N° 17.

Tabla N° 17. Prueba estadística HSD TUKEY

(I) factor	(J) factor	Significancia
DOMICILIOS	MERCADOS	0.006
	JARDINES	0.705
MERCADOS	DOMICILIOS	0.006
	JARDINES	0.003

JARDINES	DOMICILIOS	0.705
	MERCADOS	0.003

Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIONES

Los residuos orgánicos de domicilios, jardinería y de mercado que fueron tratados mediante la técnica del compostaje Takakura, se evaluaron antes y después del tratamiento para establecer la calidad y eficiencia de la producción.

La humedad inicial de los residuos orgánicos de domicilios y jardines no sobrepaso el límite del 70%, cantidad óptima para el inicio del compostaje. Por el contrario, los residuos de mercados presentaron valores promedios del 73.80% (*Véase Tabla N° 12*). En comparación con lo obtenido por Castro (2015), el índice de humedad que evaluó inicialmente en los residuos municipales fue del 72.52%. Valores que se semejan atribuyendo esta situación primordialmente a el tipo de almacenamiento que las contiene, además que en la mayoría de los casos, estos son dispuestos a la intemperie provocando que absorban la humedad del ambiente. (Castro, 2015, p. 8) Para controlar este parámetro se enfatizó en la aireación priorizando hacer los volteos por las mañanas a la luz del sol, esto con el paso del tiempo influyó para controlar el exceso de este parámetro.

El pH de los residuos orgánicos domiciliarios y de mercados fueron ligeramente ácidos (pH <6) en contraste por lo hallado en los residuos de jardinería que fue cercana al neutro (pH 7) como se puede ver en la tabla N° 12. De acuerdo Córdova (2006) estas cifras ácidas son una característica de los residuos frescos; esto no sucede con los residuos forestales cuyo pH está determinado por su composición. Además los residuos que presenten valores cercanos al neutro tendrán mayor cercanía a la efectividad del compostaje pues es un indicio de la buena descomposición que tendrá. (Bueno et al., 2008 p.3)

Como parte de esta caracterización inicial, la relación C/N de los tres tipos de residuos orgánicos no supero el valor de 20/1. Datos que se asemejan a lo encontrado por Castro et al. (2015) cuyos datos son menores a 24/1 atribuyéndolo a la descomposición temprana de la materia a compostar. Asimismo, como se observa en la tabla N° 18, se define los porcentajes de C y N para poder analizar el comportamiento en el final del proceso. El nitrógeno se encuentra en

cantidades altas que de acuerdo a demostrado por Córdova et al. (2006), es propio de residuos de césped, plantas, restos de frutas y verduras, lo cual hará que la relación carbono nitrógeno sea baja.

Tabla N° 18. Porcentajes de carbono y nitrógeno de residuos orgánicos

TIPOS	%C	%N
DOMICILIOS	43.20	2.52
MERCADOS	41.50	2.61
JARDINES	34.80	2.60

Fuente: *Elaboración Propia*

En lo que respecta a la materia orgánica, los porcentajes obtenidos superaron el 60% valores que son de suma importancia para determinar la transformación que ha sufrido el compost. (Román et al., 2013, p.33)

Asimismo se realizó el monitoreo de la temperatura y pH de los residuos tratados en todo el compostaje. En lo que respecta a la temperatura, en la primera etapa todos los residuos tuvieron valores por encima de los 39°C, en comparación con lo trabajado por Borrero (2014) que registró temperaturas de 60°C aproximadamente; a diferencia de ello Iliquin (2014) registra datos que oscilan entre los 47°C. En la siguiente etapa, en la presente investigación, se produjo el incremento de la temperatura, que en todas las mezclas sobrepasaron los 35°C a los 14 días aproximadamente. A diferencia de lo hecho por Iliquin quien para este día tuvo un aumento que no sobrepasó los 28°C, de igual forma Borrero (2014) registro que por el día 11 se produjo un aumento en la temperatura que alcanzó los 50°C aproximadamente. En la etapa de maduración, la estabilización de la temperatura tuvo diferencias entre las mezclas pues para los residuos de domicilios y jardines esta se realizó alrededor del día 44 y 47 respectivamente, para los desechos de mercados esto se produjo por el día 54. Borrero (2014) experimentó esta situación por el día 35, a diferencia de Iliquin (2014) por el día 45.

La diferencias de las investigaciones se encuentran en que Borrero logró alcanzar temperaturas muchísimo más altas que lograron intensificar la actividad microbiana, degradando más rápido la materia orgánica produciendo la estabilidad y alta calidad del compost. Asimismo las condiciones climatológicas que posee el lugar de experimentación, es una variable que ha influido en el

proceso. Caso contrario a lo que realizó Iliquin (2014) que como parte de mejorar el método agrego estiércol cambiando el proceso normal del compostaje Takakura. En esta investigación se estudió íntegramente el proceso Takakura, sin adicionar ni mejorar ninguna muestra tratada, además se laboró en condiciones ambientales bajas por estas épocas del año.

En lo que corresponde a las diferencias de las muestras tratadas, el comportamiento más estable lo presentaron los residuos de domicilios y jardines pues denotaron una marcada diferenciación de las etapas del compostaje culminando en la fijación de la temperatura con el ambiente. La diferencia con los residuos de mercados, radica en que las temperaturas fueron más altas en las etapas en las que debería haberse estabilizado. Esto generado principalmente por la condición inicial alta de humedad que durante el proceso fue controlado mediante la aireación y volteo de las mezclas; sin embargo, esto retraso en gran manera al proceso.

En lo que corresponde al seguimiento del pH, el comportamiento de los residuos de jardinería y domicilios fue semejante, aunque presento algunas diferencias basadas primordialmente en el valor inicial del pH. En el caso de los residuos de mercados, estos presentaron un pH ácido, que sufrió algunos descensos, ocasionado primordialmente por las condiciones anaerobias generadas por el alto contenido humedad. En comparación con lo realizado por Borrero (2014), el pH tuvo una evolución normal, puesto que hubo un aumento de valores alcalinos que finalmente se lograron estabilizar. Iliquin (2014), presentó durante todo el proceso valores que oscilaban entre 7.5 – 8 lo cual es un indicador de una buena descomposición.

La calidad final del compost se calculó en base la medición de los parámetros físicos y químicos iniciales. La temperatura final de las muestras ha alcanzado un valor menor a 22°C (Tabla N° 13) que indican la semejanza con la temperatura ambiente. Estos resultados se parecen a los logrados por Iliquin (2014) quien menciona que en promedio sus mezclas se estabilizaron en 21°C; en cambio Borrero (2014) registró que las temperaturas al día 35 alcanzaron una cifra mínima de entre 24°C - 26°C. Como se puede apreciar, la temperatura tiene relación directa con las condiciones climatológicas y el lugar en donde se

desarrolla la actividad del compostaje. Borrero realizó su trabajo en Costa Rica, un país en donde las temperaturas son más altas por el clima tropical que posee; en cambio, las demás investigaciones se desarrollaron en el Perú, que por esta época del año cuenta con las temperaturas más bajas.

De igual forma, se tomaron datos de humedad del producto final. El compost producido a partir de los distintos residuos se encontró por debajo del 50% como se ve en la tabla N° 13. Si bien es cierto, los residuos de mercados están por encima del porcentaje permitido, la diferencia no es significativa y no está contemplada como una limitante. Cabe mencionar que en investigaciones locales se han presentados valores cercanos a lo hallados en el presente trabajo. (Iliquin, 2014, p. 59), algunos existen pequeñas variaciones como en el caso de Márquez (2016) cuyo porcentaje se encontró cerca al 36.05%, generado principalmente por el control agregando una solución de agua con melaza. Sin embargo, estos resultados influyen directamente en el transporte y posterior costo; así como el uso que se le pretenda dar.

En el caso del pH, el resultado final fue neutro en todas las fuentes de residuos orgánicos (Tabla N° 13), estos valores se encuentran en el rango óptimo de 6.5 – 8.5. (Román, 2013, p.31) En comparación con el trabajo efectuado por Márquez (2016), la diferencia es significativa en relación a todos los valores, pues ella obtuvo un valor alcalino. Este valor es generado por que el material que trabajo tiene un exceso de nitrógeno del 49% generado por la utilización de desechos de animales como es el estiércol de finca. Asimismo Hernández et al. (2015) manifiesta que registro un pH alcalino, que fue producido por la mezcla de los residuos orgánicos con aceite residual que poseen concentraciones ácidas.

La relación C/N al finalizar el proceso tuvo una disminución en la cantidad de cada elemento. Tal como se puede deducir de la tabla N° 19, el porcentaje de carbono respecto de la caracterización inicial, ha sido reducido en un 59.26%, 54.84% y 53.42% para los residuos de domicilios, mercados y jardinería respectivamente. Esto ha influido directamente en la temperatura alcanzada en el proceso de compostaje, pues aquellos que presentan un mayor porcentaje presentan valores más altos en los registros de este indicador. En lo que respecta al porcentaje de nitrógeno, los residuos de domicilios y jardinería, tienen porcentajes del 49.21% y

46.54% respectivamente, en tanto los residuos de mercados presentan el más alto índice de reducción (52.87%). Este es el dato más alto pues puede haberse debido al sistema del volteo que se empleó para dar aireación a la mezcla con la finalidad de disminuir la humedad.

Tabla N° 19. Porcentajes de carbono y nitrógeno finales

TIPOS	%C	%N
DOMICILIOS	17.60	1.28
MERCADOS	18.74	1.23
JARDINES	16.21	1.39

Fuente: *Elaboración Propia*

Los datos obtenidos fueron menores a 15/1, valores óptimos para la calidad del compost final. En comparación con el trabajo de Nur et al. (2013) la relación C/N se encontró alrededor de 20/1 indicando que estos valores son apropiados para su utilización en la agricultura. Estas diferencias pueden deberse a las características de los residuos iniciales, además del tiempo en el que se alcanzó la estabilidad.

La materia orgánica es el factor principal para determinar la calidad del compost. La cantidad final de todas las mezclas sobrepasa el 20%, que es una cantidad óptima que favorece los posteriores usos que se le pueda dar. Iliquin (2014) determinó que el producto final que genero tiene un 21%, un descenso ocasionado por la mineralización y la pérdida de carbono que representaron el 20% de la masa inicial. Para Márquez (2016), este parámetro tiene un valor que corresponde al 46.87% asumiendo que esto se debe a que añadió ingredientes que favorecen la proliferación de microorganismos y el posterior procesamiento de la materia orgánica. En lo que respecta al porcentaje de reducción en relación a los datos iniciales, los resultados indican que el mayor valor lo presentan los residuos de domicilios con un 59.25%. Estos datos dependen del tipo de material y de su degradabilidad, en el caso de los residuos de jardinería, estos presentan porcentajes menores pues poseen componentes orgánicos como la lignina y celulosa que son de difícil descomposición.

Los resultados se muestran en la tabla N° 20.

Tabla N° 20. Porcentaje de reducción de la materia orgánica

TIPOS	%MO INICIAL	%MO FINAL	% REDUCCIÓN
-------	-------------	-----------	-------------

DOMICILIOS	74.48	30.35	59.25
MERCADOS	71.54	32.31	54.84
JARDINES	60.00	27.95	53.42

Fuente: Elaboración Propia

La eficiencia se ha evaluado en base a la reducción del peso de la mezcla compostada. Los datos se muestran en la tabla N° 14, los residuos que presentaron mayores porcentajes de eficiencia son los domiciliarios y de jardinería. Los residuos de mercados tienen un índice por debajo del 60%, esto puede deberse al alto porcentaje de humedad que contenía en el inicio del compostaje, retrasando el proceso por completo y no completando la estabilización del producto final. En comparación con Borrero (2014), la eficiencia que hallo superó el 80% por las altas temperaturas logradas en el proceso de compostaje. En este caso las temperaturas de domicilios y jardines se mantuvieron en el rango óptimo, lo cual significó un buen índice de eficiencia.

V. CONCLUSIONES

- Las características iniciales de los residuos orgánicos ayudaron a analizar el comportamiento del compostaje. La humedad de los residuos resulto ser alta en los residuos de mercados, generado principalmente por el inadecuado almacenamiento. El pH tuvo valores ligeramente alcalinos en los residuos de mercados y domicilios, a diferencia de la cifra cercana a neutro de los restos de jardinería. La relación carbono nitrógeno fue baja en todas las muestras, esto originado principalmente por la composición que poseen. En lo que respecta a la materia orgánica, todas las muestras sobrepasaron el 60% que es el indicador óptimo que debe tener la materia a compostar.
- En lo referente a la calidad final del compost, la temperatura de las tres mezclas estuvieron de acuerdo a la temperatura ambiente. La humedad se encontró alrededor del 40%, valores que indican el grado óptimo del producto final. El pH fue estable en los tres tipos de residuos, cuyos datos son recomendables para la finalización del proceso. La relación carbono nitrógeno no sobrepasó el 15%, lo cual es un indicador de la efectividad del proceso y sus posibles usos. El porcentaje de materia orgánica se encontró por encima del 20%, valores favorables para la utilidad del compost generado.

- La eficiencia del compostaje fue mayor con los residuos de domicilios y jardinería los que sobrepasaron el 70%, a diferencia de lo ocurrido con los residuos de mercados quienes no alcanzaron el 60% de reducción del volumen.
- La calificación de la calidad y eficiencia tuvo un valor relativamente alto en los residuos de domicilios y jardinería, índices que demuestran cuales son los residuos con mayor tendencia al éxito en su utilización. En el caso de mercados, el resultado tiene una cifra menor en comparación al resto, sin embargo no la excluye para el aprovechamiento a futuro.
- El uso de los diferentes residuos orgánicos tiene influencia significativa en la calidad y eficiencia del compost, pues no todos presentan las mismas condiciones en su desarrollo. En el caso de los residuos de mercados, estos presentaron una diferencia significativa con relación al resto por tanto se hace necesario contar con un tratamiento previo para su uso.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar seguimiento de la humedad en el proceso del compostaje.
- En el caso de los residuos orgánicos de mercados, se aconseja realizar un pre tratamiento que busque disminuir la humedad de los mismos.
- Se debe utilizar equipos que logren triturar los residuos al mínimo para lograr una mayor efectividad del proceso.
- Se debe realizar el test de germinación para corroborar las propiedades de su aplicación.

VII. REFERENCIAS

ALVAREZ, José. Manual de compostaje para agricultura ecológica. [en línea]. Andalucía. 2013. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2017]. Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecoloxica/Manual%20compostaxe.pdf

BORRERO Gonzales, Gina. Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico. Tesis (Magister en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción). Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2014. 192pp.

BUENO, Pedro, DIAZ, Manuel, CABRERA, Francisco. Factores que afectan al proceso de Compostaje, España: IRNAS. 19(1): 93 - 109, 2008. ISBN: 978-84-8476-346-8

CABILDO, Alan; CLARAMUNT, Rosa; CORNAGO, Pilar; ESCOLASTICO, Consuelo; ESTEBAN, Soledad; FARRAN, Ángeles; GARCIA, Ángeles; LOPEZ,

Concepción; PEREZ, Javier; PEREZ, Marta; GUTIERREZ, Dolores; SANZ, Dionisia. Reciclado y tratamiento de residuos [en línea]. 1a ed. Madrid: Universidad Nacional de Educación a distancia, 2008 (actualizado al 2012), [fecha de consulta: 16 de noviembre de 2017]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=jXEFxC3GiGQC&printsec=frontcover&dq=i+author:%22VV.AA+-+Varios+Autores%22&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjo8sDxg_DXAhVwluAKHSXkABgQ6wEIjAA#v=onepage&q&f=false. ISBN: 9788436260069

CASTRO, Gustavo, DAZA, Martha y MARMOLEJO, Luis. Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca, Colombia: Gestión y Ambiente. 19(1): 179-191, junio 2016. ISSN: 0124.177X

CÓRDOVA Molina, Carolina. “Estudio de factibilidad técnico - económica para instalar una planta de compostaje, utilizando desechos vegetales urbanos”. Tesis (Título de Ingeniero Forestal). Santiago: Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales, 2006. 100 pp.

Decreto Legislativo N° 1278. Decreto legislativo que aprueba la ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano. Lima, 22 de diciembre del 2016.

Definición ABC. 2013. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/desechos-organicos.php>

DIRECCION ESTATAL AMBIENTAL TRUJILLO. Compost Takakura para la reducción de residuos orgánicos. [Material gráfico proyectable]. Trujillo: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente – Venezuela. 2015. 32 diapositivas.

EARTHGREEN. Aprende .2011. Disponible en: <http://www.earthgreen.com.co/aprenda-pyr/74-principios-basicos-del-compostaje>

El Compostaje. [Mensaje en un blog]. Barcelona: INFOAGRO, 2007. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2017]. Recuperado de: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>

EVAGAM. Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de La Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013.

HERNANDEZ, Raquel, TORRES, Roldán y RAMIREZ, Yhonel. Implementación del Método de Compostaje Takakura para el reciclaje de desechos en la Ciudad de Loja, Ecuador. [en línea]. 2015, vol. 4, no 1. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2017]. Disponible en: https://issuu.com/universidadnacionaldeloja/docs/revista_bioteecnologia_n4__4_ | ISSN: 1390-7573

HERNANDEZ, Raquel, TORRES, Roldán y RAMIREZ, Yhonel. Implementación del Método de Compostaje Takakura para el reciclaje de desechos en la Ciudad de Loja, Ecuador. [en línea]. 2015, vol. 4, no 1. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2017]. Disponible en: https://issuu.com/universidadnacionaldeloja/docs/revista_bioteecnologia_n4__4_ | ISSN: 1390-7573

HONOBÉ, Yuta. El método Takakura, herramienta de responsabilidad ambiental. [en línea]. Ecuador. 2013. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2017]. Disponible en: https://issuu.com/fonag/docs/m__todo_takakura_1

ILQUIN Fernández, Roberth. Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y Em-compost en el distrito de Chachapoyas. Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Amazonas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, 2014. 149 pp.

INSTITUTO PARA LAS ESTRATEGIAS AMBIENTALES GLOBALES. Compostaje para la reducción de residuos – Juego de informaciones. [En línea]. Kitakyushu. 2010. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2017]. Disponible en: https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp_kit_low.pdf

INTI. Presidencia de la Nación. Noviembre de 2012. Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/compostajedomiciliario/pdf/modelo.pdf> ISBN 978-92-5-307844-8

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. DuocUC. 01 abril 2017.
Disponible en:
https://www.jica.go.jp/english/our_work/thematic_issues/mement/study_sp.html

Ley N° 27314. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de julio de 2000.

MÁRQUEZ Carrión, Johanna. “Elaboración de compost mediante el método Takakura y análisis comparativo de su riqueza nutricional con compost tradicional en el relleno sanitario del cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe”. Tesis (Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente). Zamora: Universidad Nacional de Loja, Área agropecuaria y de recursos naturales renovables, 2016. 107pp.

MAT, Nur, NADRAH, Ma'min, MD ZAIN, Shahrom, AHMAD, Noor y MD ZAINI, Najah. Composting of Mixed Yard and Food Wastes with Effective Microbes, Malasia. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 65:2 89–95, 2013. ISSN: 0127–9696

MELÉNDEZ, Gloria y SOTO, Gabriela. Taller de abonos orgánicos. [en línea]. Costa Rica. 2013. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Orgánicos.pdf>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. Manual de compostaje. España. 2011. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2017]. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_de_compostaje_2011_1-24_tcm7-181450.pdf

MUNICIPALIDAD DISTRITAL LAREDO. Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales. Laredo: DPA, 2015. 85 p.

NUR, Fatin; NURQAIDAH, Nadrah; SHAHROM, Md Zaina; NOOR, Ezlin; NAJAH, Sofia. Composting of Mixed Yard and Food Wastes with Effective Microbes, Malasia. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 65:2 89–95, 2013. ISSN: 0127–9696

PEREZ, Lebi. Cultura Orgánica. 2013. Disponible en: <http://www.culturaorganica.com/html/articulo.php?ID=98>

Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Recursos internet links) [en línea]. EIDENAR: Juan Silva, Piedad López y Pady Valencia. 2009. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2017]. Disponible en [http://bases.bireme.br/cgi-](http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=15755&indexSearch=ID)

[bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=15755&indexSearch=ID](http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=15755&indexSearch=ID)

REVISTA colombiana de Biotecnología. [en línea]. Bogotá: UNC, 2013. [fecha de consulta: 22 de junio del 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77660211>. ISSN: 0123-3475

REVISTA de divulgación. [en línea]. Tabasco: UJAT, 2008. [fecha de consulta: 22 de junio del 2017]. Disponible en: <http://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/874/735>. ISSN: 1665-0514

ROBLES Mitma, Marlon. “Evaluación de parámetros de temperatura, pH y humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad provincial de Leoncio Prado”. Practicas pre profesional. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de La Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, 2015. 59 pp.

ROMÁN, Pilar; MARTINEZ, María y PANTOJA, Alberto. Manual de Compostaje del Agricultor, experiencias en América Latina. 2013. Santiago de Chile: FAO.

SEGAT. Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del área urbana de Trujillo. Trujillo: Ecology Yasjomi E.I.R.L, 2016. 47 p.

SEPÚLVEDA, Luis y ALVARADO, Jhon. Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá. Medellín: ACODAL. ISBN 978-958-8513-69-0

SOCIEDAD PERUANA DE DERECHO AMBIENTAL. Manual de Residuos Sólidos. Lerma Gómez: Perú, 2009. 18 pp. Número Depósito Legal: 2009-15321

SOLIVA, Monserrat; LOPEZ, Marga. (Noviembre, 2004). CENAM/MIMAN. Disponible en http://mie.esab.upc.es/ms/recerca_experimentacio/articles_ESAB/Calidad%20compost%20lodos.pdf

SUBGERENCIA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL. Botadero El Milagro. [Material gráfico proyectable]. Trujillo: Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo - SEGAT- La Libertad. 2015. 14 diapositivas.

UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA. Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost. Noeli Garita: Costa Rica, 2015. 16 pp.

VASICEK, Araceli. Capacitación para el reciclado de Residuos Orgánicos. Argentina: UNP. ISBN: 0221 423 6758

ANEXO Nº 01: PREPARACIÓN DEL MÉTODO TAKAKURA

1) Producción de soluciones saladas y azucaradas.

a) Solución azucarada

<u>Agua azucarada</u>	+	<u>Alimentos Fermentados</u>
2kg de azúcar		1L de yogurt natural
45L de agua		1L de yogurt procesado
Recipiente de 50L		300g de levadura

b) Solución salada

<u>Agua salada</u>	+	<u>Frutas y hortalizas</u>
2kg de sal		Cáscaras de frutas y
45L de agua		hojas: Uva, naranja,
Recipiente de 50L		papaya, etc.

Una vez terminadas se mezclaron completamente, procurando taparlas para evitar contacto con agentes contaminantes. La fermentación estuvo lista en 7 días.

- 2) Se generó el lecho de fermentación para lo cual se empleará 70kg de cascarilla de arroz, 70kg de hojarasca y 30 kilos de harina.
- 3) Se mezcló las soluciones con el lecho de fermentación, dejando reposar por un periodo aproximado de 7 días en donde se formó un moho blanco en la superficie.
- 4) Finalmente, se realizó la combinación de residuos orgánicos y el lecho de fermentación en relación de 1/1 (volumen) disponiéndolo en cada caja compostera.

ANEXO Nº 02: FICHA DE REGISTRO DE DATOS

FICHA DE SEGUIMIENTO

CÓDIGO DE CAJA: DT11

PESO SEMILLA DE COMPOST: 14 Kg

PESO INICIAL DE RESIDUOS: 17 kg

PESO FINAL DE COMPOST:

FECHA DE INSTALACION 14-09-17

FECHA	TEMPERATURA	PH	OBSERVACIONES
15/09/17	38.5	5.73	
16/09/17	36.2	5.54	
17/09/17	34.6	5.39	
18/09/17	32.6	5.18	
19/09/17	29.4	5.02	
20/09/17	28.3	5.12	
21/09/17	27.5	5.23	
22/09/17	26.2	5.57	
23/09/17	25	5.46	
24/09/17	24	5.76	
25/09/17	23.7	5.87	
26/09/17	38.1	6.04	
27/09/17	37.4	6.11	
28/09/17	35.2	6.23	
29/09/17	31.4	6.48	
30/09/17	29.6	6.48	
01/10/17	28.5	6.36	
02/10/17	28.1	6.87	
03/10/17	27.4	6.69	
04/10/17	26.5	6.88	

ANEXO Nº 03: VALIDACIÓN DE DATOS

Para efectos de la investigación denominada *“Influencia del uso de Residuos Orgánicos de Domicilios, mercados y Jardinería en la calidad y eficiencia del Compost Takakura”* se deben estandarizar los resultados obtenidos, para ello se establecieron escalas de valoración. Se solicita a usted se sirva mostrar una opinión en base a su experiencia y conocimiento.

Parámetro: Temperatura											
0	2	4	6	8	10	10	8	6	4	2	0
27°	26°	25°	24°	23°	22°	21°	20°	19°	18°	17	16°

Parámetro: Relación Carbono – Nitrógeno										
2	4	6	8	10	10	10	8	6	4	2
23:1	21:1	19:1	17:1	15:1	13:1	11:1	9:1	7:1	5:1	3:1

Parámetro: Humedad												
0	2	4	6	8	10	10	10	8	6	4	2	0
70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%	10%

Parámetro: pH										
2	4	6	8	9	10	9	8	6	4	2
10	9.5	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5

Parámetro: Materia Orgánica					
10	8	6	4	2	0
>20%	18%	16%	14%	12%	10%

Parámetro: Eficiencia									
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
>75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%	20%

En base a esta calificación, la caracterización final se estimará tomando en cuenta el porcentaje asignado a cada parámetro. Para lo cual se definió la siguiente ecuación:

Caracterización final = 3% Temperatura + 30% Relación C/N + 7% Humedad + 10% pH + 30% Materia Orgánica + 20% Eficiencia
--

REVISADO POR: Ing. Juan Carlos Chávez Felipe - Ingeniero Agrónomo.
UNT

ANEXO N° 04: CARACTERIZACIÓN INICIAL DE RESIDUOS

1. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

Tabla N° 21. Caracterización inicial por repeticiones

CÓDIGO	pH	Humedad %	C/N	M.O. %
DT11	5.94	63.95	18/1	80.01
DT12	6.31	64.90	16/1	72.79
DT13	6.18	61.77	18/1	70.65
MT21	6.39	80.68	15/1	78.98
MT22	5.56	68.60	16/1	66.53
MT23	5.32	72.12	18/1	69.12
JT31	6.94	56.38	13/1	58.77
JT32	7.08	69.67	13/1	62.77
JT33	6.81	58.18	14/1	58.46

Fuente: Elaboración propia

2. REGISTRO DE TEMPERATURA DE DOMICILIOS

Tabla N° 22. Temperatura de residuos de domicilios - repeticiones

DIAS	DT11	DT12	DT13
1	38.5	39.9	39.3
2	36.2	35.1	38.6
3	34.6	32.9	36.9
4	32.6	29.1	39.3
5	29.4	27.3	30.2
6	28.3	26.8	29.6
7	27.5	25.9	28.4
8	26.2	25.2	27.1
9	25	24.9	25.3
10	24	24.1	24.9
11	23.7	23.6	24.6
12	38.1	22.9	23.7
13	37.4	39.1	22.4
14	35.2	37.9	38.6
15	31.4	35.6	37.9
16	29.6	32.4	35.4
17	28.5	29.1	33.1
18	28.1	27.5	29.8
19	27.4	27.2	28.6
20	26.5	25.9	27.4
21	26.8	26.2	27.6

22	27.5	26.8	27.8
23	27.8	27.3	27.9
24	27.9	27.6	27.6
25	27.6	27.8	27.3
26	27.2	27.6	27.4
27	26.8	27.3	27.2
28	26.7	26.8	26.8
29	26.4	26.6	26.5
30	25.7	26.2	26.9
31	25.6	26.7	25.5
32	25.1	26.5	25.6
33	25.7	25.8	25.4
34	24.9	25.7	25.2
35	24.6	25.7	24.8
36	25.1	24.6	24.7
37	24.8	24.1	24.9
38	25.6	24.3	24.6
39	24.7	24.4	23.3
40	24.1	23.6	23.2
41	24.4	23.2	23.5
42	24.9	23.4	23.1
43	24.1	23	23.1
44	23.8	23.1	22.9
45	23.2	22.7	22.8
46	23.6	22.5	22.7
47	22.8	22.8	22.4
48	23	22.4	22.5
49	22.4	22.5	22.6
50	22.1	22.1	22.2
51	22.3	22.3	21.9
52	22.6	22	21.7
53	22.4	21.9	21.6
54	22.2	21.7	21.7
55	22.4	22	21.5
56	22.5	21.9	21.6
57	22	21.8	21.4
58	22	21.7	21.4
59	22.1	21.8	21.3
60	22	21.8	21.4

Fuente: *Elaboración propia*

3. REGISTRO DE TEMPERATURA DE MERCADOS

Tabla N° 23. Temperatura de residuos de mercados - repeticiones

DIAS	MT21	MT22	MT23
1	47.2	36.5	37.9
2	46.6	32.1	36.8
3	41.6	31.6	35.4
4	37.5	34.1	35.2
5	36.2	34	38.9
6	34.3	33.6	36.4
7	33.2	33.1	32
8	32	32.9	31.8
9	30.9	32.2	30.7
10	30.6	31.9	28.4
11	29.5	29.7	27.9
12	29.4	27.4	31.5
13	29.2	33.8	35.2
14	36.8	36.5	34.1
15	34.8	37.4	33.8
16	33	38.4	32.4
17	32.6	43	31.7
18	31.9	41.2	30.6
19	31.2	40.8	28.5
20	30.8	38.9	27.9
21	31.3	37.5	27.8
22	31.6	37.2	27.6
23	32.5	36.8	27.7
24	32.1	36.9	27.5
25	32.4	36.2	27
26	31.8	35.8	26.8
27	31.7	35.4	26.9
28	31.7	35.2	26.5
29	31.4	34.6	25.7
30	31.5	33.8	25.3
31	31.6	32.1	25.6
32	31.2	31.5	25.3
33	31	30.2	25.1
34	30.8	29.5	25.2
35	30.3	28.4	25
36	30.1	27.6	24.9
37	29.7	27.5	24.6
38	29.4	27.2	24.7

39	29.2	26.7	24.8
40	28.4	26.5	24.3
41	28.6	26.8	24.6
42	27.9	26.2	24.5
43	27.5	25.9	24.2
44	26.4	25.4	23.8
45	26.8	25.7	23.7
46	26.7	25.3	23.9
47	26.2	24.8	23.5
48	25.7	24.5	23.6
49	25.3	23.9	23.4
50	25	23.2	23.2
51	24.7	23	23
52	24.5	22.8	22.9
53	23.7	22.9	22.7
54	23.8	22.7	22.4
55	23.4	22.5	22.6
56	22.9	22.6	22.1
57	22.6	22.2	21.3
58	22.3	21.9	21.2
59	21.8	21.8	21.3
60	21.7	21.9	21.1

Fuente: Elaboración propia

4. REGISTRO DE TEMPERATURA DE JARDINES

Tabla N° 24. Temperatura de residuos de jardines - repeticiones

DIAS	JT31	JT32	JT33
1	40	42.5	42.7
2	40.3	40.6	41.3
3	38.5	37.4	40.5
4	36.4	32.3	38.7
5	32.2	30.9	35.2
6	30.6	29.1	31.1
7	27.5	28.2	28.1
8	26.3	25.7	27.6
9	24	24.9	26.8
10	23.8	24.3	37.7
11	23.4	39.8	36.1
12	38.6	37.3	35.4
13	40.4	34.7	32.2
14	37.6	31	28.9
15	33.5	27.5	27

16	29.9	26.2	26.8
17	29.1	25.2	27
18	28.8	25.7	27.3
19	28.4	25.9	27.7
20	28.1	26.2	28.1
21	28.3	26.3	28.6
22	28.5	26.1	28.5
23	28.2	26	28.3
24	27.8	25.8	28.1
25	27.6	25.9	28.2
26	27.5	25.6	27.7
27	27.1	25.1	27.5
28	27.3	25.3	27.6
29	26.9	24.9	27.6
30	26.7	24.5	27.3
31	26.2	24.6	27.4
32	26.3	24.7	26.8
33	25.8	24.3	26.7
34	25.4	24	26.5
35	25.3	23.8	26.1
36	25.5	23.7	25.8
37	24.8	23.6	25.7
38	24.6	23.9	25.3
39	24.7	23.3	25.4
40	24.6	23.1	25
41	24.9	23.2	24.9
42	24.6	23.4	24.7
43	24.6	23.2	24.6
44	24.2	23.1	24.1
45	24	23.6	23.8
46	23.9	23.2	23.5
47	23.2	22.7	23.2
48	23.6	22.5	22.7
49	22.8	22.6	22.9
50	22.1	22.8	22.4
51	22.2	22.7	22.5
52	22.4	22.3	22.6
53	22.6	22.4	22.3
54	22.9	22.1	22
55	22.7	21.9	21.8
56	22.8	21.7	21.5
57	22.8	21.5	21.6

58	22.9	21.4	21.7
59	22.4	21.5	21.6
60	22.7	21.4	21.5

Fuente: Elaboración propia

5. REGISTRO DEL PH DE DOMICILIOS

Tabla N° 25. pH de residuos de domicilios - repeticiones

DIAS	DT11	DT12	DT13
1	5.73	5.99	5.84
2	5.54	5.73	5.76
3	5.39	5.52	5.42
4	5.18	5.31	5.24
5	5.01	5.17	5.12
6	5.12	5.22	5.28
7	5.23	5.37	5.36
8	5.57	5.42	5.54
9	5.46	5.21	5.37
10	5.76	5.67	5.49
11	5.87	5.72	5.32
12	6.04	5.91	5.66
13	6.11	6.15	5.91
14	6.23	6.27	6.04
15	6.48	6.44	6.32
16	6.48	6.25	6.24
17	6.36	6.62	6.54
18	6.87	6.47	6.73
19	6.69	6.73	6.84
20	6.88	6.95	6.91
21	6.72	7.11	7.19
22	6.91	7.19	7.05
23	7.03	7.26	7.16
24	7.15	7.18	7.03
25	7.31	7.35	7.28
26	7.14	7.42	7.24
27	7.06	7.41	7.19
28	7.17	7.59	7.35
29	7.35	7.52	7.41
30	7.03	7.65	7.29
31	7.23	7.6	7.38
32	7.15	7.69	7.06
33	7.06	7.72	7.37
34	7.28	7.75	7.56

35	7.45	7.79	7.43
36	7.56	7.72	7.48
37	7.61	7.62	7.52
38	7.39	7.68	7.38
39	7.62	7.63	7.63
40	7.43	7.49	7.72
41	7.69	7.43	7.49
42	7.52	7.51	7.66
43	7.35	7.56	7.74
44	7.59	7.45	7.44
45	7.42	7.54	7.63
46	7.35	7.49	7.54
47	7.23	7.53	7.62
48	7.21	7.46	7.47
49	7.37	7.57	7.59
50	7.36	7.61	7.61
51	7.36	7.58	7.56
52	7.48	7.69	7.64
53	7.42	7.64	7.49
54	7.49	7.82	7.51
55	7.36	7.71	7.57
56	7.41	7.62	7.61
57	7.48	7.56	7.58
58	7.36	7.69	7.49
59	7.45	7.72	7.65
60	7.31	7.85	7.51

Fuente: Elaboración propia

6. REGISTRO DEL PH DE MERCADOS

Tabla N° 26. pH de residuos de mercados - repeticiones

DIAS	MT21	MT22	MT23
1	6.01	5.21	5.13
2	5.78	5.03	4.87
3	5.49	4.85	4.76
4	5.61	4.62	4.51
5	5.25	4.35	4.29
6	5.19	4.11	4.08
7	5.37	3.92	3.85
8	5.49	3.75	3.67
9	5.68	3.65	3.41
10	5.27	3.79	3.57
11	5.34	3.86	3.89

12	5.19	3.94	3.76
13	5.46	4.01	3.97
14	5.64	4.26	4.12
15	5.37	4.48	4.27
16	5.79	4.39	4.49
17	5.93	4.56	4.67
18	6.12	4.72	4.81
19	6.35	4.97	4.68
20	6.49	5.05	5.12
21	6.57	5.26	5.03
22	6.41	5.19	5.31
23	6.68	5.07	5.69
24	6.37	5.37	5.53
25	6.47	5.41	5.62
26	6.32	5.24	5.52
27	6.68	5.56	5.86
28	6.41	5.69	6.12
29	6.73	5.78	6.03
30	6.82	5.81	6.28
31	6.56	5.82	6.43
32	6.95	6.26	6.39
33	7.29	6.15	6.57
34	7.06	6.27	6.28
35	7.35	6.48	6.62
36	7.44	6.45	6.37
37	7.27	6.32	6.82
38	7.42	6.74	6.91
39	7.29	6.83	7.12
40	7.48	6.97	7.28
41	7.36	7.14	7.48
42	7.23	7.25	7.27
43	7.49	7.34	7.65
44	7.52	7.49	7.67
45	7.58	7.57	7.59
46	7.49	7.62	7.71
47	7.65	7.69	7.78
48	7.61	7.72	7.82
49	7.57	7.86	7.86
50	7.52	7.63	7.92
51	7.62	7.58	7.85
52	7.53	7.61	7.76
53	7.47	7.52	7.61

54	7.54	7.56	7.52
55	7.49	7.41	7.39
56	7.58	7.37	7.45
57	7.46	7.36	7.36
58	7.52	7.49	7.54
59	7.58	7.38	7.39
60	7.61	7.55	7.48

Fuente: Elaboración propia

7. REGISTRO DEL PH DE JARDINES

Tabla N° 27. pH de residuos de jardines - repeticiones

DIAS	JT31	JT32	JT33
1	6.49	6.52	6.34
2	6.74	6.35	6.49
3	6.51	6.68	6.78
4	6.28	6.81	6.51
5	6.17	6.43	6.62
6	6.35	6.52	6.48
7	6.24	6.25	6.32
8	6.19	6.11	6.17
9	6.01	6.04	6.45
10	6.15	6.32	6.52
11	6.39	6.54	6.78
12	6.45	6.79	6.85
13	6.51	6.62	6.93
14	6.83	6.83	6.75
15	6.74	6.94	6.86
16	6.91	7.06	7.11
17	7.18	7.29	7.29
18	7.1	7.02	7.18
19	7.28	7.25	7.36
20	7.11	7.42	7.33
21	7.06	7.35	7.31
22	7.18	7.42	7.39
23	7.26	7.51	7.42
24	7.34	7.63	7.57
25	7.46	7.58	7.61
26	7.52	7.42	7.51
27	7.69	7.36	7.58
28	7.72	7.49	7.62
29	7.61	7.53	7.56
30	7.78	7.62	7.44

31	7.65	7.78	7.38
32	7.53	7.63	7.29
33	7.79	7.58	7.25
34	7.64	7.59	7.2
35	7.52	7.41	7.39
36	7.38	7.36	7.41
37	7.24	7.21	7.42
38	7.01	7.35	7.36
39	7.12	7.41	7.48
40	7.26	7.38	7.52
41	7.31	7.26	7.49
42	7.38	7.35	7.51
43	7.42	7.45	7.58
44	7.54	7.58	7.62
45	7.69	7.63	7.68
46	7.73	7.73	7.72
47	7.62	7.85	7.59
48	7.58	7.72	7.63
49	7.41	7.63	7.83
50	7.36	7.52	7.76
51	7.21	7.74	7.46
52	7.15	7.42	7.61
53	7.09	7.56	7.5
54	7.12	7.51	7.49
55	7.08	7.33	7.53
56	7.21	7.46	7.42
57	7.05	7.51	7.27
58	7.12	7.28	7.52
59	7.07	7.42	7.46
60	7.28	7.56	7.36

Fuente: Elaboración propia

ANEXO Nº 05: EFICIENCIA EN LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Tabla Nº 28. Eficiencia del compostaje Takakura

TRATAMIENTOS	PESO DE SEMILLA (kg)	PESO DE RESIDUOS (kg)	PESO DE MUESTRAS (kg)	TOTAL (kg)	COMPOST (kg)	MATERIAL DE RECHAZO (kg)	EFICIENCIA (%)
DT11	14	17	0.40872	30.59128	22.08	2.36	72.18
DT12	14	17	0.45803	30.54197	21.36	2.51	69.94
DT13	14	17	0.35893	30.64107	21.05	2.85	68.70
MT21	14	23	0.40578	36.59422	21.39	4.16	58.45
MT22	14	23	0.39511	36.60489	21.26	3.95	58.08
MT23	14	23	0.40588	36.59412	21.04	3.40	57.50
JT31	14	12	0.43942	25.56058	18.28	2.26	71.52
JT32	14	12	0.39517	25.60483	18.64	2.65	72.80
JT33	14	12	0.37387	25.62613	18.20	2.48	71.02

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 06: CALIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS

Tabla N° 29. Valoración final del compost

TIPOS DE RESIDUOS	Calificación de Calidad					Calificación de eficiencia	Calificación Final
	T°	C/N	Hd	pH	MOT		
DT11	10	10	10	9.36	10	9.44	9.82
DT12	10	10	10	8.69	10	8.99	9.67
DT13	10	10	10	9.76	10	8.74	9.72
MT21	10	10	9.70	9.84	10	6.69	9.30
MT22	10	9	8.99	9.70	10	6.62	8.92
MT23	10	10	9.76	9.64	10	6.54	9.26
JT31	8.6	10	10	9.18	10	9.30	9.74
JT32	10	10	10	9.90	10	9.56	9.90
JT33	10	10	10	9.84	10	9.20	9.82

Fuente: *Elaboración propia*

ANEXO Nº 07: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

1. Análisis de Humedad (EOI, 1985)

a. Materiales

- Balanza de precisión 2 decimales, SARTORIUS.
- Estufa de marca DAIHAN, Modelo WOF-50, Capacidad 50 Litros de 250°C.
- Recipientes metálicos

b. Procedimiento

- Se selecciona entre 100 a 200g de residuos. (W1)
- Se disponen los residuos sobre los recipientes metálicos
- Se coloca la muestra en la estufa a 105°C por un periodo de 24 horas.
- Se pesa la muestra final. (W2)

c. Cálculos

$$H = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

2. Análisis de pH

a. Materiales

- Potenciómetro
- Balanza de precisión 2 decimales, SARTORIUS.
- Vasos de precipitación de 250ml
- Embudos
- Papel filtro
- Agua destilada
- Varilla de agitación

b. Procedimiento

- Pesar 10g de muestra de residuos sólidos previamente cortados.
- Agregar 25ml de agua destilada.
- Agitar la mezcla.
- Pasar por papel filtro.
- Medir con el potenciómetro.

3. Materia Orgánica (Walkley y Black modificado)

Se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Materia Orgánica (\%)} = \text{Carbono Orgánico} \times 1.724$$

4. Relación de Carbono / Nitrógeno

Para ello se utilizó el analizador elemental por combustión de los laboratorios de la Universidad Nacional de Trujillo.

5. pH en campo

a. Materiales

- Peachímetro de tipo PH-009 (III)
- Vaso de precipitación de 250ml.
- Varilla de agitación
- Embudo
- Papel Filtro

b. Procedimiento

- Pesar 10g de muestra de residuos sólidos previamente cortados.
- Agregar 25ml de agua destilada.
- Agitar la mezcla.
- Pasar por papel filtro.
- Medir con el potenciómetro.

6. Temperatura

a. Temperatura

- Termómetro digital con sonda

b. Procedimiento

- Se colocó el dispositivo en el centro de la mezcla.
- Se dejó reposar por 1 minuto.
- Se procedió a anotar los resultados

ANEXO Nº 08: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

1. Pruebas de normalidad para ponderación de datos finales

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DT	,253	3	.	,964	3	,637
MT	,351	3	.	,828	3	,183
JT	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

2. Media y desviación estándar de datos agrupados

Descriptivos

general

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DOMICILIOS	3	9,7367	,07638	,04410	9,5469	9,9264	9,67	9,82
MERCADOS	3	9,1600	,20881	,12055	8,6413	9,6787	8,92	9,30
JARDINES	3	9,8200	,08000	,04619	9,6213	10,0187	9,74	9,90
Total	9	9,5722	,33293	,11098	9,3163	9,8281	8,92	9,90

3. Prueba ANOVA

ANOVA

general

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,775	2	,388	20,823	,002
Dentro de grupos	,112	6	,019		
Total	,887	8			

4. Prueba TUKEY

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: general

HSD Tukey

(I) factor	(J) factor	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
DOMICILIOS	MERCADOS	,57667 [*]	,11139	,005	,2349	,9184
	JARDINES	-,08333	,11139	,746	-,4251	,2584
MERCADOS	DOMICILIOS	-,57667	,11139	,005	-,9184	-,2349
	JARDINES	-,66000 [*]	,11139	,002	-1,0018	-,3182
JARDINES	DOMICILIOS	,08333	,11139	,746	-,2584	,4251
	MERCADOS	,66000 [*]	,11139	,002	,3182	1,0018

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO Nº 09: RESULTADOS DE LABORATORIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

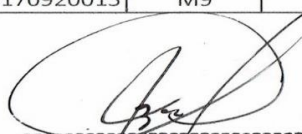


ANÁLISIS DE CARBONO, NITROGENO E HIDROGENO

No.	Coding	Name	Methods	Weight(g)	Cd(%)	Hd(%)	Nd(%)	Date
01	20170920007	M1	BK	0.1496	34.09	4.19	2.58	20/09/2017
02	20170920008	M2	BK	0.1445	36.41	4.20	2.75	20/09/2017
03	20170920009	M3	BK	0.1334	33.91	3.66	2.48	20/09/2017
04	20170920010	M4	BK	0.1033	45.81	4.09	3.14	20/09/2017
05	20170920011	M5	BK	0.1057	38.59	5.03	2.41	20/09/2017
06	20170920012	M6	BK	0.1119	40.09	5.36	2.27	20/09/2017
07	20170920013	M7	BK	0.1015	46.41	6.81	2.55	20/09/2017
08	20170920014	M8	BK	0.1027	42.22	6.99	2.68	20/09/2017
09	20170920015	M9	BK	0.1059	40.98	6.56	2.34	20/09/2017

Equipo: Analizador Elemental CHN

Operator:


 Ing. Carlos O. Pinzaca Jacinto
 Reg. CIP. 54796

Donde:

M1: JT31

M2: JT32

M3: JT33

M4: MT21

M5: MT22

M6: MT23

M7: DT11

M8: DT12

M9: DT13



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



ANÁLISIS DE CARBONO, NITROGENO E HIDROGENO

No.	Coding	Name	Methods	Weight(g)	Cd(%)	Hd(%)	Nd(%)	Date
01	20171122009	DT11	BK	0.1074	17.85	1.01	1.29	22/11/2017
02	20171122010	DT12	BK	0.1044	16.95	1.06	1.26	22/11/2017
03	20171122011	DT13	BK	0.1033	18.01	1.10	1.29	22/11/2017
04	20171122012	MT21	BK	0.1025	18.22	0.65	1.28	22/11/2017
05	20171122013	MT22	BK	0.1026	19.55	0.69	1.19	22/11/2017
06	20171122014	MT23	BK	0.1039	18.46	0.75	1.22	22/11/2017
07	20171122015	JT31	BK	0.1034	15.75	1.09	1.25	22/11/2017
08	20171122016	JT32	BK	0.1004	16.21	1.01	1.45	22/11/2017
09	20171122017	JT33	BK	0.1053	16.67	1.05	1.46	22/11/2017

Equipo: Analizador Elemental CHN

Operator:


Ing. Carlos O. Pirizaca Jacinto
Reg. CIP. 54796

ANEXO N° 10: ANEXO FOTOGRÁFICO

SOLUCIÓN SALADA



Fotografía N° 1. Acondicionamiento de recipientes
Fuente: Propia



Fotografía N° 2. Selección de cáscaras
Fuente: Propia



Fotografía N° 3. Cáscaras de frutas
Fuente: Propia



Fotografía N° 4. Pétalos de flores
Fuente: Propia



Fotografía N° 5. Mezcla de flores
Fuente: Propia



Fotografía N° 6. Restos vegetales
Fuente: Propia



Fotografía N° 7. Agregando agua a la mezcla
Fuente: Propia



Fotografía N° 8. Agregando sal a la mezcla
Fuente: Propia



Fotografía N° 9. Combinando los elementos
Fuente: Propia



Fotografía N° 10. Probando la mezcla salada
Fuente: Propia

SOLUCIÓN AZUCARADA



Fotografía N° 11. Llenando los 45L de agua
Fuente: Propia



Fotografía N° 12. Agregando yogurt procesado
Fuente: Propia



Fotografía N° 13. Agregando yogurt natural
Fuente: Propia



Fotografía N° 14. Agregando levadura
Fuente: Propia



Fotografía N° 15. Agregando azúcar
Fuente: Propia



Fotografía N° 16. Combinando los elementos
Fuente: Propia



Fotografía N° 17. Prueba de la solución
Fuente: Propia

LECHO DE FERMENTACIÓN



Fotografía N° 18. Acondicionamiento del lugar
Fuente: Propia



Fotografía N° 19. Pesaje de materiales
Fuente: Propia



Fotografía N° 20. Vaceado de cascarilla de arroz
Fuente: Propia



Fotografía N° 21. Vaceado de tierra vegetal
Fuente: Propia



Fotografía N° 22. Mezclando los componentes
Fuente: Propia



Fotografía N° 23. Colando las soluciones
Fuente: Propia



Fotografía N° 24. Agregando las soluciones
Fuente: Propia



Fotografía N° 25. Mezclando soluciones y materiales
Fuente: Propia



Fotografía N° 26. Vaceado de harina
Fuente: Propia



Fotografía N° 27. Tapado de lecho de fermentación
Fuente: Propia

MANTENIMIENTO DEL LECHO DE FERMENTACIÓN



Fotografía N° 28. Movimiento de la mezcla
Fuente: Propia



Fotografía N° 29. Mantenimiento de la mezcla
Fuente: Propia



Fotografía N° 30. Comprobando la humedad de la mezcla
Fuente: Propia



Fotografía N° 31. Mantenimiento interdiario de la mezcla
Fuente: Propia



Fotografía N° 32. Comprobación de la humedad
Fuente: Propia



Fotografía N° 33. Reposo de la mezcla
Fuente: Propia



Fotografía N° 34. Distribución de las cajas composteras
Fuente: Propia



Fotografía N° 35. Distribución de la semilla de compost
Fuente: Propia



Fotografía N° 36. Tamizado por malla de 2mm
Fuente: Propia



Fotografía N° 37. Resultado del tamizaje
Fuente: Propia



Fotografía N° 38. Compost Final DT11
Fuente: Propia



Fotografía N° 39. Compost Final DT12
Fuente: Propia



Fotografía N° 40. Compost Final DT12
Fuente: Propia



Fotografía N° 41. Compost Final MT21
Fuente: Propia



Fotografía N° 42. Compost Final MT22
Fuente: Propia



Fotografía N° 43. Compost Final MT23
Fuente: Propia



Fotografía N° 44. Compost Final JT31
Fuente: Propia



Fotografía N° 45. Compost Final JT32
Fuente: Propia



Fotografía N° 46. Compost Final JT33
Fuente: Propia



Fotografía N° 47. Medición inicial de pH
Fuente: Propia



Fotografía N° 48. Muestras finales
Fuente: Propia



Fotografía N° 49. Análisis de humedad
Fuente: Propia



Fotografía N° 50. Análisis de pH final
Fuente: Propia



Fotografía N° 51. Calibración del PH-009(III)
(7)
Fuente: Propia



Fotografía N° 52. Calibración del PH-009(III)
(10)
Fuente: Propia