

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



“EL BALANCE CARBONO/NITRÓGENO DE LOS
RESIDUOS DE CÉSPED Y FRUTA EN LA ACELERACIÓN
DEL COMPOSTAJE, LURIGANCHO-LIMA, 2023”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES:

NESTOR ESPINOZA FELIX

MARTIN CABAÑAS OYARCE

GILMER TONY MORENO CUYA

ASESOR: CARLOS ODORICO TOME RAMOS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL
AMBIENTE

Callao, 2023

PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



VII CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 007-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 133 ACTA N°007-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 19 días del mes de noviembre del año 2023, siendo las 15:40 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/mge-roer-zin>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Dr.	José Pablo Rivera Rodríguez	: Presidente
Mtro.	Abner Josué Vigo Roldán	: Secretario
Mg.	Alex Willy Pilco Núñez	: Vocal
Mtro.	Américo Carlos Milla Figueroa	: Suplente
Mtro.	Carlos Odorico Tome Ramos	: Asesor

Con el quórum reglamentario de ley, de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, y habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, se dio inicio al acto de sustentación de la tesis, de los bachilleres Nestor Espinoza Felix, Martin Cabañas Oyarce y Gilmer Tony Moreno Cuya, titulada: "EL BALANCE CARBONO/NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE CÉSPED Y FRUTA EN LA ACELERACIÓN DEL COMPOSTAJE, LURIGANCHO-LIMA, 2023", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual;

Luego de la exposición, la absolucón de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, el jurado acordó: Dar por **APROBADO** la presente tesis, con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y cuantitativa **CATORCE (14)**, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio de 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:30 horas del día domingo 19 de noviembre del año en curso.

Presidente
José Pablo Rivera Rodríguez

Secretario
Abner Josué Vigo Roldán

Vocal
Alex Willy Pilco Núñez

Asesor
Carlos Odorico Tome Ramos

Document Information

Analyzed document	1A_CABAÑAS OYARCE; Martin_ESPINOZA FELIX; Nestor_MORENO CUYA; Gilmer Tony_IF TESIS.pdf (D178566458)
Submitted	11/12/2023 5:01:00 PM
Submitted by	
Submitter email	fiarn.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	11%
Analysis address	unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28145/efus_oa.pdf?sequence=1&isAl... Fetched: 11/12/2023 5:03:00 PM		2
W	URL: https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-compost-y-cuales-son-sus-fases-el-poder-del-s... Fetched: 11/12/2023 5:02:00 PM		3
W	URL: https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=305221&info=resumen&idioma=SPA%250A Fetched: 11/12/2023 5:04:00 PM		5
W	URL: https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52607/MendezAlvaradoAbraham.pdf?sequence=3&isAllowed=y Fetched: 11/12/2023 5:03:00 PM		6
SA	1_ESTEFANO Y NICKOLAS_10672.docx Document 1_ESTEFANO Y NICKOLAS_10672.docx (D147876813)		3
SA	UNU_AMBIENTAL_2023_T_YEIMI-RIVERA_SAYDA-QUISPE_V1.pdf Document UNU_AMBIENTAL_2023_T_YEIMI-RIVERA_SAYDA-QUISPE_V1.pdf (D172227940)		4
SA	13.- Norma_Choqueconsa.docx Document 13.- Norma_Choqueconsa.docx (D149089258)		6
W	URL: https://www.innova.com.pe/la-valorizacion-de-residuos/ Fetched: 11/12/2023 5:03:00 PM		2
SA	tesis compost final..docx Document tesis compost final..docx (D126896610)		7
SA	Proyecto Abono Cascarilla.docx Document Proyecto Abono Cascarilla.docx (D10166780)		2
SA	Posgrado FIA-Tesis Palomino Jessica 2023 v1.doc Document Posgrado FIA-Tesis Palomino Jessica 2023 v1.doc (D178491247)		5

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR

PRESIDENTE: Dr. JOSÉ PABLO RIVERA RODRÍGUEZ

SECRETARIO: Mtro. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDÁN

VOCAL: Mg. ALEX WILLY PILCO NÚÑEZ

ASESOR: Mtro. CARLOS ODORICO TOME RAMOS

Nº DE LIBRO: 01

Nº DE FOLIO: 133

Nº DE ACTA: 007-2023

FECHA DE APROBACION DE TESIS: 19 DE NOVIEMBRE, 2023

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

TÍTULO:

“EL BALANCE CARBONO/NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE CÉSPED Y FRUTA EN LA ACELERACIÓN DEL COMPOSTAJE, LURIGANCHO-LIMA, 2023”

AUTORES:

NESTOR ESPINOZA FELIX / CODIGO ORCID: 0009-0008-2291-6083 /
DNI: 76174868

MARTIN CABAÑAS OYARCE / CODIGO ORCID: 0009-0000-0200-242X /
DNI: 43521718

GILMER TONY MORENO CUYA / CODIGO ORCID: 0009-0007-3042-8947 /
DNI: 72433219

ASESOR:

CARLOS ODORICO TOME RAMOS / CODIGO ORCID: 0000-0003-4528-162X
/ DNI: 07685630

LUGAR DE EJECUCIÓN:

PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS - DISTRITO DE LURIGANCHO – CHOSICA

UNIDAD DE ANÁLISIS:

COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

APLICADA / CUANTITATIVO / EXPERIMENTAL

TEMA OCDE:

1.05.08 -- CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

DEDICATORIA

A Dios, por guardar mi salud; a mi madre, Delia Félix, por su fuerza e inteligencia y a Bernabé Espinoza, mi padre, por su ejemplo y apoyo brindado durante las largas llamadas, quienes me formaron con reglas y algunas libertades; pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas y ser así la persona que soy en la actualidad. Muchos de mis logros se los debo a ustedes, gracias por creer en mí. A mi padrino, Hermógenes Espinoza, quien siempre estuvo en los momentos más difíciles de mi vida y nunca dejó de apoyarme. A mi hermana Marilú Espinoza, quien me mantuvo cuerdo y responsable, además de cuidarme durante todos estos años viviendo juntos. A mi familia entera, por creer en mí, en lo que soy y en lo que me convertiré; y, por último, a mis amigos y compañeros, quienes me inspiraron y apoyaron a llegar donde he llegado. Los quiero mucho a todos.

Néstor Espinoza Félix

Dedico esta tesis a Dios; a mi madre Donatilde, por su constante dedicación, apoyo y palabras sabias para nunca dejar de crecer profesional y personalmente. A mi hijo Bastian Martín, que es mi fuente de inspiración para constantemente proponerme nuevos retos y siempre reinventarme en esta vida. A mi papá Franklin, por su paciencia y largos diálogos, que siempre llevo presente. A mi hermano y hermanas, por su constante apoyo; a toda mi unida familia y a ustedes estimados docentes, por su apoyo constante en la elaboración de mi tesis.

Martin Cabañas Oyarce

Dedico a Dios, a los forjadores de mi camino que son mi amada familia, por confiar en mis decisiones, a mí madre Fely por darme ánimos en mis momentos más difíciles, a mí padre Gilmer por darme el ejemplo de profesional que yo debo ser y a mi hermana Fiorella por el apoyo moral que me brindó durante todo este proceso, a los que me acompañan y siempre me levantan de mi continuo tropiezo y a mis amistades más cercanas Ángel, Jasmine y Lisseth; muchas gracias por motivarme constantemente a mejorar tanto como profesional y como ser humano

Tony Gilmer Moreno Cuya

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a dios y a nuestras familias por habernos apoyado en todo este camino para poder lograr nuestro objetivo.

A nuestro asesor de esta tesis, profesor Carlos Odorico Tome Ramos, quien nos ha ayudado brindándonos conocimientos e información clave para el desarrollo de esta investigación y asesorándonos con mucho interés, entrega y una gran voluntad de apoyarnos.

A la Ing. Merli Eulalia Balbin Ramos y el Ing. Walter Martin Aliaga Pichilingue, por su hospitalidad y ayuda en la facilitación de herramientas, vehículos y la estadía en la Municipalidad Distrital de Lurigancho - Lima.

Y a los trabajadores, operarios de la Planta de Valorización de residuos orgánicos y Promotores Ambientales, quienes apoyaron brindándonos su apoyo voluntario con los trabajos de campo y monitoreo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. Justificación Ambiental.....	5
1.4.2. Justificación Económica.....	5
1.4.3. Justificación Práctica.....	5
1.4.4. Justificación Social.....	6
1.4.5. Justificación Metodológica.....	6
1.5. Delimitantes de la investigación.....	7
1.5.1. Delimitante Teórica.....	7
1.5.2. Delimitante Temporal.....	7
1.5.3. Delimitante Espacial.....	7
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	11
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. Residuos Sólidos.....	15
2.2.2. Valorización de residuos sólidos.....	16
2.2.3. Residuos Sólidos orgánicos.....	16
2.2.4. Importancia de la valorización de residuos sólidos orgánicos.....	17
2.2.5. Procesos de valorización de residuos sólidos orgánicos.....	17
2.2.6. Proceso de compostaje.....	18
2.2.7. Compost.....	18
2.2.8. Propiedades del compost.....	19
2.2.9. Insumos utilizados en el proceso de compostaje.....	19

2.2.10.	Tipos de procesos de compostaje	21
2.2.11.	Principales parámetros del proceso de compostaje	21
2.2.12.	Fases o etapas del proceso de compostaje	23
2.2.13.	Sistemas o metodologías del proceso de compostaje	24
2.3.	Marco Conceptual.....	26
2.3.1.	El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta	26
2.3.2.	Aceleración del compostaje	27
2.4.	Definición de términos básicos	28
2.4.1.	Biomasa	28
2.4.2.	Calidad de Compost.....	28
2.4.3.	Compost.....	28
2.4.4.	Estabilidad del compost	28
2.4.5.	Etapas del proceso de compostaje	28
2.4.6.	Materia prima	28
2.4.7.	pH	29
2.4.8.	Residuos Sólidos Municipales	29
2.4.10.	Relación carbono/nitrógeno (C/N).....	29
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	30
3.1.	Hipótesis.....	30
3.1.1.	Hipótesis General	30
3.1.2.	Hipótesis Especificas.....	30
3.2.	Definición conceptual de variables	30
3.2.1.	Variable independiente:	30
3.2.2.	Variable dependiente:	31
3.2.3.	Operacionalización de variables	31
IV.	METODOLÓGICA DEL PROYECTO.....	35
4.1.	Diseño metodológico.....	35
4.2.	Método de investigación	36
4.2.1.	Diseño de las unidades de compostaje y determinación de las dimensiones del área de estudio:	37
4.2.2.	Identificación y caracterización de materia prima (residuo orgánico).....	39
4.2.3.	Toma de muestra de materia prima (residuo orgánico).....	39
4.2.4.	Cálculo de la proporción de la cantidad de residuos de fruta y restos de poda para la mezcla en la unidad de compostaje:	41
4.2.5.	Elección y acondicionamiento del área de trabajo:	43
4.2.6.	Construcción y acondicionamiento de las unidades de compostaje:	45

4.2.7. Alimentación y mezcla de residuos de fruta y césped en las unidades de compostaje:.....	46
4.2.8. Monitoreo y control de parámetros en las unidades de compostaje:	47
4.2.9. Cosecha de compost:	47
4.3. Población y muestra	48
4.3.1. Población	48
4.3.2. Muestra	49
4.4. Lugar de estudio	49
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.....	50
4.5.1. Instrumentos.....	50
4.5.2. Técnica.....	50
4.6. Análisis y procesamiento de datos.	50
4.6.1. Análisis de datos	50
4.6.2. Aspectos éticos de la investigación	52
V. RESULTADOS	53
5.1. Resultados descriptivos.....	53
5.2. Resultados inferenciales	57
5.3. Otro tipo de resultados estadísticos	65
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.	68
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	69
6.3. Responsabilidad ética, de acuerdo a los reglamentos vigentes ...	70
VII. CONCLUSIONES	71
VIII. RECOMENDACIONES	73
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	84
ANEXO 1: Matriz de consistencia.....	84
ANEXO 2: Propuesta de instrumentos de recolección de datos.....	86
ANEXO 3: Datos de Temperatura obtenidos a partir del desarrollo del proyecto	87
ANEXO 4: Datos de pH obtenidos a partir del desarrollo del proyecto ..	90

ANEXO 5: Datos de Humedad obtenidos a partir del desarrollo del proyecto	93
ANEXO 6: Datos de Conductividad obtenidos a partir del desarrollo del proyecto	96
ANEXO 7: Resultados de laboratorio – Informe de Análisis Especial de Materia Orgánica	99
ANEXO 8: Resultados de laboratorio – Informe de Análisis Especial en Foliar.....	100
ANEXO 9: Cantidades calculadas por tipo de residuos que ingresaron a cada una de las composteras, se utilizó la formula brindada por la FAO (Román 2013).	101
ANEXO 10: Registro fotográfico de las actividades realizadas para el desarrollo de la presente investigación.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de las Variables.....	34
Tabla 2.	Etapas de ejecución de la presente investigación.....	36
Tabla 3.	Relación C:N de algunos materiales usados en el compostaje...	42
Tabla 4.	Parámetros según Norma Técnica Peruana NTP 201.207:2020 Fertilizantes.....	50
Tabla 5.	Parámetros según Norma Técnica Chilena 2880.....	51
Tabla 6.	Datos obtenidos a partir del residuo de fruta del análisis especial de materia orgánica de laboratorio.....	53
Tabla 7.	Datos obtenidos a partir del residuo de césped del análisis especial de materia orgánica de laboratorio.....	53
Tabla 8.	Cantidades por utilizar, residuos de césped y fruta, para cumplir con el balance carbono/nitrógeno, para <i>cada compostera</i>	54
Tabla 9.	Datos de temperatura obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	54
Tabla 10.	Datos de pH obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	54
Tabla 11.	Datos de humedad obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	54
Tabla 12.	Datos de conductividad obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	55
Tabla 13.	Compilado de datos de temperatura obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	55
Tabla 14.	Compilado de datos de pH obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	55
Tabla 15.	Compilado de datos de Humedad obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	55
Tabla 16.	Compilado de datos de Conductividad obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje.....	56
Tabla 17.	Compilado de datos estadísticos.....	56

Tabla 18.	Compilado de datos estadísticos de prueba de Análisis de Varianzas.....	59
Tabla 19.	Compilado de datos estadísticos de prueba de Análisis de Varianzas.....	60
Tabla 20.	Compilado de datos estadísticos de prueba de POST HOC para temperatura.....	63
Tabla 21.	Compilado de datos estadísticos de prueba de POST HOC para pH.....	64
Tabla 22.	Compilado de datos estadísticos de prueba de POST HOC para humedad.....	64
Tabla 23.	Compilado de datos estadísticos de prueba de POST HOC para conductividad.....	65
Tabla 24.	Compilado de datos estadísticos de prueba de normalidad.....	66
Tabla 25.	Compilado de datos estadísticos de prueba de homogeneidad de varianzas.....	68
Tabla 26.	Instrumentos que se utilizaran para la recolección de datos.....	87
Tabla 27.	Datos de temperatura de primera repetición.....	88
Tabla 28.	Datos de temperatura de segunda repetición.....	89
Tabla 29.	Datos de temperatura de tercera repetición	90
Tabla 30.	Datos de pH de primera repetición.....	91
Tabla 31.	Datos de pH de segunda repetición	92
Tabla 32.	Datos de pH de tercera repetición.....	93
Tabla 33.	Datos de Humedad de la primera repetición.....	94
Tabla 34.	Datos de Humedad de la segunda repetición.....	95
Tabla 35.	Datos de Humedad de la tercera repetición.....	96
Tabla 36.	Datos de conductividad eléctrica de la primera repetición.....	97
Tabla 37.	Datos de conductividad eléctrica de la segunda repetición.....	98
Tabla 38.	Datos de conductividad eléctrica de la tercera repetición.....	99

Tabla 39.	Datos del cálculo del balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta que ingresaron a cada compostera.....	102
------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Registro gráfico de la ubicación de la planta de valorización de residuos orgánicos.....	49
Figura 2.	Gráfico de frecuencia de humedad del compost.....	57
Figura 3.	Gráfico de frecuencia de pH del compost.....	57
Figura 4.	Gráfico de frecuencia de Temperatura del compost.....	58
Figura 5.	Gráfico de frecuencia de Conductividad eléctrica del compost...	58
Figura 6.	Gráfico de cajas de Temperatura de compost.....	61
Figura 7.	Gráfico de cajas de pH de compost.....	61
Figura 8.	Gráfico de cajas de Humedad del compost.....	62
Figura 9.	Gráfico de cajas de Conductividad Eléctrica del compost.....	62
Figura 10.	Registro fotográfico del traslado de los residuos orgánicos (CESPED) a la planta de valorización de residuos orgánicos...	103
Figura 11.	Registro fotográfico del traslado de los residuos orgánicos (FRUTA) a la planta de valorización de residuos orgánicos.....	103
Figura 12.	Registro fotográfico del proceso de muestreo de los residuos de FRUTA en la planta de valorización de residuos orgánicos.....	104
Figura 13.	Registro fotográfico del proceso de muestreo de los residuos de CESPED en la planta de valorización de residuos orgánicos....	104
Figura 14.	Registro fotográfico de la entrega de la muestra al laboratorio de Universidad nacional agraria la molina, facultad de agronomía, laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes – UNALM	105

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

C/N: Relación carbono/nitrógeno.

GEIs: Gases de efecto invernadero.

GPC: Generación per cápita.

MINAM: Ministerio del Ambiente.

pH: Potencial de hidrógeno.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de aplicar el balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima, 2023.

La metodología empleada en la investigación fue de enfoque cuantitativa, experimental. La toma de muestra se realizó al inicio del proceso con la aplicación del método de cuarteo a los residuos de césped y fruta que se utilizaron como insumos para el proceso de compostaje.

Se procedió a preparar mezclas a diferentes proporciones de relación carbono/nitrógeno, 4 unidades de estudio con 3 repeticiones cada una, y se alimentaron con mezclas de relación carbono/nitrógeno (20/1), relación carbono/nitrógeno (25/1), relación carbono/nitrógeno (30/1) y relación carbono/nitrógeno (40/1). Se monitorearon durante 30 días los parámetros de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica.

Como resultado se obtuvo que el balance carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta presentó valores de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica dentro de la media requerida para el Compostaje; se registraron los siguientes datos: temperatura, 32.63°C; pH, 6.94; humedad, 47.64% y conductividad eléctrica, 1.303 dS.m⁻¹.

Se concluye que, con la aplicación del balance carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta, se consiguió la aceleración del Compostaje, realizado bajo las condiciones óptimas de los parámetros mencionados, considerándose así como una buena alternativa para el Compostaje.

Palabras clave: Carbono/Nitrógeno (C/N), compostaje, compost, residuos de césped y fruta

ABSTRACT

This research work has been carried out with the purpose of applying the carbon/nitrogen balance of grass and fruit waste to accelerate composting, Lurigancho-lima, 2023.

The methodology used in the research was quantitative, experimental. Sampling was carried out at the beginning of the process with the application of the quartering method to the grass and fruit waste that were used as inputs for the composting process.

Mixtures were prepared at different proportions of carbon/nitrogen ratio of 4 study units with 3 repetitions each and they were fed with mixtures of Carbon/nitrogen ratio (20/1), Carbon/nitrogen ratio (25/1), Carbon/nitrogen ratio (25/1), carbon/nitrogen (30/1) and Carbon/nitrogen ratio (40/1). The parameters of Temperature, pH, Humidity and Electrical Conductivity were monitored for 30 days.

As a result, it was obtained that the carbon/nitrogen balance (30/1) of the grass and fruit residues presented values of Temperature, Ph, Humidity and Electrical Conductivity within the average required for Composting. As proof of this, the following data were recorded: Temperature: 32.631°C, pH: 6.9452, Humidity: 47.64% and Electrical Conductivity: 1.30297 dS.m⁻¹.

It is concluded that, with the application of the carbon/nitrogen balance (30/1) of grass and fruit waste, the acceleration of Composting carried out under the optimal conditions of the aforementioned parameters was achieved, thus being considered a good alternative for Composting.

Keywords: Carbon/Nitrogen (C/N), composting, compost, grass and fruit waste.

INTRODUCCIÓN

A partir de los problemas observados de la disposición final de los residuos sólidos surge la posibilidad de realizar compostaje para la aplicación en la actividad agrícola principalmente. Por ende, por medio de esta investigación, se plantea realizar valorización de residuos sólidos orgánicos mediante la producción de compost, el cual limitaría la utilización de agroquímicos y fitosanitarios en la agricultura, que muchas veces mejoran el rendimiento de los suelos, pero que a su vez provocan problemas de eutrofización y daños irreparables en el suelo y agua por acumulación.

El objetivo de esta investigación es determinar de qué manera influye el balance de carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje en el Distrito de Lurigancho, tomando como indicadores a las mezclas de cada Unidad de Estudio, las cuales son: Relación carbono/nitrógeno (20/1), Relación carbono/nitrógeno (25/1), Relación carbono/nitrógeno (30/1) y la Relación carbono/nitrógeno (40/1). Todo ello con el interés de verificar cual es la influencia que tiene esta manipulación en la elaboración del compost, cuantificados mediante las variaciones que sufren los parámetros fisicoquímicos luego del proceso de compostaje, tales como: la Humedad, pH, Relación C/N y la Conductividad Eléctrica.

Por último, cabe señalar que la presente investigación se enfoca en la aceleración del proceso de compostaje en la Planta de valorización de residuos orgánicos de la Municipalidad Distrital de Lurigancho - Chosica, cuya principal problemática actual es la lenta producción de compost y el inadecuado control de los parámetros durante el proceso, y en suma, de una falta de aplicación de metodologías de control sobre el balance adecuado del carbono y nitrógeno de los residuos al inicio del proceso.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El uso de abonos sintéticos está provocando el deterioro de los suelos agrícolas, ocasionando poca productividad de estos, generando con ello dificultades económicas para quienes se dedican a cultivos agronómicos en todo el planeta (Efus, 2017).

Por otra parte, el problema de la gestión de residuos sólidos se está agudizando en los últimos años, debido a la acumulación de residuos que se ha incrementado, convirtiéndose en una amenaza a la salud pública y al medio ambiente, ya que generan malos olores, lixiviados, aparición de roedores, propagación de plagas, alteración del paisaje y en sí, una contaminación ambiental general (Chucos, 2020).

A Nivel Mundial, cada año en promedio se recolectan 11 200 millones de toneladas de residuos sólidos, donde la desintegración de la parte orgánica de estos residuos contribuye en un 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (ONU 2023), siendo América Latina y el Caribe parte de este problema, ya que, según el Banco Interamericano de Desarrollo – División de Agua y Saneamiento, la generación anual promedio de residuos sólidos Municipales para el año 2018 fue de 224 millones de toneladas, presentando preocupantes pronósticos de aumento a futuro (Correal, 2023); tales realidades obligan a los seres humanos a pensar en soluciones integrales de manejo y mitigación, tomando en cuenta el balance de carbono/nitrógeno de cada residuo sólido orgánico.

A Nivel Nacional y Regional se observa acumulación y mal manejo de residuos sólidos orgánicos que en gran medida contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero por degradación de la materia orgánica (MINAM - SINIA 2023).

Según el Análisis Local, en el Distrito de Lurigancho - Chosica, se ha constatado que la generación de residuos sólidos llegan a ser 56 753,8 Tn anuales en promedio, advirtiendo en los últimos años crecimiento desmesurado;

esto debido al incremento poblacional y la formación de nuevos Asentamientos Humanos, Asociaciones y Agencias Municipales en su jurisdicción, contando con precaria infraestructura para abastecer las nuevas necesidades de disposición y gestión adecuada de los residuos (Plataforma Nacional de Datos Abiertos 2023).

Al final, con el análisis global, nacional y local, se tiene mayor comprensión sobre la realidad en la cual se encuentra la gestión de residuos sólidos y se puede decir con total seguridad que la generación de residuos sólidos va preocupantemente en aumento provocando problemas medio ambientales que a futuro no asegura el establecimiento de nuevos ecosistemas con ambientes saludables y ecológicamente equilibrados.

Es así como se plantea esta investigación, que pretende contribuir a la implementación de nuevos sistemas de valorización de residuos orgánicos con tecnología que tome en cuenta el balance de carbono/nitrógeno de los residuos orgánicos que ayude a minimizar los riesgos de contaminación ambiental y establezcan parámetros adecuados de operación de los procesos biológicos del compostaje.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho - Lima, 2023?

1.2.2. Problemas Específicos

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (20/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho - Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (25/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho - Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho - Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho - Lima, 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar de qué manera influye el balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima, 2023.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar de qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (20/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima, 2023.

Determinar de qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (25/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima, 2023.

Determinar de qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima, 2023.

Determinar de qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima, 2023.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Ambiental

Como se ha visualizado anteriormente, la generación de residuos sólidos orgánicos va en aumento; y, por tanto, su tratamiento, gestión y manejo con metodologías de reducción y transformación presenta crucial importancia. Por ello, el compostaje se posiciona actualmente como principal alternativa para la reducción de gases de efecto invernadero causadas por la mala disposición de los residuos orgánicos y que además reduce la dependencia de fertilizantes químicos ayudando significativamente a la sostenibilidad del suelo y del medio ambiente (Estrella 2020).

1.4.2. Justificación Económica

Las directivas europeas están direccionadas a desarrollar e implementar métodos de tratamientos de actuación que se encuentren lo más cercano al lugar de origen de generación de residuos orgánicos para el ahorro económico, tomando en cuenta el Principio de Proximidad. De esta manera prevén reducir también el transporte de los residuos y con ello evitar el daño ambiental por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEIs). En ese sentido, para cumplir con lo mencionado anteriormente, se presenta como mejor alternativa el desarrollo de infraestructura para el adecuado proceso de compostaje como método de tratamiento de residuos sólidos orgánicos a nivel local o in-situ (Comesaña, 2022).

1.4.3. Justificación Práctica

El compost, producto del proceso de compostaje, permite que el suelo donde es aplicado mejore y propicie el desarrollo de plantas, ya que su propiedad principal es la de generar condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos, ya que el suelo y el compost no dejan de ser la parte viva de la corteza terrestre. El proceso de compostaje aprovecha los miles de años de evolución biológica que han tenido los microorganismos, adquiriendo capacidades de degradación de residuos orgánicos y que transforman en un conjunto de elementos químicos y en una compleja red de vida invisible a nuestros ojos. Un potencial que nos sirve para crear el sustrato de un almacigo

o huerto urbano, abonar el suelo de plantación de frutales o recuperar los suelos contaminados de por la minería (BBVA 2022).

1.4.4. Justificación Social

Los beneficios que traerá la presente investigación a la sociedad será la de proveer de fertilizantes a los parques y jardines del distrito, valorizando los residuos orgánicos y así conseguir un ambiente saludable y equilibrado y que las áreas verdes proliferen en más espacios del distrito y mejorando la calidad de vida y bienestar del vecino (Vargas, 2019).

1.4.5. Justificación Metodológica

Con esta investigación se busca evaluar la influencia del balance de carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta en la elaboración del compost tomando en cuenta la relación carbono/nitrógeno (C/N) de los residuos, preparado en 4 diferentes unidades de monitoreo experimental a quienes se introducirá el material orgánico, en diferentes proporciones de mezcla, que faciliten la descomposición de la materia orgánica debido a la mayor actividad microbiológica que se genera durante el proceso de compostaje.

En el distrito de Lurigancho – Chosica, predomina la actividad recreativa, comercial y agrícola, generando en su mayoría residuos sólidos de tipo orgánico, principalmente restos de césped y desechos de fruta. Es por ello que, observando las cantidades de residuos sólidos orgánicos, se plantea valorizar los residuos en el distrito antes de su disposición final en un relleno sanitario, ya que actualmente no cuenta con metodología de procesamiento de compostaje eficientes que puedan abastecer la demanda. La metodología que se plantea en esta investigación para el desarrollo del compostaje permitirá una completa descomposición de los residuos orgánicos y, al agregarlos al suelo, harán más efectiva la mejora de propiedades del suelo y el incremento de la materia orgánica.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante Teórica

En el desarrollo de esta investigación, se utilizó información científica, como antecedentes, los cuales serán de los 4 últimos años, esto con el objetivo de trabajar con información actualizada y que este a la vanguardia de la actualidad; es decir, toda la información relacionada a la influencia que existe entre; la preparación de mezcla orgánica de residuos de césped y fruta tomando en cuenta su propiedad fisicoquímica, en la elaboración del compost.

1.5.2. Delimitante Temporal

En este caso, la investigación se realizó en 3 meses desde julio a setiembre del presente año.

1.5.3. Delimitante Espacial

La presente investigación se desarrolló en la Planta de Valorización de Residuos Orgánicos de la Municipalidad Distrital de Lurigancho, el cual se encuentra en la Urbanización Santa María. Se tiene conocimiento que esta área donde se desarrolló la investigación se encuentra a una altitud de 500 msnm aproximadamente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Siles (2021) en su tesis **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPOSTAJE A ESCALA INDUSTRIAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE DIVERSA PROCEDENCIA: INDICADORES, CALIDAD Y ESTABILIDAD”**, tuvo como objetivo demostrar que el compostaje industrial se ha convertido en el procedimiento de aprovechamiento de residuos orgánicos más extendido, por su bajo coste y su bajo impacto ambiental. Para ello, en su metodología realizó un estudio comparativo sobre procesos de compostaje industrial, que gestionan residuos orgánicos de distinta naturaleza, siendo estos: residuos vegetales, residuos sólidos urbanos, lodos de depuradora y residuos agroalimentarios. Se analizaron un total de tres plantas de tratamiento para cada tipo de residuo, sumando un total de 15 plantas. En cada una de ellas se tomaron muestras en las fases críticas del proceso, incluyendo materias primas, fases mesófilas, enfriamiento, maduración y producto final. Se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y biológica de cada uno de los procesos de compostaje atendiendo a parámetros de control y seguimiento del proceso de compostaje, junto con parámetros relacionados con la biodegradabilidad, la estabilidad biológica, la madurez y el grado de higienización de los productos finales. Como medida de madurez, se realizó un estudio de la evolución de la fitotoxicidad durante los procesos industriales que permitió confirmar la idoneidad del índice de germinación como una herramienta sencilla para poder monitorizar el proceso de compostaje y verificar la calidad del producto final obtenido. En los resultados, se pudo corroborar que los procesos industriales que presentan mayores problemas para generar productos de calidad mínima fueron aquellos que procesaban residuos vegetales y residuos sólidos urbanos. En el primer caso, la problemática se encuentra localizada en los elevados valores de ciertos parámetros como el pH y la conductividad, que se alejan de forma acusada del valor óptimo para un compost. En el segundo caso, altos niveles de ciertos metales pesados restringen el uso ulterior de estos sustratos desde un punto de vista agronómico y les otorga un comportamiento fitotóxico muy potente.

Además, se realizó un seguimiento completo de los procesos de compostaje industrial que gestionan residuos agroindustriales; estos procesos emplean mezclas de partida alejadas del óptimo deseado en compostaje, pero de acuerdo a nuestros resultados, mediante las operaciones realizadas en las plantas de tratamiento, se pueden corregir los defectos de partida, para acabar generando compost con suficiente calidad para su uso con fines agrícolas, bajo condiciones de producción industrial. Por último, el estudio se centró en los residuos orgánicos de origen urbano, lodos de depuradora y residuos municipales. La mayoría de las instalaciones que procesan estos residuos son capaces de producir un compost con la calidad sanitaria suficiente para su uso agronómico, especialmente en lo relativo a la carga microbiana de origen fecal, aunque existen casos adscritos a plantas de tratamiento de residuos municipales donde no se garantizan las condiciones mínimas de higienización y deben mejorar sus condiciones de operación. Así pues, en un proceso de compostaje los materiales de partida suelen tener una composición y un origen de naturaleza muy diferente, lo que lleva asociado la generación de compost de mala calidad si el tratamiento que se realiza no es adecuado. Este amplio estudio demuestra que cada compostaje es único y que cuando se garanticen unas condiciones operacionales adecuadas durante el proceso, se podrá garantizar el éxito de este.

Por otra parte, según (Pasqualotto 2022) en su tesis **“CARACTERIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE BODEGA: COMPOSTAJE Y OBTENCIÓN DE ENMIENDA PARA USO AGRÍCOLA”**, tuvo como objetivo demostrar que los residuos orgánicos pueden ser tratados mediante un proceso de compostaje obteniendo insumos para la producción agrícola. Para ello aplicó la siguiente metodología: diseñó el proceso de compostaje a gran escala para Bodega Chandon, permitiendo utilizar en un mismo proceso diversos residuos orgánicos y de esta forma reducir el volumen de residuos generados. Los materiales compostables fueron, en mayor volumen, el orujo fresco y escobajo generado en la bodega, los residuos de jardinería, césped y hojas secas, y, en tercer lugar, como aporte complementario de nutrientes e inoculador de microorganismos, se incorporó guano de vaca de

productores locales. A las muestras de materia prima inicial se les determinó pH, humedad, contenido de materia orgánica, cenizas, Nitrógeno, relación C/N y densidad aparente. Los valores obtenidos definieron las proporciones a usar de cada residuo para el compostaje. El volumen inicial total aproximado fue de 2100 m³ y su equivalente de 582 t. Se utilizó un sistema abierto de compostaje de pilas con volteos y riegos periódicos, obteniendo los siguientes resultados, en el proceso de compostaje se obtuvieron 330 t de compost para su uso como fertilizante orgánico y mejorador de suelos en las fincas por su alto contenido de materia orgánica y nutriente. Los resultados del compost terminado demuestran según la Normativa Nacional vigente, que corresponde a un Compost Clase A, sin embargo, algunos indicadores estuvieron próximos a los límites de la clasificación, por lo que se proponen algunas prácticas para mejorar el proceso.

(Méndez, 2022) en su estudio **“EVALUACIÓN DE LA COMPOSTA PRODUCIDA EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE XALAPA VERACRUZ”**, tuvo como objetivo evaluar la calidad de la composta producida en la planta de compostaje de Xalapa Veracruz, para ello aplicó la siguiente metodología, usando la frecuencia de los análisis sobre la composta corresponde con una instalación tipo B, por su recepción de 10 a 100 toneladas diarias de residuos, sin embargo, fue necesario recortar el periodo de tiempo de 1 año, los análisis se realizaron siguiendo los procedimientos de la NADF-020-AMBT-2011, con excepción de la materia orgánica, en la que se utilizó la estimación por calcinación. Las mediciones de granulometría se realizaron sobre la muestra base de 4 kg. Fue posible analizar todos los parámetros, como resultado se obtuvo la caracterización de la composta, dando una relación C/N 30.534, 28.877 y 26.355 para diciembre, febrero y abril respectivamente, retomando el proceso de compostaje que el encargado de la planta realizó durante su estadía, este abarcó 20 días con mezclas continuas, 20 en reposo, y luego maduración a la intemperie por tiempo de 30 días. En el mes de diciembre se analizó la composta con 40 días de proceso, en enero, febrero, marzo y primera semana de abril con 70, la cuarta semana de abril con 91. Fue posible determinar que la composta, en el estado en el que se encontró al momento de realizar los análisis, no representó un peligro para el medio ambiente o fauna, pero aún careció de las

condiciones adecuadas para ser un producto totalmente apropiado para las plantas, de acuerdo con la NMX-AA-180-SCFI-2018 y mientras el tiempo de proceso general fue de 40 y 70 días, para permitir a la composta cumplir con la protección vegetal, obteniendo como resultados que fue necesario mejorar la adición de nitrógeno y carbono durante el proceso, para mejorar la relación C/N y elevar el contenido de nitrógeno, además de un mayor tiempo de maduración y resguardar de la intemperie o del exceso de humedad mientras esta se lleve a cabo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según, Castillo (2020) en su estudio “**Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019**” tuvo como objetivo evaluar la calidad del compost a partir de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos: estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, con la aplicación de 3 dosis de “Microorganismos Eficaces” (EM) al 5 %, realizado en el distrito de Huayucachi, Huancayo. Se empleó el método experimental con un diseño completamente al azar, con 12 composteras de 0.8 m x 0.6 m, se monitorearon constantemente los parámetros de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM, obteniendo los siguientes resultados, los parámetros: humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, relación C: N, cromo y plomo, se encuentran dentro de los estándares de compost de calidad, según la Norma Técnica Chilena, FAO, IIAP-Iquitos y EPA Australia. Por otro lado, los metales como cadmio y zinc exceden los estándares de calidad del EPA-Australia y la Norma Técnica Chilena, debido a sus contenidos superiores a 1 ppm. La aplicación de EM al proceso de compostaje incrementó el contenido de humedad, conductividad eléctrica, calcio, cobre, zinc, relación C:N, cadmio y cromo en el compost obtenido, respecto al compost sin aplicación de EM.

Además, Guerrero (2021) en su estudio **“DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN C/N ÓPTIMA PARA LA OBTENCIÓN DE UN COMPOST DE BUENA CALIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA – HUARAZ – ANCASH, 2017 – 2019”**, tuvo como objetivo determinar la relación óptima de carbono y nitrógeno (C/N) de residuos orgánicos sólidos del distrito de Independencia. Para ello aplicó la siguiente metodología: caracterizar los residuos orgánicos sólidos de la Planta de Tratamiento de Póngor, a la que van todos los residuos del distrito, en donde se tomó los residuos orgánicos, diferentes pesos y se llevó al laboratorio de calidad ambiental de UNASAM, para que puedan conocer los valores de Carbono y Nitrógeno, para poder equilibrar y producir dos rumas de la forma habitual o convencional y una ruma como lo realizan en la Planta de Pongor, observar la diferencia entre los tratamientos de cada ruma. Asimismo, se creó la Ruma 1 con relación C/N: 35/1, Ruma 2 con relación C/N: 30/1 y la Ruma 3 con una relación C/N: 42/1. Las rumas fueron monitoreados la primera semana todos los días y después se realizó semanalmente. Los parámetros a monitorear fueron la temperatura, la humedad, el pH, el oxígeno y el olor. Al finalizar el proceso se recogió resultados, tales como, en la Ruma 1 y 2 tienen las mismas características durante todo el proceso de compostaje, el contenido de humedad varía porque la Ruma 2 tiene una humedad máxima de 83%, que el volteo puede evitar que haya una saturación de agua y esto provoca poco oxígeno. En la Ruma 3, en cambio, se tiene una humedad del 96%; esta ruma estuvo en la intemperie, pese a estas restricciones, no hay cambios drásticos en los resultados de los parámetros. El proceso de germinación nos permite saber cuál de las tres rumas tiene un compost de buena calidad, la germinación del 100% de semillas es en la Ruma 2, la cual tiene una proporción C/N:30 con una proporción de compost del 25% y 75% de tierra agrícola, el compostaje en esta ruma terminó en 14 semanas, la temperatura terminó con el 21.15 °C, la humedad terminó con el 44%, el pH fue alcalino con el 9.89, el oxígeno 15.22 y el olor a tierra con un color marrón oscuro.

Por otra parte, Tejada (2021) en su estudio **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE VARIEDADES DE COMPOST OBTENIDAS DE LA**

COMBINACIÓN DE ESTIÉRCOL VACUNO CON CASCARILLA DE ARROZ Y CON BROZA DE PAPA EN DIFERENTES PROPORCIONES EN EL DISTRITO DE COCACHACRA, ISLAY, AREQUIPA – 2020” tuvo como objetivo la elaborar y evaluar compost de diferentes variedades en base a residuos agroindustriales predominantes en el distrito de Cocachacra, en la provincia de Islay del departamento de Arequipa. Para ello aplicó la siguiente metodología: elaboraron tres repeticiones de cinco muestras, combinación de estiércol vacuno con cascarilla de arroz, en proporciones 30%-70% y 50%-50%, combinación de estiércol vacuno con broza de papa en proporciones 30%-70% y 50%- 50% y una muestra de punto central elaborada con 100% de estiércol vacuno. Durante todo el proceso, de una duración de 90 días, se realizó el monitoreo de los parámetros de temperatura, pH y humedad, a fin de llevar un registro de las fases del proceso. Una vez concluido el período, se procedió a la realización de los análisis de laboratorio para contrastar los resultados obtenidos en las muestras para los parámetros de Contenido de Coliformes fecales, Fósforo, Nitrógeno, Cromo, Relación Carbono/Nitrógeno y pH del producto compostado con los requisitos plasmados en la norma chilena de compost para los parámetros seleccionados. Dicha selección se debe a que esta es una de las normas más utilizadas a nivel internacional, ya que en nuestro país no se cuenta con una norma que reglamente la elaboración de compost. Obtuvo como resultados, demostrar que la combinación que evidencia cumplimiento de todos los parámetros evaluados es la elaborada en base a estiércol vacuno con cascarilla de arroz en proporción 50%- 50%, por encima de la combinación en relación 70%-30% que excede el contenido máximo de Fósforo en la muestra y superando también las muestras elaboradas en base a estiércol vacuno y broza de papa en sus dos combinaciones y el compost elaborado con 100% estiércol vacuno que no alcanzan el valor mínimo requerido por la norma para la relación Carbono/Nitrógeno.

Según, Díaz Caruajulca (2021) en su estudio de **“CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS (FRUTAS Y VERDURAS) DEL MERCADO MAYORISTA CHOTA”**, tuvo como objetivo caracterizar el compost elaborado a partir de residuos orgánicos (frutas y verduras) del mercado

mayorista Chota. La muestra estuvo constituida por 960 kg de residuos sólidos, la técnica fue la observación y los instrumentos fueron pH-metro, termómetro digital y la ficha de registro. Los resultados de la investigación mostraron que durante el proceso de degradación de los residuos orgánicos [90 días] la temperatura máxima alcanzada fue de 34.2 °C para el T0, posteriormente, durante el proceso de maduración iniciado a partir del día 60 los tratamientos T3, T2, T0 y T1 mostraron una temperatura de 18 y 20 °C; el pH se mantuvo en un rango de +5 a ± 7.5 y la humedad se mantuvo óptima. Obtuvo los siguientes resultados: la calidad del compost de los cuatro tratamientos con relación a la Norma Chilena 2880 muestra un compost de clase A, cumpliendo los parámetros de pH, Nitrógeno, fósforo, potasio y la relación del C/N, sin embargo, la materia orgánica se encontró por debajo del valor mínimo establecido en la norma. Finalmente, las propiedades físico – químicas obtenidas del producto final en los cuatro tratamientos fue: pH neutro [+5.9 a ± 7.2], materia orgánica [+10% a $\pm 13.25\%$], potasio [+0.0016 a $\pm 0.0020\%$], fósforo [+0.033 a $\pm 0.034\%$], Carbono [+18.28 % a $\pm 19.65\%$] y Nitrógeno [+0.81% a $\pm 1.064\%$], siendo de acuerdo a la prueba de Tukey los tratamientos con características más eficientes los tratamientos T1 y T2.

Según (Torres Fernandez 2022), en su estudio **“REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL HOGAR PARA LA PREPARACIÓN DE COMPOST Y LA GERMINACIÓN DE *Coriandrum sativum* (CULANTRO)”**, tuvo como objetivo demostrar que el problema de investigación con los residuos sólidos domésticos es que si no son disgregados principalmente en materia orgánica genera mucha contaminación porque va a basurales y hay muchos patógenos; para ello aplicó la siguiente metodología: se pesó la basura en todo el hogar, disgregándola primero en cítricos, residuo Orgánicos, plástico, desechos generales, lo del recogedor, papel, vidrio, residuos del baño (principalmente pañales), latas, pitas, madera y metal y luego se comparó con el peso de compost producido en una compostera, se analizaron las propiedades físico-químicas de la tierra del jardín y del compost para poder compararlas y finalmente se vio el rendimiento de la germinación de *Coriandrum sativum*, haciendo 5 tratamientos (diferentes sustratos) con 6 repeticiones, en las

cuales por cada semilla de Culantro salió dos plántulas, así que en total fueron 12 repeticiones, y su crecimiento; midiendo la altura de la planta, su diámetro de inserción, la longitud de 4 de los peciolo, la longitud de 4 de las láminas foliares y el número de hojas, haciendo 11 mediciones, obteniendo los siguientes resultados: para la germinación de Culantro se necesita que el sustrato tenga un equilibrio de nutrientes, mezclando tierra del jardín y compost, al haber pesado la basura por un mes, se ha desechado en total 94,51 Kg de residuos domésticos. La basura que más se ha desechado es residuos orgánicos: 32 Kg (41%), después de dos meses se ha producido 15 Kg de compost que es el 47 % del peso inicial de residuos orgánicos, al reducirse 53 % de la basura original, la tierra del jardín tiene una textura franca y los valores químicos del compost mucho mayores al del suelo, excepto en pH que son muy parecidos y en la relación Carbono/Nitrógeno el suelo necesitaría materia orgánica, y el compost es estable y maduro en el tratamiento C, el cual el sustrato es mitad tierra del jardín y mitad compost han germinado más rápido las semillas de Culantro, en 16 días, en cambio en el tratamiento A, que el sustrato es solo el compost ha germinado más lento, en el crecimiento de *Coriandrum sativum* tanto en las variables de altitud de la planta, diámetro, longitud del peciolo, longitud laminar, salió que no es significativa la diferencia según un análisis de varianza, y una prueba Post hoc (Duncan) en el cual los tratamientos también son homogéneos. De acuerdo al número de hojas en los tratamientos A, C, D y E salieron 4 hojas, en cambio en el tratamiento A en la 12va repetición solo salió 1 hoja.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Residuos Sólidos

Se obtienen a partir del consumo de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprende. También los objetos que, una vez satisfecha nuestras necesidades, tengamos la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando su valorización y en último caso, su disposición final (MINAM 2016).

Por otro lado, los residuos sólidos se generan principalmente de desechos provenientes de materiales usados en la fabricación o utilización de bienes de consumo. Todos estos residuos sólidos, en general se pueden reutilizar, con un correcto reciclado. Los principales generadores de residuos sólidos somos los ciudadanos de los distritos, con un porcentaje muy alto, en especial por la escasa conciencia de aplicación de buenas prácticas de reciclaje que existe actualmente (Rivas 2018).

Asimismo, se entiende por residuo sólido a todo material que ha sido desechado por su productor o poseedor del bien o servicio, pudiendo ser creado dentro de un proceso de transformación, fabricación, utilización, consumo o limpieza Pública (Galvis 2016).

2.2.2. Valorización de residuos sólidos

Los residuos sólidos que se generan en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, por ende, se priorizará su valorización, considerando su funcionalidad en actividades de: reciclaje de sustancias inorgánicas, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, esto siempre basándose en la naturaleza de cada producto (MINAM 2016).

Por otra parte, valorizar los residuos significa optimizar sus características en procesos de reciclado, recuperación y reutilización. También hace referencia a un proceso, cuyo objetivo es darle al residuo sólido una utilidad (Innova Ambiental 2023).

2.2.3. Residuos Sólidos orgánicos

Están compuestos por residuos de tipo biológico puede ser de naturaleza animal o vegetal, que sufren un proceso de descomposición natural, generando gases y lixiviados en los lugares de disposición final. Si se aplicara un tratamiento adecuado, se podría reaprovechar como fertilizantes (Diaz 2022).

Según Galvis (2016), son los materiales residuales que, en algún instante, tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o derivan de los procesos de formación de combustibles fósiles. Dentro de ellos se encuentran:

Putrescibles: Según Galvis (2016), son los residuos que tienen como base la producción o utilización de materiales naturales sin transformación natural significativa; por ello y por su grado de humedad poseen un alto grado de biodegradabilidad. Entre estos se pueden mencionar: residuos forestales o de jardín, residuos animales, residuos de comida, heces animales, residuos agropecuarios y agroindustriales, entre otros.

No putrescibles: Según Galvis (2016), los residuos cuyas características biológicas han sido cambiadas, al grado en que determinadas condiciones se quedan sin su biodegradabilidad. Comúnmente son los combustibles, entre los cuales se encuentran:

Naturales: La condición determinante de la pérdida de biodegradabilidad es la ausencia de humedad, por ejemplo, el papel, el cartón, los textiles de fibras naturales, y la madera, entre otros (Galvis 2016).

Sintéticos: Residuos no biodegradables altamente combustibles, provenientes de procesos de síntesis petroquímica, como por ejemplo los plásticos, las fibras sintéticas, entre otros (Galvis González 2016).

2.2.4. Importancia de la valorización de residuos sólidos orgánicos

El término valorización de residuos, no se menciona en todas las leyes, sin embargo los que la presentan hacen énfasis que los residuos constituyen un potencial recurso económico, por lo tanto, se priorizará su valorización, considerando reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o recuperación de suelos, entre otras opciones que eviten su disposición final. La valorización energética es ahora un tema muy hablado cuando la energía se obtiene del tratamiento de residuos, sin embargo, no se mencionan en todas las leyes (Tello 2018).

2.2.5. Procesos de valorización de residuos sólidos orgánicos

La valorización de residuos sólidos orgánicos puede utilizarse para la generación de sustratos para el crecimiento de bacterias mediante la fermentación en estado sólido, el aumento de la población actualmente tiene

como consecuencia el incremento de los residuos. El compostaje y la digestión anaerobia son tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente y una alternativa que permiten reducir y gestionar una parte de la gran cantidad de residuos orgánicos que se generan por la concentración de población en núcleos urbanos y el nivel de vida de las personas (Ballardo 2016).

2.2.6. *Proceso de compostaje*

El compostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica para obtener compost, un abono natural (Rivas 2018).

En términos generales el Compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. Como hemos visto en capítulos anteriores, la biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos (Sztern 2015).

2.2.7. *Compost*

El compost es un material al que se llega por biotecnologías de bajo coste, que nos permite mantener la materia orgánica dentro del ciclo natural, no incinerándola ni "ensilándola", con difícil y cara recuperación, como sería el caso de los rellenos sanitarios. Es un mejorador de suelos, sumamente útil en el combate a la erosión, en la mejora de los cultivos en cuanto a cantidad y calidad de los mismos. Su producción trae beneficios directos e indirectos si consideramos los beneficios en la producción, la mano de obra que ocupa su procesamiento, las posibilidades de obtener producciones ambientalmente sanas, la disminución de materia a eliminar y su valor como elemento formativo ambiental (Sztern 2015).

2.2.8. Propiedades del compost

Se clasificará de la siguiente manera:

Calidad Fertilizante: Los compost no suelen ser ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. Es más importante su contenido en microelementos y mucho más aún su capacidad para hacer disponibles los macro y microelementos propios, así como los del suelo, ya que, a través de diversos mecanismos, actuando como agentes quelantes, variando el pH, o por otros mecanismos más complejos que mejoran cualitativa y cuantitativamente el paso de los elementos nutritivos a la planta (Baca 2003).

Como Portador de Sustancias Húmicas: Los compost maduros tienen un contenido en sustancias húmicas elevado. Sustancias que se han demostrado claros mejoradores de las propiedades fisicoquímicas del suelo (complejo arcillo-húmico, capacidad de cambio catiónico, etc.) y del equilibrio suelo-planta (Baca 2003).

Como Soporte y Alimento de una Comunidad Biológica: La aplicación de compost al suelo aumenta la comunidad microbiana propia del mismo y establece un control biológico sobre muchos patógenos del suelo a través de diversos mecanismos: competición, antibiosis, hiperparasitismo, etc. incrementando también la resistencia sistémica de la planta. Se ha observado que los cultivos crecidos sobre suelos donde la aplicación de compost es regular, pueden disminuir parte de las aplicaciones de plaguicidas hasta en un 30% (Baca 2003).

2.2.9. Insumos utilizados en el proceso de compostaje

Según Negro (2000), Los insumos utilizados en el compostaje son subproductos orgánicos o materiales residuales, no es posible que un solo material orgánico residual tenga todas las características necesarias para un compostaje eficaz. Por esa razón, es necesario mezclar con otros materiales diferentes, en proporciones adecuadas, para obtener una mezcla con las características necesarias para llevar a cabo el proceso de compostaje.

Residuo vegetal de mercado: Llamamos residuos vegetales a la capa de materia orgánica viva y muerta que se ubica entre la materia verde y la superficie del suelo (Universidad Illinois 2020) y los residuos vegetales de

Mercado son los provenientes de establecimientos comerciales que se generan como desecho de fruta y que se encuentran dentro de los mercados y los cuales se dedican al rubro de venta de frutas y verduras.

Según Juárez (2012), son aquellos residuos orgánicos provenientes de los puestos de mercados y que pueden ser aprovechados mediante el proceso de la elaboración de compost.

Cal viva: Es el producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. En este estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y se apaga sometiéndola al tratamiento de agua, se le llama (hidróxido de calcio) o cal apagada (Dirección General de Desarrollo Minero 2013).

La cal viva (CaO) es un producto que genera un aumento de la temperatura y producen iones hidróxido que aumentan el pH, generando la reducción de tiempos de tratamiento y por lo tanto costos (Torres 2008).

Residuo de corte de poda: Estos tienen un contenido relativamente alto de nitrógeno y producen una buena composta. Para evitar la compactación del pasto cuando este se asienta, se deben mezclar los cortes de pasto fresco y verde con el suelo o residuos vegetales secos como hojas (Masabni 2010). Como residuos de poda o residuos verdes se entienden todos los residuos vegetales tales como pasto cortado, hojas secas y ramas, que se generan como resultado del cultivo y mantenimiento de jardines, parques, espacios públicos (veredas), así como también por la conservación de paisajes (Cardona 2008).

Estos residuos se caracterizan por tener un contenido hídrico variable y paredes celulares rígidas. Estas están compuestas principalmente por polisacáridos, macromoléculas que consisten en unidades repetitivas de azúcares simples, por lo general glucosa. Los 3 tipos de polisacáridos que normalmente aparecen en las paredes celulares vegetales son la celulosa, hemicelulosas y sustancias pépticas (Cardona 2008).

2.2.10. Tipos de procesos de compostaje

i. **Compostaje anaeróbico:** Según Ayala (2014), el compostaje anaeróbico es aquella en donde los agentes no necesitan del oxígeno para realizar el proceso de compostaje; sin embargo, este tipo de composta no es recomendable ya que produce olores fuertes que pueden llegar a ser desagradables para las personas que hagan uso de este tipo de procesos.

El compostaje anaerobio, es la descomposición de la fracción orgánica en ausencia de oxígeno obteniendo como productos al metano, dióxido de carbono y numerosos productos orgánicos de bajo peso molecular como ácidos y alcoholes. La materia orgánica, actúa como nutriente de microorganismos anaerobios, que la descomponen y dan como producto final biogás, compuesto por metano y anhídrido carbónico. El método anaerobio se lleva a cabo mediante digestores o fermentadores (Silva 2000).

ii. **Compostaje aeróbico:** El compostaje aerobio es un proceso exotérmico de degradación y estabilización biológica del material orgánicos en presencia de oxígeno, mediante la acción combinada de una serie de poblaciones de microorganismos asociados a una sucesión de factores ambientales, obteniendo como principales productos del metabolismo biológico: dióxido de carbono, agua y calor. La actividad microbiológica de degradación en condiciones aerobias produce del orden de 13 000 kJ por kilogramo de oxígeno consumido. El proceso provoca la variación de temperatura del sistema (Silva 2000).

Según Ayala (2014), este tipo de compostaje se caracteriza principalmente por que los agentes microbiológicos, que se encargan de la descomposición de los desechos orgánicos, necesitan del oxígeno para que lleven a cabo este proceso.

2.2.11. Principales parámetros del proceso de compostaje

i. **Temperatura:** Es un parámetro primordial para la multiplicación y sobrevivencia de los microorganismos e inactivación de los patógenos; además, sirve como un indicador de las diferentes fases del proceso de compostaje (Aldana 2009).

ii. **Potencial de hidrogeno:** Sirve como parámetro de control donde la materia orgánica fresca es ligeramente ácida al comienzo de la reacción, cuando la temperatura aumenta el pH llega a 8- 9 debido a los procesos de amonificación y al finalizar el proceso, se acerca a un valor neutro debido a las propiedades amortiguadoras de la materia orgánica (Aldana 2009).

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En muchos trabajos se usa esta variable para estudiar la evolución del compostaje. Sin embargo, su medida, que se realiza en el laboratorio sobre el extracto acuoso de las muestras tomadas en las pilas, es sólo una aproximación del pH "in situ" (Bueno 2017).

Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH (Bueno 2017).

iii. **Conductividad eléctrica:** La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. Ocurre a veces un descenso de la CE durante el proceso, lo que puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por una humectación excesiva de la misma (Bueno 2017).

iv. **Humedad:** Según, Saez (2000) nos menciona que la humedad es un parámetro necesario para soportar el proceso metabólico de los microbios. El agua proporciona el medio para las reacciones químicas, el transporte de los nutrientes, y permite a los microorganismos desplazarse. En teoría la actividad biológica es óptima cuando los materiales están saturados. La humedad entre 40 y 65% es una recomendación general que serviría para la mayoría de los materiales, pero el límite aceptable depende de la porosidad y absorción de la materia prima.

v. **Relación carbono/nitrógeno (C/N):** Estos dos elementos son esenciales para la nutrición de cualquier organismo y deben de encontrarse en una proporción determinada para una buena fermentación. Los valores de esta

relación han de estar según muchos investigadores entre 25 y 35 para que pueda darse una buena fermentación (Saez 2000).

Según, Román (2013) nos indica en el manual de compost que la relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes favorecerá un buen crecimiento y reproducción.

La relación C/N es un importante factor que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos. Para eliminar el exceso de carbono (en forma de anhídrido carbónico) es necesaria la aparición sucesiva de diversas especies microbianas. Al morir estos microorganismos el nitrógeno contenido en su biomasa se recicla y la relación C/N tiende a disminuir. Si el residuo tiene una alta relación C/N, pero la materia orgánica es poco biodegradable, la relación C/N disponible realmente para los microorganismos es menor y el proceso evolucionará rápidamente, pero afectará sólo a una proporción de la masa total. Si la relación C/N es muy baja el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso (Bueno 2017).

2.2.12. Fases o etapas del proceso de compostaje

Según Aldana (2009), nos dice que en todo proceso de compostaje se dividen en cuatro periodos, atendiendo a la evolución de la temperatura. Las cuales se describen a continuación:

i. **Fase mesófila:** Es la primera fase y se inicia el proceso con una temperatura ambiente que va aumentando hasta los 40°C entre 1 y 4 días por los microorganismos mesofílicos, quienes proliferan rápidamente y van degradando los materiales que son fáciles de descomponer; además, al

disminuir el pH por la producción de ácidos orgánicos y otros factores ambientales, los microorganismos se van reduciendo y son reemplazados por otros más resistentes (Aldana 2009).

Según, Saez (2000) nos indica que los mesófilos constituyen el grupo mayor. La temperatura optima fluctúa entre 20-40°C, la máxima 45°C y la mínima 10-15 °C.

ii. Fase termófila: Al continuar la liberación de energía, aumenta la temperatura con valores cercanos a los 55 y 60°C, donde proliferan los microorganismos termófilos y son transformados los compuestos de difícil degradación; además, se transforma el nitrógeno presente en amoníaco y el medio se hace alcalino. Después de dos o tres semanas, el proceso llega a una máxima temperatura (75°C) donde predominan los microorganismos esporógenos y otros actinomicetos y se logra eliminar la mayoría de los agentes patógenos y esporas, así como la producción de CO₂ y la pérdida de agua por evaporación y olores desagradables (Aldana Duque y Sanchez Argota 2009).

iii. Fase de enfriamiento: Sucede principalmente cuando está limitado el material orgánico, lo cual genera la reducción de los microorganismos termófilos y la disminución de la temperatura entre los 30 y 45°C predominando así, una comunidad mesófila de hongos y actinomicetos diferente a la de la etapa inicial (Aldana Duque y Sanchez Argota 2009).

iv. Fase de maduración: Es el periodo más largo del proceso ya que puede durar varios meses; la temperatura sigue disminuyendo hasta que se iguala a la del medio ambiente y el consorcio microbiano presente es más estable, el cual descompone los ácidos orgánicos que neutralizan el pH con la humificación y generan una relación C/N menor a 12:1 (Aldana Duque y Sanchez Argota 2009).

2.2.13. Sistemas o metodologías del proceso de compostaje

i. Sistemas en pilas o hileras: Se denominan pilas de compostaje, cuando presentan una morfología y dimensiones determinadas. De acuerdo con el método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en: móviles, cuando hay reconfiguración de las pilas y, estático con aireación forzada (Cabrera Córdova y Rossi Luna 2016).

Parvas, camellones o pilas los sistemas donde se procesa el material mediante la conformación de estas estructuras se le denomina Sistema en Parvas o Camellones. De acuerdo con el método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en: Sistema en Parvas o Camellones Móviles, cuando la aireación y homogeneización se realiza por remoción y reconfiguración de las parvas y Sistema de Camellones o Parvas Estáticas cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, en las áreas o canchas de compostaje, que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las parvas (Román, Martínez y Pantoja 2013).

ii. Compostaje en reactores: Los residuos orgánicos son procesados en instalaciones que pueden ser estáticas o dinámicas, que se conocen como Reactores. Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante (Cabrera Córdova y Rossi Luna 2016).

Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante. Los reactores móviles, además, posibilitan la mezcla continua de los desechos mediante dispositivos mecánicos, con lo que se logra un proceso homogéneo en toda la masa en compostaje.

Este tipo de sistemas permite acelerar las etapas iniciales del proceso, denominadas incorrectamente “fermentación”. Finalizadas estas etapas activas biológicamente, el material es retirado del reactor y acopiado para que se cumpla la “maduración”. Los sistemas de compostaje en reactores son siempre sistemas industriales. Se aplican en aquellas situaciones donde diariamente se reciben volúmenes importantes de desechos, y para los cuales sería necesario disponer de superficies muy extensas (Román, Martínez y Pantoja 2013).

Este sistema se aplica cuando se requieren tasas elevadas de transformación y condiciones muy controladas. El compost se hace

“rápidamente”. Son sistemas más complejos y son más costosos de construir, operar y mantener. Permite una amplia gama de diseños ya sean horizontales o verticales y normalmente están provistos de un sistema de agitación que permita una aireación y homogeneización de la masa. Su funcionamiento es del tipo reactor y frecuentemente el producto fresco entra por un lado y sale procesado por el otro. Su utilización está indicada en el caso de mezclas complejas con algún tipo de dificultad y finalidad es todas metodologías es acelerar el proceso de transformación. Se consiguen tasas de procesado de hasta una semana frente a los sistemas tradicionales que duran entre uno y tres meses. En casi todos los casos la fase de maduración o estabilización del producto se lleva a cabo fuera del reactor en el exterior y frecuentemente con el sistema de pilas o montones al que se realiza algún volteo de homogeneización final.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta

El balance carbono/nitrógeno de residuo de césped y fruta se realiza para que la interacción de materiales sea homogénea dentro de su estructura, tomando como referencia el balance de la relación de carbono/nitrógeno de cada material ya que el balance de este parámetro para el proceso de compostaje es muy importante (Ahumada 2005).

El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta son importantes, ya que se puede determinar la capacidad de estos residuos para ser procesados y/o recuperados, mediante la incineración o buscar posibilidades la aplicación de compostaje (Ríos 2009).

El balance de la relación carbono/nitrógeno (C/N) en esta investigación se realizó de acuerdo con lo establecido en el Manual de Compostaje del Agricultor, Experiencias en América Latina (FAO), donde se presenta una fórmula de cálculo para determinar la relación carbono/nitrógeno que se desea en la mezcla al inicio del proceso de compostaje (Román 2013). Cabe señalar que la evaluación se realiza en base a dos insumos como es el residuo de césped y fruta.

El balance carbono/nitrógeno (C/N) como se muestra, es fundamental para el proceso de compostaje ya que permite calcular la proporción exacta en la que los residuos se deben mezclar con el objetivo de permitir mayor eficiencia en el compostaje, menor tiempo de degradación de la materia orgánica y, en consecuencia, evitar la proliferación de vectores contaminantes. Por otra parte, su análisis permite determinar los usos diversos que puede tener cada tipo de residuos por sus características para ser procesados.

2.3.2. Aceleración del compostaje

La elaboración del compost engloba un proceso de compostaje que en resumen es la descomposición biológica de la materia orgánica. La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes según el Portal Terminológico de la FAO (Román 2013).

En el análisis de la aceleración del compostaje se tendrá en cuenta, los niveles de Humedad, pH, Relación C/N y Conductividad Eléctrica, los cuales se medirán en el compost obtenido luego del proceso de compostaje. Los parámetros señalados, serán parte de fundamental para la determinación de la calidad del producto y la determinación de la rapidez con que se procesa el residuo orgánico.

Cabe señalar que, actualmente los laboratorios de análisis de suelos y foliares han optado por ofrecer como análisis de compost la digestión total, que permite dar información sobre contenidos totales de nutrimentos; sin embargo, se sabe que este análisis sobreestima la disponibilidad de nutrimentos al corto plazo, ya que las tasas de liberación van a ser más lentas (Castillo 2020).

La aceleración del compostaje es una de las variables que se busca en todo proceso productivo donde conlleve la degradación de la materia orgánica. Este suceso permite que el proceso productivo se realice de manera más eficiente, ocasionando menores gastos, menor generación de impacto ambiental y sobre todo dinamismo productivo, ya que conlleva a la producción de compost en el menor tiempo posible.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Biomasa

Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía (Ahumada 2005).

2.4.2. Calidad de Compost

La calidad del compost no es un concepto absoluto, sino que depende de los usos a que se destine. En tal sentido, se conceptualiza como “la capacidad o aptitud del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública” (Ministerio de la Presidencia 2005).

2.4.3. Compost

La Norma Chilena conceptualiza compost como el producto que resulta del proceso de compostaje. Está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se conoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras (Calderón 2005).

2.4.4. Estabilidad del compost

Fase de la etapa de maduración en la cual la actividad biológica en los materiales que se están compostando disminuye hasta un nivel tal que no hay incremento significativo de temperatura por la aireación (Román 2013).

2.4.5. Etapas del proceso de compostaje

Hitos del proceso que se identifican por características específicas propias de cada uno de ellos. De acuerdo con la secuencia en que ocurre el proceso, se reconocen las etapas mesofílicas; termofílica; de enfriamiento; y de maduración (Melendrez 2019).

2.4.6. Materia prima

Residuos, productos o subproductos de origen animal o vegetal factibles de ser compostados (Román 2013).

2.4.7. pH

Es aquella propiedad que establece el grado de acidez o de alcalinidad y tiene una gran influencia en muchas de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo o sustratos orgánicos. Por esta razón, es una de sus propiedades más importantes (Instituto Nacional de Normalización 2004).

2.4.8. Residuos Sólidos Municipales

Para la OEFA, los residuos sólidos municipales constituyen los residuos de origen doméstico (restos de alimentos, papel, botellas, latas, pañales descartables, entre otros); comercial (papel, embalajes, restos de aseo personal, y similares); aseo urbano (barrido de calles y vías, maleza, entre otros); y de productos provenientes de actividades que generen residuos similares a estos, los cuales deben ser dispuestos en rellenos sanitarios (Albarracín 2018).

2.4.9. Residuos Orgánicos Municipales

Los residuos sólidos orgánicos están constituidos por los residuos biodegradables o sujetos a descomposición. Están compuestos por residuos de origen biológico (vegetal o animal) que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden reaprovecharse como fertilizantes (compost, humus, entre otros) (Suni 2018).

2.4.10. Relación carbono/nitrógeno (C/N)

La relación C/N expresa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos elementos favorecerá un buen crecimiento y reproducción (Suni Torres 2018).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis General*

El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima 2023.

3.1.2. *Hipótesis Específicas*

El balance carbono/nitrógeno (20/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

El balance carbono/nitrógeno (25/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

El balance carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

El balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

3.2. Definición conceptual de variables

3.2.1. *Variable independiente:*

X: Balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta.

- **Definición de la variable.**

Cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material (Román 2013)

Para el balance de carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta se tuvo en cuenta la manipulación y preparación de mezclas a diferentes proporciones de relación carbono/nitrógeno la cuales se alimentaron a 4

unidades de estudio con 3 repeticiones cada una, siendo las proporciones relación carbono/nitrógeno (20/1), relación carbono/nitrógeno (25/1), relación carbono/nitrógeno (30/1) y relación carbono/nitrógeno (40/1). Se monitorearon durante 30 días los parámetros de Temperatura, pH, Humedad y Conductividad Eléctrica (Castillo, 2020).

3.2.2. Variable dependiente:

Y: Aceleración del compostaje

- **Definición de la variable.**

La aceleración del compostaje se refiere a la elaboración del compost de una manera más eficiente y engloba un proceso de compostaje rápido que en resumen es la descomposición biológica de la materia orgánica (Cruz, 2021).

En la aceleración del compostaje se tuvo en cuenta el proceso y el producto final resultante (compost), durante el proceso se medirán los niveles de Humedad, temperatura, pH, y Conductividad Eléctrica. Esto nos permitirá evaluar el proceso de compostaje y determinar la eficiencia de cada unidad en la degradación de residuos de césped y fruta (Cruz, 2021).

3.2.3. Operacionalización de variables

Para la comprobación de la hipótesis planteada en esta investigación se realizó la operacionalización de las variables analizando la relación que existe entre la variable dependiente y la independiente incluyendo las dimensiones, indicadores, método y técnica.

- **Variable independiente:**

X = Balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta.

Se expresa mediante las siguientes proporciones (indicadores):

Balance carbono/nitrógeno de residuo de césped y fruta: N°1 (20/1).....X₁

Balance carbono/nitrógeno de residuo de césped y fruta: N°2 (25/1).....X₂

Balance carbono/nitrógeno de residuo de césped y fruta: N°3 (30/1).....X₃

Balance carbono/nitrógeno de residuo de césped y fruta: N°4 (40/1).....X₄

- **Variable dependiente:**

Y = Aceleración del compostaje.

Se medirán las siguientes propiedades (indicadores, I):

I1: Temperatura.....	Y ₁
I2: pH.....	Y ₂
I3: Humedad.....	Y ₃
I4: Conductividad Eléctrica.....	Y ₄

Tabla 1

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE/TEMS	MÉTODO	TÉCNICA
VARIABLE INDEPENDIENTE: (X) BALANCE CARBONO/NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE CESPED Y FRUTA	Cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material (Román 2013)	La propiedad de los residuos de césped y fruta que se tendrá en cuenta para su manipulación será la relación carbono/nitrógeno (C/N), Las unidades a evaluar serán 4, conformadas por la Relación C/N: (20/1), Relación C/N: (25/1), Relación C/N: (30/1) y la Relación C/N: (40/1).	RELACION CARBONO/NITRÓGENO	Balance carbono/nitrógeno: (C/N: 20:1)	20/1	Balance de carbono/nitrógeno mediante la fórmula recomendada por la FAO (Román, 2013)	Aplicación de la fórmula para el cálculo de la relación carbono/nitrógeno según el manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina (FAO).
				Balance carbono/nitrógeno: (C/N: 25:1)	25/1		
				Balance carbono/nitrógeno: (C/N: 30:1)	30/1		
				Balance carbono/nitrógeno: (C/N: 40:1)	40/1		
VARIABLE DEPENDIENTE: (Y) ACELERACION DEL COMPOSTAJE	La aceleración del compostaje se refiere a la elaboración del compost de una manera más eficiente y engloba un proceso de compostaje rápido que en resumen es la descomposición biológica de la materia orgánica. La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (Cruz, 2021)	En la elaboración del compost se tendrá en cuenta, al final del proceso, los parámetros fisicoquímicos, los cuales se medirán en el compost obtenido luego del proceso de compostaje. En cada una de las unidades de compostaje se midió los niveles de temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica.	PROPIEDADES DEL COMPOST	I1: Temperatura	°C	Método de contacto Método Potenciométrico Método gravimétrico Método de dilución 1:2	Medición directa ASTM D4442 TACUSSEL LPH2301 Medición por dilución
				I2: pH	-		
				I3: Humedad	%		
				I4: Conductividad eléctrica	Sm/cm ²		

IV. METODOLÓGICA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

En vista del propósito de la investigación, la problemática que se describe y los objetivos planteados, la presente investigación cumplió con los requisitos para ser considerado como una investigación del tipo Aplicada, porque en base a investigación básica, pura o fundamental en las ciencias fácticas se formulan problemas o hipótesis de trabajo para resolver problemas (Hernández 2018).

Esta investigación es de nivel explicativo; es decir que, se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos (Hernández 2018) y también porque presenta dos variables, independiente y dependiente, que se relacionan, y presenta validez interna y externa.

Esta investigación también es analítica, porque en el presente proyecto durante el desarrollo de esta investigación, con el objetivo de demostrar la hipótesis planteada, se aplicarán métodos estadísticos para la validación de los resultados de esta investigación.

En la presente investigación, el tipo de diseño de investigación que se usó fue el diseño experimental de tipo cuasiexperimental; esto porque en la investigación no se tiene grupo control y además la intervención a la variable independiente es a propósito, para ver la consecuencia en la variable dependiente. Por otro lado, la investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica (Hernández 2018).

4.2. Método de investigación

El método que se siguió para el desarrollo de esta investigación se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Etapas de ejecución de la presente investigación

Etapas de desarrollo de la presente investigación	Actividades que se realizarán
ETAPA 1: Diseño de las unidades de compostaje	1. Diseño de las unidades de compostaje y determinación de las dimensiones del área de estudio en donde se instalará.
ETAPA 2: Identificación del material	2. Identificación y caracterización de materia prima (residuo orgánico) 3. Determinación del lugar de donde se obtendrá el residuo orgánico.
ETAPA 3: Acondicionamiento del material y lugar de estudio	4. Cálculo de la proporción de residuo de césped y fruta para la mezcla en la unidad de compostaje 5. Elección y acondicionamiento del área de trabajo
ETAPA 4: Ejecución del Proceso de compostaje	6. Construcción y acondicionamiento de las unidades de compostaje 7. Alimentación y mezcla de residuo de césped y fruta en las unidades de compostaje 8. Monitoreo y control de parámetros en las unidades de compostaje 9. Cosecha de compost
ETAPA 5: Resultados	10. Adecuación de muestras del compost para su evaluación en laboratorio 11. Procesamiento y conclusión de resultados

ETAPA 1: DISEÑO DE LAS UNIDADES DE COMPOSTAJE

4.2.1. Diseño de las unidades de compostaje y determinación de las dimensiones del área de estudio:

Para el diseño de las unidades de compostaje se necesitó tomar en cuenta varios factores fundamentales en el proceso de compostaje, como son las dimensiones de la unidad de compostaje, el tipo de compostaje, la cantidad de material a compostar y la composición de los materiales, además del objetivo para el cual es diseñado.

Tomando todos estos factores, para esta investigación, se optó por diseñar una unidad de compostaje de tipo semicerrado en donde relativamente se controle y regule el proceso.

Es necesario indicar que a pesar de que la unidad de compostaje diseñado fue de características semicerrada, el proceso de compostaje fue aeróbico, permitiendo así que los microorganismos oxiden a la materia y que la amonificación del material disminuya al mínimo. En ese sentido, se planteó en el diseño, incorporar un mecanismo o sistema de evacuación del lixiviado del proceso, que resulte ser práctica y que no produzca en el sistema un proceso anaeróbico, que causaría la producción de amoníaco en grandes cantidades por putrefacción del material trayendo como consecuencia malos olores, resultados que a toda medida se quiere controlar.

Este sistema de producción de compost tuvo ciertas ventajas ya que permitió un mejor control de los parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje; pero también, para su instalación diseño y ensamblaje, requirió de una alta inversión y complejidad en su construcción.

El sistema de producción en general fue denominado como el “Sistema De Compostaje Cilíndrico Rotatorio”, pero para referirnos a un solo sistema de producción, en esta investigación, tomó el nombre de “Unidad De Compostaje”.

En cuanto a las dimensiones de diseño de la unidad de compostaje, se tuvo en cuenta, como ya se explicó anteriormente, a los parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje, pero también se tomó como patrón de tamaño, para la unidad de compostaje, a un cilindro comercial de plástico con capacidad de 240 L de volumen máximo.

El diseño de las unidades de compostaje estuvo formado por cuatro cilindros giratorios que se sostuvo sobre un eje rotatorio el cual fue ensamblado a dos pilares que hicieron las veces de soporte al sistema, cada una de estas unidades de compostaje contuvo en su interior un conjunto de aspas para mejorar la mezcla del material introducido.

A continuación, se detallan las dimensiones de la unidad de compostaje cilíndrica: Se ha utilizado un cilindro de plástico PVC de 90cm de altura con 60cm de diámetro.

Para esta investigación se juntó 12 unidades de compostaje (en este caso cilindros de PVC) de las mismas dimensiones detalladas anteriormente, de forma que se alinearon en 3 filas de 4 cilindros cada una, ocupando como consecuencia un área de terreno de 36m², ya que el largo del terreno tenía una dimensión de 6m y el ancho también de 6m.

Una vez diseñada la unidad de compostaje, se procedió al diseño del sistema de evacuación de lixiviados el cual tomó forma con la instalación de canaletas individuales conectadas por un canal conjunto para las 4 unidades y las 3 repeticiones, un respirador y un tanque de recolección de lixiviados. Para la extracción y escurrimiento de lixiviados de la unidad de compostaje se perforó la unidad con orificio de 3/8".

Una vez diseñado todo el sistema de compostaje para las pruebas de este estudio, se procedió a la delimitación y dimensionamiento del área donde fue ensamblada y construida las unidades de compostaje. Esto tuvo que ver con el área que ocupó las unidades de compostaje y a partir de ese dato se procedió a diseñar las zapatas para el ensamble con las unidades de compostaje; una vez hecho esto se procedió a diseñar el contorno del sistema que protege del sol a las unidades y también del viento y precipitaciones.

El contorno para el sistema de compostaje fue de 32m de perímetro y un área de 60m² con 6m de largo y 10m de ancho; se colocaron cuatro zapatas para los pilares, que sostendrán el techo de Rachel, las cuales serán de 30cm x 30cm x 50cm de profundidad.

ETAPA 2: IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL

4.2.2. Identificación y caracterización de materia prima (residuo orgánico)

La materia prima utilizada como insumo para el proceso de compostaje fue el residuo de fruta proveniente del mercado de “pío pío”, siendo este el mas importante en el distrito de Lurigancho en la generación constante de residuo vegetal de mercado, por lo cual se aseguró una fuente constante de materiales a compostar, teniendo en cuenta también que los residuos orgánicos de este mercado son trasladados y tratados en la planta de valorización de residuos orgánicos del distrito de Lurigancho, en donde son sometidos al proceso de compostaje.

Por otro lado, para este estudio se utilizó como insumo o enmienda a los residuos de césped, el cual fue transportado al lugar de estudio desde los parques y jardines del Distrito de Lurigancho.

4.2.3. Toma de muestra de materia prima (residuo orgánico)

Los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado Señor de los Milagros del Distrito de Lurigancho, para el cálculo de la densidad, fueron cuarteados con un procedimiento práctico. De igual manera se procedió a la toma de muestra en el residuo vegetal de mercado, la cual se realizó de la siguiente manera:

Materiales:

- ☐ Una tijera jardinera.
- ☐ Plástico de 4m².
- ☐ Una Pala jardinera.
- ☐ Bolsas para muestreo con sello hermético.
- ☐ Un cooler.
- ☐ Formato de cadena de custodia para muestra.
- ☐ Una balanza romana con rango de peso de 0 kg a 20kg.

Procedimiento:

- ☐ Para el muestreo, el material de residuo de fruta fue trasladado de los puntos de recolección hasta el lugar de estudio, una vez ahí se procedió a la

homogenización del material orgánico sobre el plástico con la tijera jardinera, con la finalidad de disminuir el tamaño de partícula, menor a 3cm aproximadamente.

☐ Una vez homogenizada el material, se procedió al cuarteo del residuo orgánico de manera práctica, esto a causa de su procedencia heterogénea o lugar de procedencia distinto.

☐ Ya realizado el cuarteo del residuo vegetal de mercado se procedió a la toma de muestra.

☐ Primero se identificó cuatro puntos para la toma de muestra en el montón de residuos vegetal de mercado ya cuarteado, esto se desarrolló de manera indistinta y aleatoria.

☐ Una vez identificado los puntos de muestreo se procedió a tomar 1kg de residuo vegetal de cada punto y se mezcló.

☐ Una vez mezclado las muestras, se procedió a tomar nuevamente dos muestras de 1kg de residuo vegetal, cada una de estas fueron embolsadas en los recipientes herméticos y fueron debidamente sellados.

☐ Una vez tomada la muestra, se llenó todos los datos de muestreo, con lapicero indeleble, que indica la cadena de custodia para su identificación posterior en el laboratorio donde fue analizado.

☐ Ya llenado la cadena de custodia para la identificación de la muestra, se procedió a almacenar las dos muestras en el cooler.

Cabe señalar que las muestras tomadas en los materiales orgánicos fueron representativas de la producción total de residuo de fruta y residuos de césped, y una vez tomada la muestra y almacenada en el cooler se procedió al envío al laboratorio para su evaluación fisicoquímica según requerimientos de la investigación.

ETAPA 3: ACONDICIONAMIENTO DEL MATERIAL Y LUGAR DE ESTUDIO

4.2.4. Cálculo de la proporción de la cantidad de residuos de fruta y restos de poda para la mezcla en la unidad de compostaje:

En esta investigación para el cálculo de la relación carbono/nitrógeno (C/N) de residuo de césped y residuos de fruta, se utilizó la fórmula brindada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el cual se desarrolla en el Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina (FAO) (Román 2013).

La fórmula que se aplicó para el cálculo de las diferentes mezclas fue:

$$R = \frac{Q_1 \times (C_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times (C_2 \times (100 - M_2))}{Q_1 \times (N_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times (N_2 \times (100 - M_2))}$$

Donde:

Q1: Peso total de carga de césped (kg)

Q2: Peso total de carga de fruta (kg)

C1: Porcentaje de carbono de carga de césped (%)

C2: Porcentaje de carbono de carga de fruta (%)

N1: Porcentaje de nitrógeno de carga de césped (%)

N2: Porcentaje de nitrógeno de carga de fruta (%)

M1: Porcentaje Humedad de carga de césped (%)

M2: Porcentaje Humedad de carga de fruta (%)

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó en cuenta el resultado del análisis de laboratorio (ver los anexos 7 y 8).

Del manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina (FAO), se puede observar algunos casos de materiales distintos al utilizado en esta investigación (restos de césped y restos de frutas), lo que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Relación C:N de otros materiales usados en el proceso de compostaje

Nivel alto de nitrógeno 1:1 - 24:1		C:N equilibrado 25:1 – 40:1		Nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5:1	Estiércol vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol de ovino/caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	37:1	Hierba seca gramíneas	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

Nota: Adaptado del manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina (FAO) (Román 2013).

Una vez obtenida esta relación carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta para cada unidad, se desarrolló otra ecuación a partir de la

densidad de los materiales a compostar y la capacidad máxima volumétrica que tiene la unidad de compostaje, el cual siguió el siguiente detalle:

Compostera cilíndrica giratoria

Datos:

A_{base} : Área de la base

r: radio del cilindro

h: Altura del cilindro

V_T de compostera: Volumen total de la unidad de compostaje

Cálculo del volumen total de la unidad de compostaje:

$$V_{T \text{ de la compostera}} = A_{base} \times h$$

$$V_{T \text{ de la compostera}} = (\pi)(r^2) \times h$$

$$V_{T \text{ de la compostera}} = (\pi)((0.3m)^2) \times 0.9m$$

$$V_{T \text{ de la compostera}} = 0.2545m^3$$

$$V_{T \text{ de la compostera}} = 254.5 \text{ Litros}$$

Este resultado representó la capacidad máxima de la compostera cilíndrica giratoria.

4.2.5. Elección y acondicionamiento del área de trabajo:

Para este estudio, se eligió las instalaciones de la planta de valorización de residuos orgánicos del Distrito de Lurigancho, en donde se implementó las unidades de compostaje; el área elegida tuvo que ser acondicionada para la instalación de las unidades de compostaje, ya que presentaba el terreno una pendiente pronunciada, un canal de regadío al norte, un montón de tierra acumulada al este y además al norte del lugar elegido existen árboles de copa grande que proporcionaban sombra relativa a las unidades de compostaje.

Para el acondicionamiento del área de trabajo se necesitó ciertos materiales y procedimientos que se detallan a continuación:

Materiales:

- Pico
- Pala
- Rastrillo
- Carretilla
- wincha de 100m
- Estacas de fierro
- Cordel de nylon
- Yeso o cal
- Maguera de nivel
- Palos de madera de 7cm x 7cm x 3m
- Malla rachel 15 m²
- Alambre de 3/8
- Clavos de 2" y 3"
- Martillo
- Alicates

Procedimiento:

Una vez elegida la zona de trabajo, se realizó enseguida el adecuamiento del área en donde se instalaron las unidades de compostaje, el cual fue realizado con el siguiente detallado procedimiento:

Como primera acción en el acondicionamiento del área de trabajo, se llevó a cabo la limpieza del lugar con rastrillos y carretilla para trasladar el desmonte o desperdicios del lugar.

Como segunda acción, se procedió a nivelar el terreno ya que presenta pendiente y para la instalación de las unidades de compostaje se necesitaba que el terreno este parejo, compactado y nivelado, para ello esta actividad se realizó con pico, pala, carretilla, rastrillo, una maguera de nivel, cordel de nylon y estacas de fierro. Cabe señalar que para la compactación se utilizó un bloque de cemento conectado a un brazo de madera que permitió su manipulación.

Una vez acondicionada el lugar se procedió a medir y dimensionar el área, donde se realizó la instalación de las unidades de compostaje, con el uso de una wincha, un cordel, estacas de fierro, nylon y yeso o cal para el delineamiento o marcado. Cabe señalar que estos trazos se realizaron siguiendo las indicaciones

del plano realizado en la primera etapa de diseño de las unidades de compostaje y dimensionamiento del área de trabajo.

Luego de marcado el área de trabajo, con el propósito de proteger a las unidades de compostaje de los rayos solares, de la intemperie y de las escasas, pero no menos importantes, precipitaciones en la zona, se implementó un techo de recubrimiento que abarcó toda el área de estudio compuesto por 4 pilares de soporte con las siguientes dimensiones 7cm x 7cm x 3m y un techo de malla Rachel verde de 95% de permeabilidad, con un área de 60 m² y con las siguientes dimensiones de 10m x 6m.

La implementación de este sistema de recubrimiento como techo del área de trabajo, se inició con el ahondamiento y cavado de los huecos para los pilares que fueron de aproximadamente 50 cm de profundidad, luego de esto se procedió a colocar la madera en los hoyos para que sirvan como soporte de la tensión de la malla Rachel.

Una vez colocado los pilares se procedió a la colocación del techo con la malla Rachel, para finalmente tensarlo con alambre, de una esquina hacia otra, las cuales fueron colocados cuidadosamente por debajo de la malla para darle mayor soporte y no se ahonde por la fuerza de gravedad en el centro.

Es necesario indicar, que el lugar de estudio fue elegido por la cercanía a las fuentes de material a compostar y también por encontrarse al lado de una fuente de agua para el proceso de humedecimiento del compostaje. Además, que también en este lugar existía un guardián de la planta que hizo las veces de vigilante del proceso, custodiando las unidades de compostaje, con el único propósito de que no ocurra ningún inconveniente en el proceso de compostaje, ni con las instalaciones y materiales.

ETAPA 4: EJECUCIÓN DEL ESTUDIO

4.2.6. Construcción y acondicionamiento de las unidades de compostaje:

Para la construcción de las unidades de compostaje se utilizó doce cilindros de plástico pvc de 90cm de altura con 60cm de diámetro.

4.2.7. Alimentación y mezcla de residuos de fruta y césped en las unidades de compostaje:

En esta investigación para la alimentación de las unidades de compostaje se requirió de dos materiales que sirvieron de insumos para el proceso, los residuos de fruta y los residuos de césped.

Para proceder con la alimentación de las unidades de compostaje primero se realizó el traslado del material o insumo desde su punto de generación en un vehículo de carga (Motofurgoneta). Para el traslado del césped se tuvo como medio de transporte una motofurgoneta de valorización de residuos orgánicos y para el transporte del residuo de fruta de igual manera, se contó con el apoyo de los vehículos de la Municipalidad de Lurigancho, el cual hace el servicio de segregación, recolección y traslado del material orgánico de mercado diariamente a la planta de valorización de residuos orgánicos de la Municipalidad.

El primer día, para el adecuamiento y llenado del material a las unidades de compostaje, se trasladó al lugar de estudio el residuo de fruta y césped con el vehículo de carga de la municipalidad cambiando así su rutina diaria, de la misma forma días antes se trasladó los residuos de césped a la planta para su desecamiento en la intemperie ya que para el proceso de compostaje de este estudio se utilizó un césped carente de humedad (césped seco) y se trasladó desde los parques y jardines del distrito, ya que son producto de la poda y mantenimiento de estos.

La descarga se realizó en un área separada exclusivamente para este material en el lugar de estudio y pasó la noche cubierta con un impermeable para evitar la absorción de la humedad por el material o impedir su humedecimiento con precipitación o escorrentía; esto, en los dos casos, tanto para residuos de fruta como para el césped.

Una vez el material se encuentre en el lugar de estudio, se procedió primero a acondicionar el material orgánico con unas tijeras jardineras y plástico extendido en el área, esto para trabajar sobre ella y evitar la contaminación del

material con tierra inorgánica, luego con las tijeras jardineras se procedió a la homogenización del material hasta reducir su tamaño de partícula menor a 3cm.

Una vez homogenizado el material se procedió a pesar el material; esto de acuerdo con lo calculado anteriormente en la fase de preparación, donde analíticamente ya se habría demostrado la proporción en la que deberían estar los materiales en cada unidad con su respectiva codificación.

4.2.8. Monitoreo y control de parámetros en las unidades de compostaje:

En esta investigación, para el monitoreo y control del proceso, se tuvo que identificar primero los parámetros a controlar, los cuales se indicaron en la operacionalización de las variables.

Al inicio del proceso, ya establecidos los parámetros, se tuvo los equipos debidamente calibrados y listos para su uso. Se usó un cuadro de Excel para la anotación y recopilación de datos de cada parámetro medido durante el proceso de compostaje y luego se procesó estos datos con un análisis estadístico.

Como parte del seguimiento y control, este procedimiento se realizó en todas las unidades de compostaje, fue crucial ya que nos permitió determinar la frecuencia de volteos del material y humedecimiento de estas de ser necesario.

En ese sentido, para esta investigación, la frecuencia de volteos fue de tres veces a la semana, durante las dos primeras semanas, y luego se realizó dos volteos la tercera semana y, en la cuarta semana, solo se realizó 1 volteo. Esta actividad se desarrolló con la finalidad de oxigenar el material dentro de la unidad de compostaje, ya que los microorganismos requieren de una constante alimentación de oxígeno.

4.2.9. Cosecha de compost:

En este trabajo de investigación para la determinación de la madurez del compost, producido luego del proceso de compostaje, fue importante la medición de los parámetros monitoreados ya que nos brindó información acerca de las condiciones fisicoquímicas del material, uno de estos parámetros importantes para tener en cuenta fue la relación carbono / nitrógeno en su evolución al inicio y durante el proceso de compostaje en cada unidad. Cabe indicar que, para

determinar la culminación del proceso de compostaje, se consideró la verificación de parámetros fisicoquímicos, como la temperatura por debajo o igual al de la temperatura ambiente y observacional, como que el color estuvo Marrón oscuro y tuvo olor a bosque. Cabe señalar que el proceso terminó a los 30 días de iniciado el proceso de compostaje, sin tener en cuenta su avance o culminación del proceso.

4.2.10. Adecuación de muestras del compost para su evaluación en laboratorio:

Una vez obtenido el Compost se tomó una muestra de cada unidad de aproximadamente 1Kg y se colocó en un cooler totalmente sellado y se envió al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria - La Molina para su evaluación y obtención de resultados sobre todo del parámetro fisicoquímico relación carbono/nitrógeno del producto.

4.2.11. Procesamiento y conclusión de resultados.

Luego de la obtención de los resultados de laboratorio se tuvo que procesar toda esa información para llegar a la comparación con otras investigaciones y tener al final una conclusión.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población para esta investigación es finita ya que estuvo conformada por los residuos de césped y fruta que ingresaron a la unidad de compostaje en donde se procesó. El peso total de residuos que ingresó a la unidad de compostaje fue de 250 Kg de materia orgánica. Esta cantidad de masa de residuo orgánico fue determinada por la capacidad volumétrica del cilindro que fue construido para el procesamiento de compost.

4.3.2. Muestra

La muestra se sacó a partir del compost producido luego del proceso de compostaje. El procedimiento consistió en sacar un 1Kg de material procesado como muestra de cada unidad experimental para su análisis en un laboratorio.

4.4. Lugar de estudio

La investigación se realizó en la jurisdicción de la municipalidad distrital de Lurigancho Chosica, en el margen derecho del río Rímac, en la planta de Valorización de Residuos Orgánicos, dentro del cual se adecuó un espacio de 36m² estrictamente para el desarrollo del proyecto.

Figura 1

Registro gráfico de la ubicación de la planta de valorización de residuos orgánicos



Nota: tomado de GOOGLE MAPS

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.

4.5.1. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron fueron: Sonda de prueba,; Medidor multiparámetro TPH01803 (Humedad, pH, Temperatura y Conductividad Eléctrica)

- Humedad (% de 0 a 100)
- Ph (3,5 a 9,0)
- Temperatura (-9°C a +60°C)
- Conductividad Eléctrica (0-7dS.m⁻¹)
- φ5mm × 200mm

4.5.2. Técnica

En la variable dependiente que es la aceleración del compostaje se utilizaron los parámetros de: % de humedad, pH, temperatura y conductividad eléctrica. Para los cuales se aplicaron las siguientes técnicas de medición: TACUSSEL LPH2301, ASTM D4442, técnica por contacto directo y la medición por dilución respectivamente.

4.6. Análisis y procesamiento de datos.

4.6.1. Análisis de datos

En esta investigación, para el análisis de los datos, se utilizó el software Excel; en este software se sistematizó y ordenó en cuadros la data obtenida luego de la ejecución de la investigación.

Se utilizó los parámetros y normativa, mostrados en la tabla 4, para la comparación de los datos de forma referencial, ya que en esta investigación se estudia el proceso del compostaje y no el producto llamado compost.

Tabla 4

Parámetros según Norma Técnica Peruana NTP 201.207:2020 - Fertilizantes

PARÁMETROS	NORMA TÉCNICA PERUANA
CE (dS.m ⁻¹)	5
pH	5.0-8.5
Humedad (%)	15-35
C:N	≤25, ≤35

Nota: Adaptado de la Norma Técnica Peruana - NTP 201.207:2020 Fertilizantes

TABLA 5*Parámetros según Norma Técnica Chilena 2880*

PARÁMETROS	NORMA TÉCNICA CHILENA 2880
CE (dS.m ⁻¹)	3 ^A , 8 ^B
pH	5.0-8.5
Humedad (%)	30-45
C:N	≤25 ^A , ≤30 ^B

Nota: A, Compost de tipo A; B, Compost de tipo B. Adaptado de la Norma Técnica Chilena 2880.

En esta investigación se utilizó el software IBM SPSS STATISTICS 2019 (versión 27), para procesar los datos y realizar pruebas estadísticas, tales como el análisis de prueba de normalidad, análisis de varianza (ANOVA) y por último análisis de homogeneidad de varianzas. Los datos que se utilizaron para su procesamiento en el software IBM SPSS STATISTICS 2019 (versión 27) están debidamente ordenados y registrados en los ANEXOS 3, 4, 5 y 6.

En esta investigación se realizó el procesamiento de datos mediante la prueba de normalidad; este proceso se ejecutó con la intención de saber si el valor $p \leq 0.05$ ya que con este resultado la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal; por ende, se debe realizar un análisis de varianza. Sin embargo, si el valor $p > 0.05$ la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula; eso quiere decir que los datos analizados se distribuyen normalmente.

En esta investigación se realizó el análisis de varianza de un solo factor ya que se observó que en los cuadros de análisis de datos existía un solo factor.

Este tipo de procesamiento de datos permitió contrastar la hipótesis nula de que las medias de un número determinado de poblaciones (Población > 2) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

Una vez realizada estas dos pruebas estadísticas se procesó la prueba de post Hoc; esto con la finalidad de comparar los promedios de cada tratamiento, quiere decir que permite comparar las medias de los t niveles de un

factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la Técnica de Tukey.

4.6.2. Aspectos éticos de la investigación

La presente investigación titulada, “EL BALANCE CARBONO / NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE CESPED Y FRUTA EN LA ACELERACIÓN DEL COMPOSTAJE, LURIGANCHO – LIMA, 2023” es auténtica y confiable con respecto a la autoría de otros estudios; por tal motivo se respeta el código de ética de investigación, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 260-2019-CU, así como con la directiva N° 004-2022-R, ambas establecidas por la Universidad Nacional del Callao.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Para la obtención de datos en el presente proyecto se recolectó los insumos de materia orgánica como son los residuos de césped y restos de fruta provenientes de parques y jardines del distrito y el mercado señor de los milagros (PIO PIO), respectivamente.

Se trasladó la muestra a la Universidad Nacional Agraria La Molina, facultad de agronomía, laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes – UNALM

Los resultados que se obtuvieron en laboratorio (ver anexo 7 y anexo 8) fueron los siguientes:

Tabla 6

Datos obtenidos a partir del residuo de fruta del análisis especial de materia orgánica en laboratorio

N° LAB	CLAVES	N (%)	C (%)	RELACION C/N	HUMEDAD (%)
536	001-RF	1.66	16.75	10.08	86.60

Nota: Adaptado del informe de análisis especial de materia orgánica (Residuo de fruta)

Tabla 7

Datos obtenidos a partir del residuo de césped del análisis especial de materia orgánica en laboratorio

N° LAB	CLAVES	N (%)	C (%)	RELACION C/N	HUMEDAD (%)
2063	001-AC	1.88	7.79	4.15	31.17

Nota: Adaptado del informe de análisis especial de materia orgánica (Residuo de césped)

Luego de recibir los resultados de laboratorio se procedió a calcular las cantidades a utilizar de residuos de césped y fruta para cumplir con el balance carbono/nitrógeno, para cada una de las composteras, utilizando la fórmula correspondiente

Tabla 8

Cantidades por utilizar, residuos de césped y fruta, para cumplir con el balance carbono/nitrógeno, para *cada compostera*.

$$R = (Q1 \cdot 7,79 \cdot (100 - 31,17) + Q2 \cdot 16,75 \cdot (100 - 86,6)) / (Q1 \cdot 1,88 \cdot (100 - 31,17) + Q2 \cdot 1,66 \cdot (100 - 86,6))$$

R = (Q1*536.18 + Q2*224.45) / (Q1*129.4 + Q2*22.24)		Q1(Kg)	Q2(Kg)
Para R=20/1	Q1/Q2=1.856	162.47	87.53
Para R=25/1	Q1/Q2=6.1	214.79	35.21
Para R=30/1	Q1/Q2=14.105	233.45	16.55
Para R=40/1	Q1/Q2=214.8	248.84	1.16

Q1+Q2 = 100% = 250kg

Durante el proceso se realizó el monitoreo correspondiente durante 30 días, obteniendo datos de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica los cuales se registraron de manera ordenada en los anexos 3, 4, 5 y 6.

- **Resultados promedio de temperatura:**

Tabla 9

Temperatura promedio obtenida a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	TEMPERATURA (°C)			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
REPETICION 1	28.47	36.68	32.63	27.28
REPETICION 2	28.48	36.72	32.61	27.34
REPETICION 3	28.62	36.68	32.65	27.53

- **Resultados promedio de pH:**

Tabla 10

pH promedio obtenido a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	pH			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
REPETICION 1	5.56	6.48	6.90	8.39
REPETICION 2	5.56	6.48	6.96	8.40
REPETICION 3	5.59	6.50	6.97	8.42

- **Resultados promedio de Humedad:**

Tabla 11

Humedad promedio obtenido a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	HUMEDAD (%)			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
REPETICION 1	55.73	51.93	47.43	37.40
REPETICION 2	55.60	52.00	47.97	38.33
REPETICION 3	55.73	52.33	47.53	36.50

- **Resultados promedio de Conductividad:**

Tabla 12

Conductividad promedio obtenido a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	CONDUCTIVIDAD (dS.m ⁻¹)			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
REPETICION 1	1.00	1.08	1.30	1.68
REPETICION 2	1.04	1.10	1.34	1.70
REPETICION 3	1.04	1.10	1.27	1.70

- **DATOS PROMEDIO DE CADA PARAMETRO**

Tabla 13

Promedio total de temperatura obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	TEMPERATURA (°C)			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
PROMEDIO DE REPETICIONES	28.52	36.69	32.63	27.38

Tabla 14

Promedio total de pH obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	pH			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
PROMEDIO DE REPETICIONES	5.57	6.49	6.95	8.40

Tabla 15

Promedio total de Humedad obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	HUMEDAD (%)			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
PROMEDIO DE REPETICIONES	55.69	52.09	47.64	37.41

Tabla 16

Promedio total de Conductividad obtenidos a partir del monitoreo del proceso de compostaje

REPETICIONES	CONDUCTIVIDAD (dS.m-1)			
	Unidad 1 (C/N=20/1)	Unidad 2 (C/N=25/1)	Unidad 3 (C/N=30/1)	Unidad 4 (C/N=40/1)
PROMEDIO DE REPETICIONES	1.02	1.09	1.30	1.70

- DATOS ESTADISTICOS

Tabla 17

Análisis estadísticos de los parámetros de compostaje

		Estadísticos			
		Humedad del compost	Ph del compost	Temperatura del compost	Conductividad eléctrica del compost
N	Válido	360	360	360	360
	Perdidos	0	0	0	0
Media		48,21	6,8512	31,308	1,27909
Mediana		50,00	6,9350	31,700	1,22300
Desv. estándar		8,539	1,31287	10,6039	,474719
Mínimo		30	4,50	15,2	,421
Máximo		60	9,23	55,7	2,599

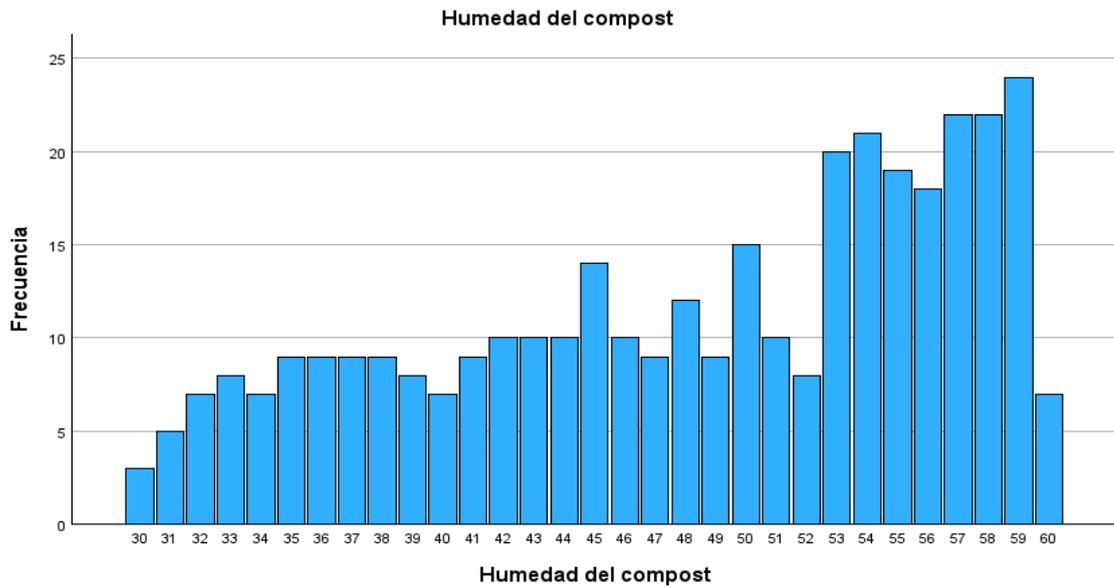
A partir de las tres repeticiones, se obtuvo la media, mediana, desviación estándar, mínimo y máximo de la matriz de datos de las cuatro variables.

5.2. Resultados inferenciales

Con los resultados anteriores se tiene un consolidado en la tabla siguiente ya que representa el promedio de todas las repeticiones por cada indicador

Figura 2

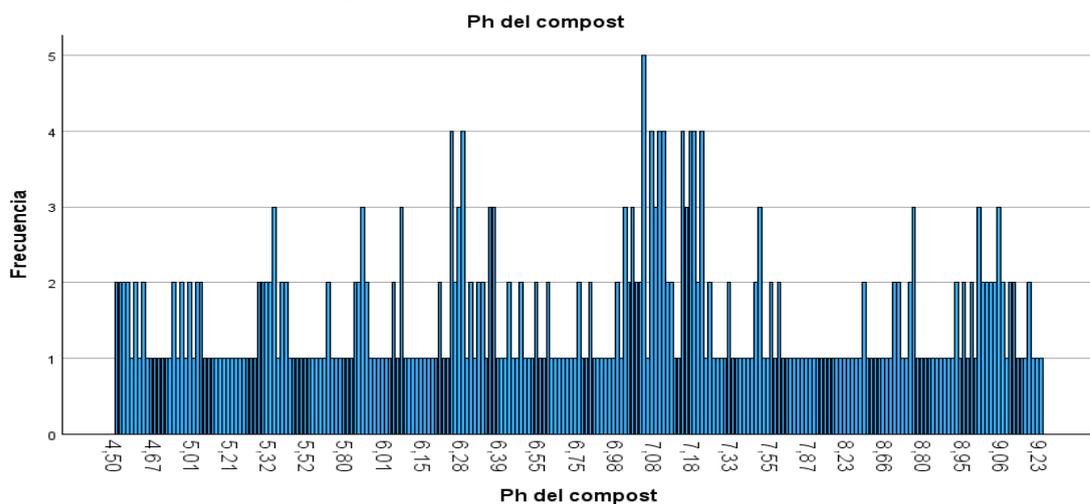
Gráfico de frecuencia de humedad del compost



Nota: El porcentaje de humedad más repetido fue del 59% y el menos repetido fue de 30%.

Figura 3

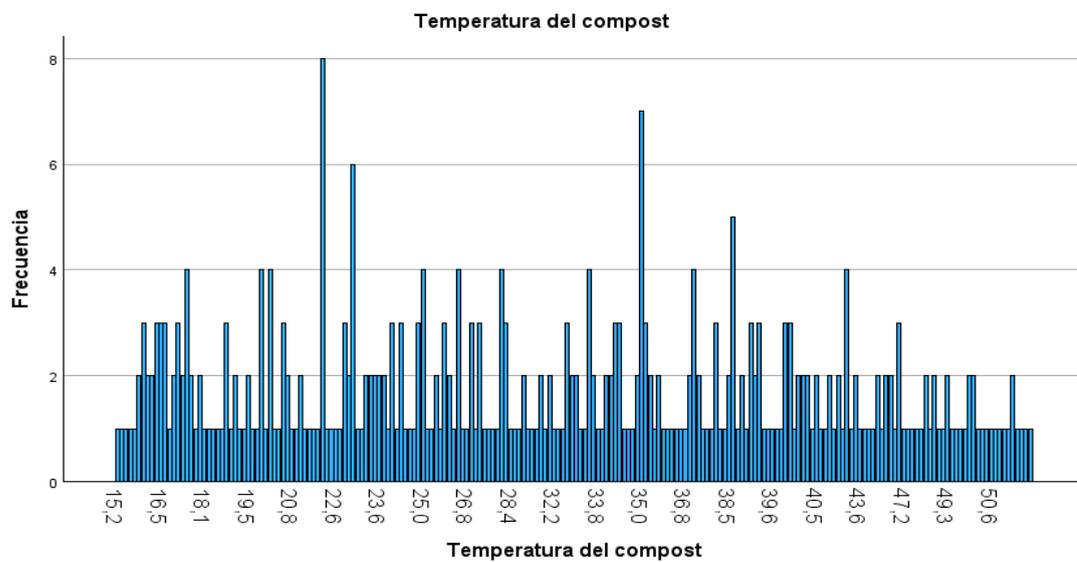
Gráfico de frecuencia de pH del compost



Nota: El Ph más repetido fue de 7.05.

Figura 4

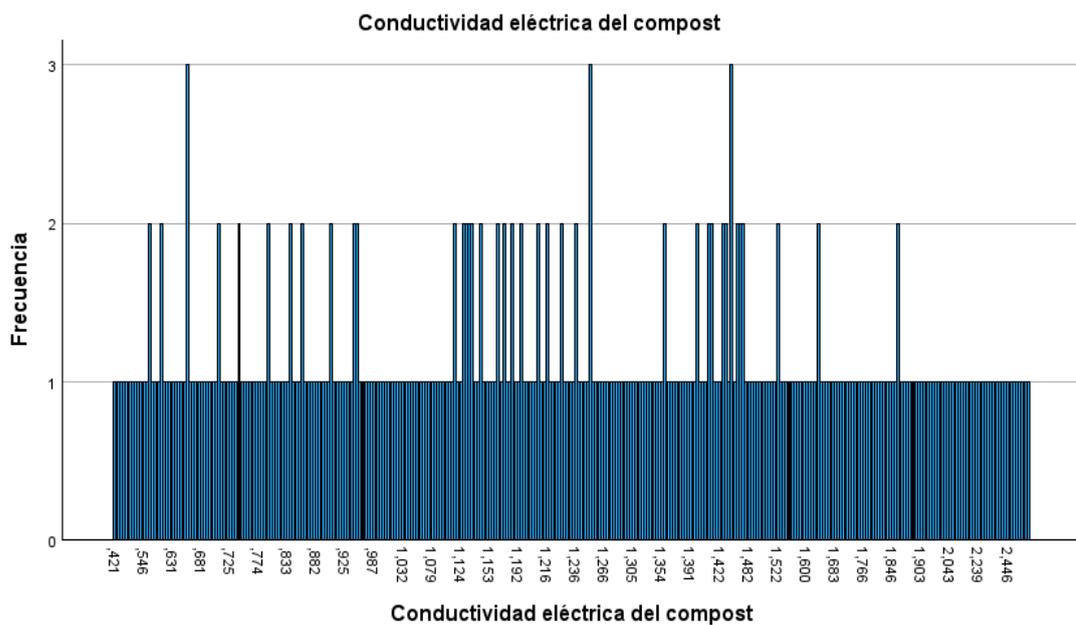
Gráfico de frecuencia de Temperatura del compost



Nota: La temperatura más repetida fue de 22°C.

Figura 5

Gráfico de frecuencia de Conductividad eléctrica del compost



Nota: Las conductividades eléctricas más repetidas fueron las de 0.652, 1.246 y 1.449.

- Prueba de Anova

Tabla 18

Datos estadísticos de prueba de Análisis de Varianzas

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Temperatura del compost	Entre grupos	4850,449	3	1616,816	16,206	<,001
	Dentro de grupos	35516,434	356	99,765		
	Total	40366,883	359			
pH del compost	Entre grupos	377,077	3	125,692	185,12 5	<,001
	Dentro de grupos	241,709	356	,679		
	Total	618,786	359			
Humedad del compost	Entre grupos	16912,386	3	5637,462	216,70 9	<,001
	Dentro de grupos	9260,989	356	26,014		
	Total	26173,375	359			
Conductividad eléctrica del compost	Entre grupos	24,574	3	8,191	51,769	<,001
	Dentro de grupos	56,329	356	,158		
	Total	80,903	359			

Nota: Observando la tabla de ANOVA, vemos que el p-valor para las cuatro variables obtenidas es menor a 0,05, indicándonos esto que hay diferencias entre los grupos; en otras palabras, que los grupos no se comportan igual.

Tabla 19*Datos estadísticos de prueba de Análisis de Varianzas*

HSD Tukey			
Variable dependiente	(I) Relación C/N de inicio	(J) Relación C/N de inicio	Diferencia de medias (I-J)
Temperatura del compost	20	25	-8,1692*
		30	-4,1076*
		40	1,1391
	25	20	8,1692*
		30	4,0617*
		40	9,3083*
	30	20	4,1076*
		25	-4,0617*
		40	5,2467*
	40	20	-1,1391
		25	-9,3083*
		30	-5,2467*
pH del compost	20	25	-,92111*
		30	-1,37689*
		40	-2,83344*
	25	20	,92111*
		30	-,45578*
		40	-1,91233*
	30	20	1,37689*
		25	,45578*
		40	-1,45656*
	40	20	2,83344*
		25	1,91233*
		30	1,45656*
Humedad del compost	20	25	3,600*
		30	8,044*
		40	18,278*
	25	20	-3,600*
		30	4,444*
		40	14,678*
	30	20	-8,044*
		25	-4,444*
		40	10,233*
	40	20	-18,278*
		25	-14,678*
		30	-10,233*
Conductividad eléctrica del compost	20	25	-,068644
		30	-,278267*
		40	-,670633*
	25	20	,068644
		30	-,209622*
		40	-,601989*
	30	20	,278267*
		25	,209622*
		40	-,392367*
	40	20	,670633*
		25	,601989*
		30	,392367*

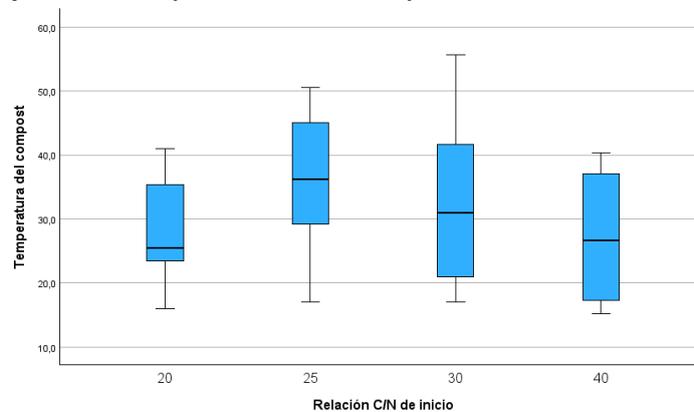
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Teniendo en cuenta que, en la prueba de homogeneidad de varianza, se obtuvo que en las cuatro variables no hay homogeneidad, a partir de ello nos guiaremos del Método Estadístico Tukey obtenido de la prueba de post hoc. Analizando esta tabla vemos que, en la gran mayoría de comparaciones entre grupos, estos se comportan de manera diferente, las cuales están marcadas con un (*) cuando esta diferencia es significativa.

- **Diagrama de cajas**

Figura 6

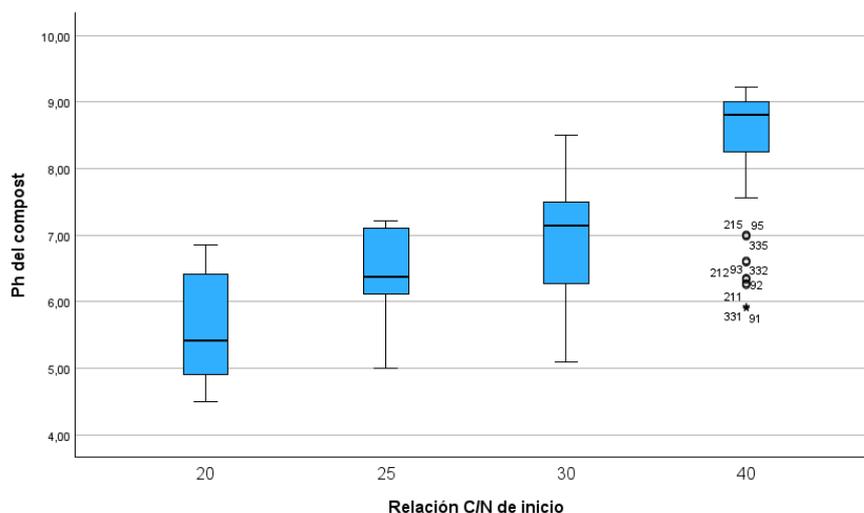
Gráfico de cajas de Temperatura de compost



Nota: En la relación de 30/1, los datos se encuentran dispersos casi uniformemente. En la relación de 20/1 vemos una mayor concentración de datos entre la mediana y el Q1.

Figura 7

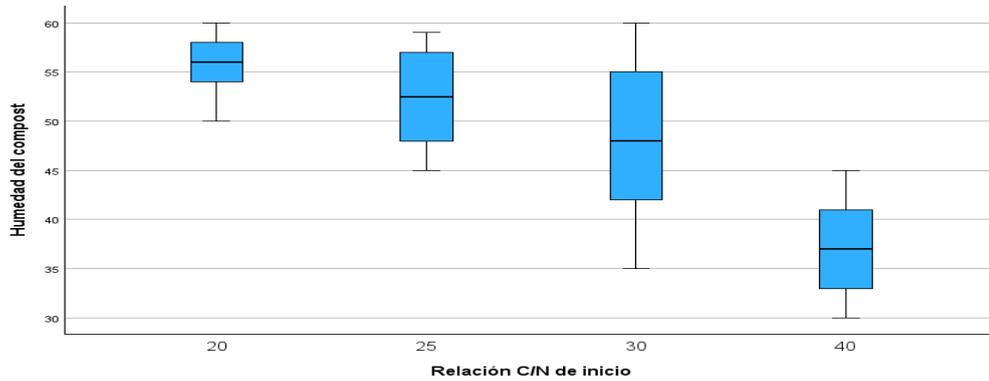
Gráfico de cajas de pH de compost



En la relación de 40/1 se logra observar que hay una mayor concentración de datos entre el Q3 y la mediana, en este mismo también se logra ver ciertos valores atípicos y un valor extremo.

Figura 8

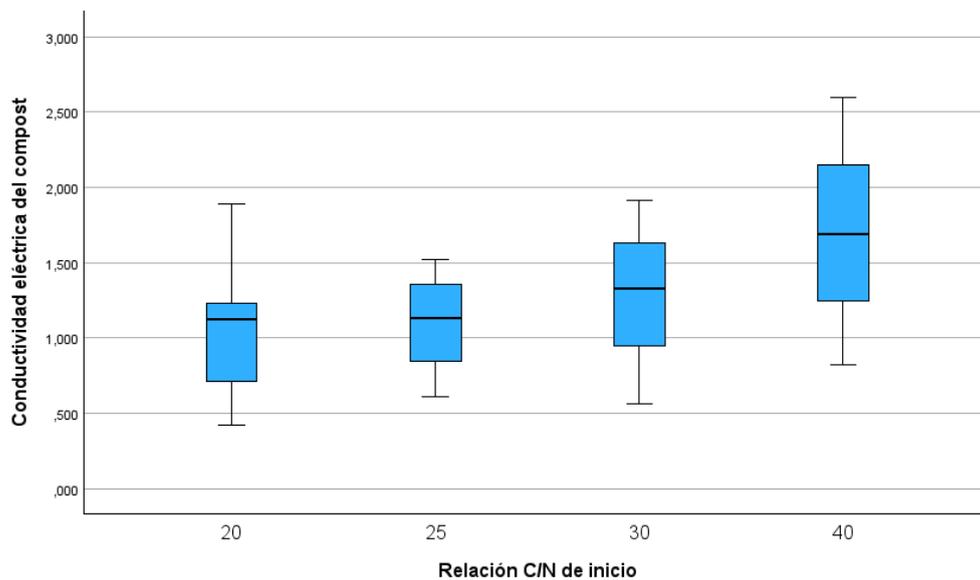
Gráfico de cajas de Humedad del compost



En las cuatro relaciones se logra observar una distribución uniforme de datos. En la relación de 20/1 se denota una humedad promedio mayor a las demás.

Figura 9

Gráfico de cajas de Conductividad Eléctrica del compost



En las relaciones de 30/1 y 40/1 se logra observar una distribución uniforme de datos; en la relación de 20/1 se logra ver una mayor concentración de datos entre el Q3 y la mediana.

- **Temperatura del compost:**

Tabla 20

Datos estadísticos de temperatura según prueba de POST HOC

	Relación C/N de inicio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	40	90	27,384		
	20	90	28,524		
	30	90		32,631	
	25	90			36,693
	Sig.			,870	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 90,000.

De forma referencial, según la literatura de la guía del buen agricultor de la FAO, se puede determinar que el rango adecuado para la obtención de un compost de buena calidad debería estar entre los rangos de temperatura (T° ambiente $< 35^{\circ}\text{C}$) y altas temperaturas (T° ambiente $> 70^{\circ}\text{C}$). Por ende, se infiere que el subconjunto 3 de relación carbono/nitrógeno de 25/1 cumple con lo establecido y siguiendo esta lógica se puede determinar que la relación carbono/nitrógeno de 30/1 tiene las mismas características por lo que se acerca al rango.

- **pH del compost:**

Tabla 21

Datos estadísticos de pH según prueba de POST HOC

Relación C/N de inicio	N	HSD Tukey ^a			
		Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
20	90	5,5683			
25	90		6,4894		
30	90			6,9452	
40	90				8,4018
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 90,000.

De forma referencial, según la literatura de la norma técnica peruana NTP 201.207:2020 – FERTILIZANTES, establece que el rango que debe cumplir el ph para un buen producto de compost es $(5,0 < \text{ph} < 8,5)$ y norma técnica chilena (Nch2880), se puede determinar que el rango adecuado para la obtención de un compost de buena calidad debería estar entre los rangos de $(5,0 < \text{ph} < 8,5)$. Por ende, se infiere que todos los subconjuntos del indicador ph cumplen con lo establecido por ambas normas.

- **Humedad del compost**

Tabla 22

Datos estadísticos de humedad según prueba de POST HOC

Relación C/N de inicio	N	HSD Tukey ^a			
		Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
40	90	37,41			
30	90		47,64		
25	90			52,09	
20	90				55,69
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 90,000.

Nota: De forma referencial, según la literatura de la norma técnica peruana NTP 201.207:2020 – FERTILIZANTES, establece que el rango que debe cumplir la humedad para un buen producto de compost es $(15\% < \text{Humedad} < 35\%)$, por lo tanto se infiere que ninguno cumple con este estándar y Según la literatura de la norma técnica chilena (Nch2880), se puede observar que el rango adecuado para la obtención de un compost de buena calidad de tipo A debería estar entre los rangos de humedad $(30\% < \text{Humedad} < 45\%)$. En consecuencia, se infiere que los subconjuntos que cumplen esta condición para el indicador humedad son el subconjunto 1 con relación carbono/nitrógeno de 40/1, pero también podemos observar que el subconjunto 2 con relación carbono/nitrógeno de 30/1 se acerca al rango establecido.

- **Conductividad eléctrica del compost**

Tabla 23

Datos estadísticos de conductividad eléctrica según prueba de POST HOC

Relación C/N de inicio	HSD Tukey ^a			
	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20	90	1,02470		
25	90	1,09334		
30	90		1,30297	
40	90			1,69533
Sig.		,654	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 90,000.

Nota: De forma referencial, según la literatura de la norma técnica peruana NTP 201.207:2020 – FERTILIZANTES, establece que el rango que debe cumplir la conductividad eléctrica para un buen producto de compost es conductividad eléctrica ($CE < 5 \text{dS/m}$) y según la literatura de la norma técnica chilena (Nch2880), se puede observar que el rango adecuado para la obtención de un compost de buena calidad de tipo A debería estar entre los rangos de conductividad eléctrica ($CE < 3 \text{dS/m}$). En consecuencia, se infiere que todos los subconjuntos cumplen esta condición para el indicador Conductividad eléctrica por ambas normas; por otro lado, se puede inferir que el subconjunto 2 (relación carbono/nitrógeno de 30/1), durante el proceso de compostaje, presentó datos intermedios respecto a las otras unidades de compostaje.

5.3. Otro tipo de resultados estadísticos

Para el mejor entendimiento de los datos se realizaron pruebas estadísticas como es la prueba de normalidad que nos permitió determinar si tenían los datos una distribución normal; luego se realizó la prueba de homogeneidad para verificar si existe alguna homogeneidad entre los datos de la variable. Luego se realizó el análisis de varianza para verificar que los grupos de datos de la variable se comporten de distintas maneras y, por último, se

realizó la prueba de POST HOC (ver la tabla 18) para verificar y constatar la diferencia que existe entre los grupos de datos de la variable.

- PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 24

Datos estadísticos de prueba de normalidad

	Relación C/N de		Shapiro-Wilk	
	inicio	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura del compost	20	,900	90	<,001
	25	,934	90	<,001
	30	,906	90	<,001
	40	,861	90	<,001
Ph del compost	20	,905	90	<,001
	25	,889	90	<,001
	30	,898	90	<,001
	40	,726	90	<,001
Humedad del compost	20	,949	90	,001
	25	,920	90	<,001
	30	,949	90	,001
	40	,945	90	<,001
Conductividad eléctrica del compost	20	,951	90	,002
	25	,934	90	<,001
	30	,951	90	,002
	40	,955	90	,003

Hipótesis nula:

H0: El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta no influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima 2023.

Hipótesis alternativa:

H1: El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima 2023.

Interpretación

Guiándonos del método de **Shapiro-Wilk**, obtuvimos el p valor <0.05; entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la

hipótesis alternativa. Este resultado confirma que los datos no cuentan con varianzas iguales.

- **PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS**

Tabla 25

Datos estadísticos de prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Temperatura del compost	Se basa en la media	10,156	3	356	<,001
	Se basa en la mediana	9,933	3	356	<,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	9,933	3	312,987	<,001
	Se basa en la media recortada	9,895	3	356	<,001
Ph del compost	Se basa en la media	3,674	3	356	,012
	Se basa en la mediana	1,243	3	356	,294
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,243	3	248,941	,295
	Se basa en la media recortada	2,542	3	356	,056
Humedad del compost	Se basa en la media	39,594	3	356	<,001
	Se basa en la mediana	38,051	3	356	<,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	38,051	3	239,382	<,001
	Se basa en la media recortada	39,500	3	356	<,001
Conductividad eléctrica del compost	Se basa en la media	16,419	3	356	<,001
	Se basa en la mediana	15,427	3	356	<,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	15,427	3	310,586	<,001
	Se basa en la media recortada	16,400	3	356	<,001

Como p valor es menor que 0,05 en los 4 casos, comprobamos que no hay homogeneidad de varianzas en las 4 variables; por lo tanto, se concluye que las 4 variables presentan alguna diferencia.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Se establece la hipótesis nula y alternativa como se detalla continuación:

Hipótesis nula:

H0: El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta no influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima 2023.

Hipótesis alternativa:

H1: El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima 2023.

Con el método de Shapiro-Wilk, obtuvimos el p valor $p < 0.05$; por lo tanto, existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. Por lo tanto, el balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho-Lima 2023

De la misma manera se analizó las hipótesis específicas en donde se confirmó lo siguiente:

El balance carbono/nitrógeno (20/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

El balance carbono/nitrógeno (25/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

El balance carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

El balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Según el estudio Guerrero (2021), de acuerdo a la metodología utilizada que se basó en mezclas de 4 tipos de residuos orgánicos diferentes para la producción de compost, medidas de manera volumétrica y porcentual, se obtuvo como resultado que la mezcla de relación carbono/nitrógeno (30/1) tuvo mejor desempeño en el proceso ya que la calidad del producto obtenido estaba dentro de los parámetros de la norma técnica chilena. De igual manera, en contrastación con los resultados de la presente investigación se llegó al mismo resultado, ya que los resultados más significativos en cuanto humedad, conductividad y tiempo de degradación fue con el de la relación C/N:30/1.

Asimismo, Castillo (2020) en su estudio, evaluó la calidad del compost a partir de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos, con la aplicación de 3 dosis de “Microorganismos Eficaces” (EM) al 5%. Se empleó el método experimental con un diseño completamente al azar, con 12 composteras de 0.8 m x 0.6 m y medición de cada una de las mezclas en relación C/N: 30/1, donde se monitorearon constantemente los parámetros de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica, obteniendo como resultados, que: la humedad, pH, conductividad eléctrica, se encuentren dentro de los estándares de compost de calidad, según la Norma Técnica Chilena, resultando ser similar al resultado con los de esta investigación.

La presente investigación coincide con Méndez (2022) en los resultados, donde obtiene una relación Carbono/Nitrógeno de 30.534/1 para un tiempo de 40 días de compostaje, comparando con nuestros resultados vemos que se obtiene un resultado aproximado a relación Carbono/Nitrógeno (30/1) para un proceso de compostaje que duró 30 días.

6.3. Responsabilidad ética, de acuerdo a los reglamentos vigentes

En la presente investigación se consideran los lineamientos establecidos en el Código de Ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao mediante Resolución de Consejo Universitario N° 260-2019-CU.

Asimismo, se consideraron los lineamientos del Reglamento de propiedad Intelectual mediante Resolución N°1206-2019-R, de manera que se respetaron los derechos de propiedad y autoría intelectual.

Los autores asumen total responsabilidad del contenido de la presente investigación, de manera que no se falsificaron, ni se modificaron datos o resultados de manera parcial o total durante su desarrollo.

VII. CONCLUSIONES

- Se demostró que la relación carbono/nitrógeno (20/1) de los residuos de césped y fruta influye significativamente en la aceleración del compostaje, ya que, al evaluar el proceso presentó cambios en los valores de temperatura 28.52°C, pH 5.56, humedad 55.69% y conductividad eléctrica 1.023 dS.m⁻¹, con respecto a sus valores iniciales; de los cuales, la temperatura, pH y conductividad eléctrica estaban por debajo del promedio que se requiere para el desarrollo de un buen proceso de compostaje y la humedad estaba por encima del promedio buscado.
- Se demostró que la relación carbono/nitrógeno (25/1) de los residuos de césped y fruta influye significativamente en la aceleración del compostaje, ya que, al evaluar el proceso, presentó cambios en los valores de temperatura 36.69°C, pH 6.49, humedad 52.09% y conductividad eléctrica 1.093 dS.m⁻¹, con respecto a sus valores iniciales; de los cuales, la conductividad eléctrica estaba por debajo del promedio que se requiere para el desarrollo de un buen compostaje y, los valores de temperatura, pH y humedad se encontraban dentro del promedio buscado.
- Se demostró que la relación carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta influye significativamente en la aceleración del compostaje, ya que, al evaluar el proceso, presentó cambios en los valores de: temperatura 32.63°C, pH 6.95, humedad 47.64% y conductividad eléctrica 1.303 dS.m⁻¹, con respecto a sus valores iniciales. En este caso, todos los parámetros evaluados (temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica) se encontraban dentro del promedio buscado para acelerar el desarrollo de un buen compostaje.
- Se demostró que la relación carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta influye significativamente en la aceleración del compostaje, ya que, al evaluar el proceso, presentó cambios en los valores de: temperatura 27.38°C, pH 8.40, humedad 37.41% y conductividad eléctrica 1.695 dS.m⁻¹, con respecto a sus valores iniciales; de los cuales, la temperatura y humedad se encontraban por debajo del promedio que se requiere para el desarrollo de

un buen compostaje y los valores de pH y conductividad eléctrica se encontraron por encima del promedio buscado.

- Finalmente, se demostró que el balance carbono/nitrógeno de 20/1, 25/1, 30/1 y 40/1 de los residuos de césped y fruta tienen influencia en la aceleración del compostaje, ya que, al evaluar los parámetros de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica presentaron cambios en sus valores registrados con respecto a sus valores iniciales, lográndose obtener para el balance carbono/nitrógeno 30/1, valores promedios de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica requeridos para la aceleración del proceso de compostaje.

VIII. RECOMENDACIONES

- En el proceso de compostaje se puede evaluar más parámetros (materia orgánica, metales pesados, nitrógeno, fósforo, potasio, etc.) para obtener mejores resultados en la aceleración del proceso de compostaje.
- Utilizar otras metodologías que puedan aplicarse al proceso de compostaje, las cuales permitan su aceleración y mayor eficiencia en la producción de compost.
- El procedimiento de muestreo de residuos sólidos orgánicos de césped y fruta se debe aplicar correctamente, para evitar resultados que no representen el estado situacional y exacto del residuo; en este caso cumpliendo con todas las especificaciones del laboratorio y levantamiento de la cadena de custodia.
- Realizar las pruebas del proceso de compostaje en épocas de otoño y primavera, ya que otras estaciones del año podrían afectar en los resultados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUMADA MERCADO, C.E., 2005. *Evaluación de los efectos de la pluviometría en Pilas de compostaje de residuos sólidos* [en línea]. S.I.: Universidad del Bío-Bío. Disponible en:
http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2005/ahumada_c/html/index-frames.html.
- ALBARRACÍN SÁNCHEZ, D.M., ROA PARRA, A.L., ROA PARRA, A.L., SOLANO ORTEGA, F., SOLANO ORTEGA, F. y MONTAÑEZ ACEVEDO, G., 2018. Producción de abono orgánico mediante el compostaje aerotérmico de residuos de poda. En: proporción de C:N de 35:1 y se ajustó la humedad a 70%. Se realizaron manualmente volteos cada semana durante tres meses y mediciones diarias de temperatura, pH y humedad. Se tomaron semanalmente muestras para, *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS* [en línea], vol. 17, no. 1, ISSN 0120-4211. DOI 10.24054/01204211.v1.n1.2018.2939. Disponible en:
http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/BISTUA/article/view/2939.
- ALDANA DUQUE, K.P. y SANCHEZ ARGOTA, E., 2009. *Efecto de un bioinoculante bacteriano sobre la reactivación de Salmonella enterica serovariedad Typhimurium en un compost inoculado artificialmente* [en línea]. S.I.: Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias - Carrera de Microb. Disponible en:
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8718>.
- AYALA CADENA, O., 2014. *Prototipo de un compostador de uso doméstico automatizado con Arduino* [en línea]. S.I.: Universidad Autonoma del Estado de Mexico - Centro Universitario UAEM Texcoco - Ingenieria en Computacion. Disponible en:
[http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/62545/Tesis Omar Ayala Cadena-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/62545/Tesis%20Omar%20Ayala%20Cadena-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- BACA GARCÍA, M.T., 2003. *Propiedades Agronómicas del Compost*. [en línea], Disponible en:

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Cooperacion_Internacional_En_Materia_De_Medio_Ambiente/Iniciativas_Comunitarias/Programa_LIFE/LIFE_Medio_Ambiente/Proyectos_aprobados_enejecucion/pdf_compost/Propiedades.pdf.

BALLARDO MATOS, C.V., 2016. *Valorización de residuos sólidos orgánicos como sustrato para el crecimiento de bacillus thuringiensis mediante fermentación en estado sólido* [en línea]. S.I.: Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en:

https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/142971/2/BALLARDO_MATOS_Cindy_Vanessa_D_Tesis.pdf.

BBVA, 2022. ¿Qué es el compost y cuáles son sus fases? El poder del suelo vivo. *Sostenibilidad y Banca Responsable* [en línea]. [consulta: 4 junio 2023]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-compost-y-cuales-son-sus-fases-el-poder-del-suelo-vivo/>.

BUENO MÁRQUEZ, P., DÍAZ BLANCO, M.J. y CABRERA CAPITAN, F., 2017a. Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje. *Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica. Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales* [en línea], Disponible en: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores que afectan al proceso de com.](https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf)

BUENO MÁRQUEZ, P., DÍAZ BLANCO, M.J. y CABRERA CAPITAN, F., 2017b. Factores que afectan al proceso de Compostaje. *Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica. Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales* [en línea], Disponible en: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores que afectan al proceso de compostaje.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf).

CABRERA CÓRDOVA, V.C. y ROSSI LUNA, M.G., 2016. *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Agraria la Molina - Ciclo Optativo de

Especialización y Profesionalización en Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental. Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2251>.

CALDERÓN, J.P., 2005. Compost y Norma Chilena. *Norma chilena* [en línea], Disponible en: <https://docplayer.es/89322464-Compost-y-norma-chilena-jesus-paredes-calderon-licenciado-en-agronomia.html>.

CARDONA CASTELBLANCO, S. y HERNANDEZ RIOS, L.J., 2008.

Aprovechamiento De Residuos De Podas Mediante Compostaje En La Escuela Militar De Aviación «Marco Fidel Suárez» [en línea]. S.I.:

Universidad Autónoma del Occidente. Disponible en:

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6399/T04413.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CASTILLO HUAMÁN, L.C., 2020. *Evaluación de la calidad del compost*

obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019 [en línea]. S.I.: Universidad

Continental. Disponible en:

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8245>.

CHUCOS PALOMINO, A.A., 2020. *Impacto ambiental del manejo de residuos*

sólidos del botadero “El Porvenir” - El Tambo [en línea]. S.I.: Universidad Continental. Disponible en:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8794/4/IV_FIN_107_TI_Chucos_Palomino_2020.pdf.

COMESAÑA, D.A., 2022. *El compostaje como llave para el tratamiento de*

residuos : su importancia en la biorremediación de hidrocarburos y la gestión de residuos municipales [en línea]. S.I.: Universidad de Vigo.

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=313541>.

CORREAL, M.C., FALEIRO, C., PIAMONTE, C., RIHM, J.A. y ZAMBRANO, M.,

2023. Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos en

América Latina y el Caribe. *Banco Interamericano de Desarrollo - División*

de Agua y Saneamiento [en línea], DOI

<http://dx.doi.org/10.18235/0004797>. Disponible en:

<https://publications.iadb.org/es/sostenibilidad-financiera-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe>.

CRUZ VILLACORTA, L., 2021. Compostabilidad de pelos de Vacuno procedentes del proceso de pelambre con excretas humanas deshidratadas. *Universidad Nacional Agraria La Molina* [en línea], Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3271>.

DÍAZ CARUAJULCA, J.L., 2021. *Caracterización del Compost de los Residuos Orgánicos (Frutas y Verduras) del Mercado Mayorista Chota* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Autónoma de Chota. Disponible en: https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/225/INFORME_FINAL_DE_TESIS.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

DÍAZ QUISPE, J.A., 2022. *Obtención de Biól a Partir de los Residuos Sólidos Orgánicos Domiciliarios, Utilizando Microorganismos Eficientes, en el Distrito De Curimaná, Ucayali, Perú* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Ucayali. Disponible en: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5650/B8_2022_UNU_MAESTRIA_2022_TM_VIVIANA_RAMOS_V2.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

DIRECCION GENERAL DE DESARROLLO MINERO, 2013. Perfil de Mercado de la Caliza. [en línea]. Ciudad de Mexico: Disponible en: https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_caliza_1013.pdf.

EFUS OSORIO, A., 2017. *Empleo de Abonos Sintéticos y su Impacto Ambiental en la Degradación de la Calidad de Suelos Agrícolas en la Comunidad de Coyunde Grande, Distrito Chugur* [en línea]. S.I.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28145/efus_0a.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- ESTRELLA GONZÁLES, M.J., 2020. *Estudio Comparativo del Proceso de Compostaje a Escala Industrial: Análisis Metagenómico y Vinculación con los Parámetros Críticos de Control del Proceso* [en línea]. S.l.: Universidad de Almería. Disponible en:
http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/10879/ESTRELLA_GONZALEZ_MARIA_JOSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- GALVIS GONZÁLEZ, J.A., 2016. Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Revista Gestión y Región* [en línea], no. 22, Disponible en:
<https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149>.
- GUERRERO CARO, R.B., 2021. *Determinación de la relación c/n óptima para la obtención de un compost de buena calidad de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Independencia – Huaraz – Ancash, 2017 – 2019* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4842>.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. y MENDOZA TORRES, C.P., 2018. *Metodología de la investigación las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta* [en línea]. Séptima ed. S.l.: s.n. vol. 7. ISBN 9781456260965. Disponible en:
https://books.google.com.pe/books/about/METODOLOGÍA_DE_LA_INVESTIGACIÓN.html?id=jly9vQEACAAJ&redir_esc=y.
- INNOVA AMBIENTAL, 2023. La valorización de residuos: un desafío que requiere del compromiso de todos. *28 De Octubre - Innova Ambiental* [en línea]. Disponible en: <https://www.innova.com.pe/la-valorizacion-de-residuos/>.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN), 2004. Norma Chilena NCh2880 - Compost - Clasificación y requisitos. *Servicio Agrícola Ganadero (SAG)* [en línea]. Chile: [consulta: 30 septiembre 2020]. Disponible en: <https://ecommerce.inn.cl/nch2880201549196>.
- JUÁREZ MENDOZA, M.A., 2012. *Propuesta de compostaje de los residuos*

- vegetales generados en la Universidad de Piura* [en línea]. S.l.: Universidad de Piura. Disponible en:
<http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1728>.
- MASABNI, J. y LILLARD, P., 2010. *Jardineria Facil. Texas A y M Agrilife Extension* [en línea], Disponible en: <https://aggie-horticulture.tamu.edu/vegetable/files/2013/09/EHT-069S-composting.pdf>.
- MELENDREZ MORETO, N.A. y SÁNCHEZ DELGADO, J., 2019. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Union - Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1777>.
- MÉNDEZ ALVARADO, A., 2022. *Evaluación de la composta producida en la Planta de Compostaje de Xalapa Veracruz* [en línea]. S.l.: Universidad Veracruzana. Disponible en:
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52607/MendezAlvaradoAbraham.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- MINAM, 2016. Decreto Legislativo que Aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Diario El Peruano* [en línea], Disponible en:
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos>.
- MINAM, 2023. Fundamentos Teóricos del Compostaje. [en línea]. Satipo - Peru: Dirección de Gestión y Manejo de Residuos sólidos, pp. 1-37. vol. I. Disponible en:
<https://aulaaprende.minam.gob.pe/course/view.php?id=155§ion=4#tabs-tree-start>.
- MINAM - SINIA, 2023. Estadística ambiental de Generación de Residuos Sólidos Municipales a nivel Departamental - Lima. *Ministerio del Ambiente - Sistema Nacional de Información de Ambiental* [en línea]. Disponible en:
<https://sinia.minam.gob.pe/informacion/estadisticas>.
- MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, 2005. Ministerio de la presidencia 20317 -

REAL DECRETO 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.
REAL DECRETO 824/2005 [en línea]. España: [consulta: 30 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-12378>.

NEGRO, M.J., VILLA, F., AIBAR, J., ARACÓN, R., CIRIA, P., CRISTÓBAL, M. V., BENITO, A. de, GARCÍA MARTÍN, A., GARCIA MURIEDAS, G., LABRADOR, C., LACASTA DUTOIT, C., LEZAÚN, J.A., MECO, R., PARDO, G., SOLANO, M.L., TORNER, C. y ZARAGOZA, C., 2000. Producción y gestión del compost. (*CCMA*) *Artículos* [en línea], Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/16792>.

ONU, 2023. Datos y cifras de generación de residuos sólidos a nivel Mundial. *Página Web - Organización de las Naciones Unidas* [en línea]. Disponible en: <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/solid-waste-management>.

PASQUALOTTO, N., 2022. *Caracterización y Aprovechamiento de Residuos Orgánicos de Bodega: Ccompostaje y obtención de Enmienda para Uso Agrícola*. [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Cuyo. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitaes/17531/pasqualotto-noelia-tesis-de-grado-irnr.pdf.

PLATAFORMA NACIONAL DE DATOS ABIERTOS, 2023. Generación anual de residuos sólidos domiciliarios en el Distrito de Lurigancho - Chosica. *Ministerio del Ambiente - Plataforma Nacional de Datos Abiertos* [en línea]. Disponible en: <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/generación-anual-de-residuos-sólidos-domiciliarios/resource/d0cfbe42-ab0b-49e9-80a3#%7B%7D>.

RÍOS HERNÁNDEZ, A., 2009. *Gestión integral de los residuos sólidos urbanos* [en línea]. S.I.: Instituto Polictenico Nacional. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3066/GESTIONINTEGRAL.pdf?se>.

RIVAS ARIAS, C.A., 2018. Piensa un Minuto Antes de Actuar : Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Gestion Integral de Residuos Solidos - Mincomercio Industria y Turismo - Minambiente* [en línea], Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>.

ROMÁN, P., MARTÍNEZ, M.M. y PANTOJA, A., 2013. Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina (FAO). *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe* [en línea]. Santiago de Chile: Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

SAEZ OLIVARES, A., 2000. *Optimización de los métodos para mejorar la calidad del compost de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos* [en línea]. S.I.: Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Disponible en: <http://oa.upm.es/613/1/04200011.pdf>.

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES - SEMARNAT, 2012. NADF-020-AMBT-2011. Norma Ambiental para el Distrito Federal que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las específicas. *Diario Oficial de la Federación* [en línea]. MEXICO: [consulta: 30 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/images/archivos/sedema/leyes-reglamentos/normas/locales/NADF-020-AMBT-2011.pdf>.

SILES CASTELLANO, A.B., 2021. *Estudio comparativo del compostaje a escala industrial de residuos orgánicos de diversa procedencia: indicadores, calidad, y estabilidad* [en línea]. S.I.: s.n. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=305221&info=resumen&idoma=SPA%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=305221>.

- SILVA, J.P., LÓPEZ, P. y VALENCIA, P., 2000. Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. *Escuela de Ingeniería Recursos Naturales y el Ambiente (EIDENAR)*. [en línea], Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/compostaje.pdf>.
- SUNI TORRES, L.L.J., 2018. *Aprovechamiento de los residuos solidos organicos en compostaje del mercado mayorista metropolitano Rio Seco - La Parada. Cerro Colorado* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa - Escuela de Posgrado - Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales y Formales. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6546>.
- SZTERN, D. y PRAVIA, M., 2015. Manual Para la Elaboracion de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos. *Presidencia de la Republica - Oficina de Planeamiento y Presupuesto - Unidad de Desarrollo Municipal* [en línea], Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>.
- TEJADA RODRIGUEZ, A.T., 2021. *Evaluación de la Calidad de Variedades de Compost Obtenidas de la Combinación de Estiércol Vacuno con Cascarilla de Arroz y con Broza de Papa en Diferentes Proporciones en el Distrito de Cocachacra, Islay, Arequipa* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b16d7e3c-7718-40af-8641-0d5b8bd43160/content>.
- TELLO ESPINOZA, P., 2018. *Gestion Integral de Residuos Solidos Urbanos* [en línea]. Edicion 20. Paraguay: AIDIS - Proper MX. Disponible en: <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>.
- TOME RAMOS, C.O., 2022. *Fructificación del hongo comestible Pleurotus afín ostreatus sobre un sustrato según su balance de relación C/N a base del césped residual de jardines* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Federico Villarreal. Disponible en:

<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6135>.

TORRES FERNANDEZ, M., 2022. *Reaprovechamiento de Residuos Organicos del Hogar para la Preparacion de Compost y la Germinacion de Coriandrum sativum (Culantro)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/13965>.

TORRES LOZADA, P., MADERA PARRA, C.A. y MARTÍNEZ PUENTES, G., 2008. Estabilización alcalina de biosólidos compostados de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para aprovechamiento agrícola. *Revista Facultas Nacional Agronomía Medellín* [en línea], vol. 61, no. 1, Disponible en:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24743>.

UNIVERSIDAD ILLINOIS, 2020. Control de los residuos vegetales en el césped de jardines particulares. *Extension de la Universidad de Illinois* [en línea]. Disponible en:
https://web.extension.illinois.edu/lawntalk_sp/weeds/managing_thatch_in_home_lawns.cfm.

VARGAS PINEDA, O.I., TRUJILLO GONZÁLEZ, J.M. y TORRES MORA, M.A., 2019. El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia* [en línea], vol. 23, no. 2, ISSN 0121-3709. DOI 10.22579/20112629.575. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-37092019000200123&script=sci_abstract&tIng=es.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

**TITULO: EL BALANCE CARBONO/NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE CESPED Y FRUTA EN LA ACELERACIÓN DEL COMPOSTAJE,
LURIGANCHO – LIMA, 2023.**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE	METODOLOGÍA	
¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho - Lima 2023?	Evaluar de qué manera influye el balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho - Lima 2023.	El balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta influyen significativamente en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023.	VI: BALANCE CARBONO/NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE CESPED Y FRUTA	<u>TIPO</u> Aplicada	
			<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	
				I1: Balance carbono/nitrógeno (20/1)	<u>NIVEL</u> Explicativo
				I2: Balance carbono/nitrógeno (25/1)	<u>ESPECÍFICO</u> Analítico
			D1: Balance carbono/nitrógeno	<u>DISEÑO</u> Experimental	
			I3: Balance carbono/nitrógeno (30/1)	<u>ENFOQUE</u> Cuantitativo	
			I4: Balance carbono/nitrógeno (40/1)	<u>TIPO DE DISEÑO</u> Cuasi experimental	
PROBLEMAS ESPECÍFICO	OBJETIVOS ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VD: ACELERACIÓN DEL COMPOSTAJE		
			<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (20/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (25/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (30/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

¿De qué manera influye el balance carbono/nitrógeno (40/1) de los residuos de césped y fruta en la aceleración del compostaje, Lurigancho – Lima, 2023?

D1: Propiedades del compost

- I1: Temperatura**
- I2: Humedad**
- I3: pH**
- I4: Conductividad eléctrica**

POBLACIÓN

La población está conformada por los residuos que se encuentran dentro de la unidad de compostaje en donde se procesa restos de césped y fruta, con un peso total de 250 Kg.

MUESTRA

La muestra es un 1Kg de cada unidad experimental

ANEXO 2: Propuesta de instrumentos de recolección de datos

Tabla 25

Instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos

VARIABLE	ÍNDICE/ITEMS	INSTRUMENTO	MÉTODO	TÉCNICA
VARIABLE INDEPENDIENTE: (X)	20/1			Aplicación de la fórmula para el cálculo de la relación carbono/nitrógeno según el manual de Compostaje del Agricultor
BALANCE CARBONO/NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE CESPED Y FRUTA	25/1	Cálculo matemático	Balance de carbono/nitrógeno mediante la fórmula recomendada por la FAO (Román, 2013)	Experiencias en América Latina (FAO).
	30/1	mediante formula		
	40/1			
VARIABLE DEPENDIENTE: (Y)				
ACELERACION DEL COMPOSTAJE	°C	-Temperatura	-Método de contacto	-Medición directa
	%H2O	-Hidrómetro	-Método gravimétrico	-TACUSSEL LPH2301
	-	-PH metro	-Método potenciométrico	-ASTM D4442
	Sm/cm2	-Conductímetro	-Método de dilución 1:2.	-Medición por dilución

ANEXO 3: Datos de Temperatura obtenidos a partir del desarrollo del proyecto

Tabla 26

Datos de temperatura de primera repetición

	TEMPERATURA			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	16	17	17	16.5
28/08/2023	17.5	19.5	17.5	17.2
29/08/2023	19	20	17.8	19
30/08/2023	20	22.6	18	20.5
31/08/2023	22	23	20	21.3
1/09/2023	23	24.8	21	23
2/09/2023	25.2	27.3	22	25.9
3/09/2023	26.8	29	24	28.3
4/09/2023	28	32.7	26	32.3
5/09/2023	31	35	30	35.6
6/09/2023	33.5	38.4	33	36.8
7/09/2023	35	42	33.5	37
8/09/2023	38	43.9	35	38.5
9/09/2023	39.9	45	42	38.9
10/09/2023	40	48.5	47.5	39.2
11/09/2023	40.05	49.3	49	39.7
12/09/2023	40.1	50	55	40
13/09/2023	39.2	50.5	55.5	40.1
14/09/2023	38	50.1	55.2	37
15/09/2023	35	49.4	50.1	35
16/09/2023	28	48	47	32.6
17/09/2023	26	45	41	27.1
18/09/2023	25	42	38.5	22.5
19/09/2023	25.02	39	36	19.2
20/09/2023	24.8	37	32	16.3
21/09/2023	23	35	27.8	16.1
22/09/2023	23.9	34.3	25.2	16
23/09/2023	23.8	34.2	22.1	15.8
24/09/2023	23.75	33.9	20.2	15.5
25/09/2023	23.5	33.85	20.1	15.4

Primera repetición

Tabla 27

Datos de temperatura de segunda repetición

TEMPERATURA				
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	16.2	17.2	17.2	16.6
28/08/2023	17.7	19.7	17.7	17.3
29/08/2023	19	20.2	18	19.1
30/08/2023	20.2	22.8	18.3	20.6
31/08/2023	22	23.2	20.2	21.4
1/09/2023	23	25	21	23.1
2/09/2023	25.4	27.5	22	26
3/09/2023	27	29.2	24.2	28.4
4/09/2023	28.3	32.9	25.5	32.4
5/09/2023	31	35.2	29.5	35.7
6/09/2023	33.8	38.6	32.5	36.9
7/09/2023	35.3	42.2	33	37.1
8/09/2023	38.6	43.6	34.5	38.6
9/09/2023	40.2	44.7	41.5	38.8
10/09/2023	40.3	48.2	47	39.1
11/09/2023	40.5	49	48.4	39.6
12/09/2023	40.4	49.7	54.5	39.9
13/09/2023	39.5	50.2	55	40
14/09/2023	38.3	49.8	55.7	36.9
15/09/2023	34.9	49.1	50.6	34.9
16/09/2023	27	47	46	32.5
17/09/2023	25.7	44.7	41.5	27
18/09/2023	24	42.4	39	22.7
19/09/2023	24.8	39	36.3	19.4
20/09/2023	24	37.4	32	16.5
21/09/2023	22.9	35.4	28.3	16.3
22/09/2023	23.8	34.7	25.5	16.2
23/09/2023	23.7	34.6	22	16
24/09/2023	23.6	34.3	20.7	15.7
25/09/2023	23.4	34.2	20.6	15.6

Segunda repetición

Tabla 28*Datos de temperatura de tercera repetición*

	TEMPERATURA			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	16.6	17.3	17.5	16.8
28/08/2023	18.1	19.8	18.2	17.5
29/08/2023	19.2	20.3	18.5	19.3
30/08/2023	20.6	22.9	18.8	20.8
31/08/2023	22	23.3	20.7	21.6
1/09/2023	23.4	25.1	21.5	23.3
2/09/2023	25	27.6	22	26.2
3/09/2023	27.4	29.3	24.7	28.6
4/09/2023	28	33	26	32.6
5/09/2023	31.4	35.3	29.2	35.9
6/09/2023	34	38.7	32.5	37.1
7/09/2023	35.6	42.4	32.7	37.3
8/09/2023	38	43.8	34	38.8
9/09/2023	40.5	44.9	41.2	39.1
10/09/2023	40.6	48.4	46.7	39.4
11/09/2023	40.8	49.2	48.1	39.9
12/09/2023	41	49.9	54.2	40.2
13/09/2023	39.8	50.4	54.7	40.3
14/09/2023	38.6	50	55.4	37.2
15/09/2023	35.2	49.3	50.8	35.2
16/09/2023	27.3	47.2	46	32.8
17/09/2023	25.5	44.3	41.7	27.3
18/09/2023	25	42	39.2	22.8
19/09/2023	24.6	38.6	36.5	19.5
20/09/2023	23.8	37	32.2	16.6
21/09/2023	23.7	35	28	16.5
22/09/2023	23.6	34.3	25.7	16.3
23/09/2023	23.5	34.2	22	16.1
24/09/2023	23	33.9	20.9	15.8
25/09/2023	22.8	33	20	15.2

Tercera repetición

ANEXO 4: Datos de pH obtenidos a partir del desarrollo del proyecto

Tabla 29

Datos de pH de primera repetición

	pH			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	4.5	5	5.1	5.9
28/08/2023	4.55	5.26	5.25	6.25
29/08/2023	4.62	5.35	5.28	6.33
30/08/2023	4.72	5.64	5.33	6.59
31/08/2023	4.91	5.92	5.75	6.98
1/09/2023	5	6.15	5.98	7.56
2/09/2023	5.52	6.32	6	7.96
3/09/2023	6.2	6.48	6.23	8.23
4/09/2023	6.5	6.96	6.98	8.42
5/09/2023	6.8	7.01	7	8.63
6/09/2023	6.75	7.09	7.5	8.97
7/09/2023	6.73	7.1	7.8	9.2
8/09/2023	6.72	7.11	8	9.19
9/09/2023	6.6	7.17	8.2	9.08
10/09/2023	6.49	7.2	8.5	9.06
11/09/2023	6.42	7.19	7.7	9.05
12/09/2023	6.25	7.18	7.5	9.04
13/09/2023	5.93	7.16	7.48	9.01
14/09/2023	5.82	7.15	7.45	9
15/09/2023	5.64	7.1	7.23	8.98
16/09/2023	5.49	6.9	7.2	8.95
17/09/2023	5.32	6.4	7.15	8.93
18/09/2023	5.27	6.35	7.12	8.91
19/09/2023	5.22	6.32	7.1	8.89
20/09/2023	5.18	6.29	7.09	8.81
21/09/2023	5.01	6.27	7.07	8.76
22/09/2023	4.91	6.26	7.05	8.75
23/09/2023	4.62	6.11	7.04	8.72
24/09/2023	4.51	6.05	7.02	8.71
25/09/2023	4.5	6.02	7.02	8.7

Primera repetición

Tabla 30*Datos de pH de segunda repetición*

	pH			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	4.52	5.03	5.15	5.92
28/08/2023	4.57	5.29	5.3	6.27
29/08/2023	4.64	5.38	5.33	6.35
30/08/2023	4.74	5.67	5.38	6.61
31/08/2023	4.93	5.95	5.8	7
1/09/2023	5.02	6.18	6.03	7.58
2/09/2023	5.54	6.35	6.05	7.98
3/09/2023	6.22	6.51	6.28	8.25
4/09/2023	6.52	6.99	7.03	8.44
5/09/2023	6.82	7.04	7.05	8.65
6/09/2023	6.77	7.06	7.55	8.99
7/09/2023	6.75	7.08	7.85	9.22
8/09/2023	6.69	7.09	7.9	9.2
9/09/2023	6.57	7.15	8.1	9.09
10/09/2023	6.46	7.18	8.4	9.07
11/09/2023	6.39	7.17	7.6	9.06
12/09/2023	6.22	7.16	7.55	9.05
13/09/2023	5.9	7.14	7.52	9.02
14/09/2023	5.79	7.13	7.48	9.01
15/09/2023	5.61	7.08	7.4	8.99
16/09/2023	5.5	6.88	7.36	8.96
17/09/2023	5.33	6.38	7.33	8.94
18/09/2023	5.28	6.34	7.31	8.92
19/09/2023	5.23	6.31	7.28	8.9
20/09/2023	5.19	6.28	7.25	8.82
21/09/2023	5.02	6.26	7.2	8.77
22/09/2023	4.92	6.25	7.17	8.76
23/09/2023	4.63	6.1	7.1	8.73
24/09/2023	4.6	6.04	7.07	8.72
25/09/2023	4.51	6.01	7.02	8.71

Segunda repetición

Tabla 31*Datos de pH de tercera repetición*

	pH			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	4.55	5.04	5.17	5.93
28/08/2023	4.6	5.3	5.32	6.28
29/08/2023	4.67	5.39	5.35	6.36
30/08/2023	4.77	5.68	5.4	6.62
31/08/2023	4.96	5.96	5.82	7.01
1/09/2023	5.05	6.19	6.05	7.59
2/09/2023	5.57	6.36	6.07	7.99
3/09/2023	6.25	6.52	6.3	8.26
4/09/2023	6.55	7	7.05	8.45
5/09/2023	6.85	7.05	7.07	8.66
6/09/2023	6.8	7.07	7.57	9
7/09/2023	6.78	7.09	7.87	9.23
8/09/2023	6.71	7.12	7.92	9.21
9/09/2023	6.59	7.18	8.12	9.12
10/09/2023	6.48	7.21	8.42	9.1
11/09/2023	6.41	7.2	7.62	9.09
12/09/2023	6.24	7.19	7.57	9.08
13/09/2023	5.92	7.17	7.54	9.05
14/09/2023	5.81	7.16	7.5	9.04
15/09/2023	5.63	7.11	7.42	9.02
16/09/2023	5.51	6.91	7.38	8.99
17/09/2023	5.34	6.41	7.31	8.97
18/09/2023	5.29	6.36	7.29	8.95
19/09/2023	5.24	6.33	7.26	8.93
20/09/2023	5.21	6.3	7.23	8.85
21/09/2023	5.03	6.28	7.18	8.8
22/09/2023	4.93	6.27	7.15	8.79
23/09/2023	4.7	6.12	7.08	8.76
24/09/2023	4.61	6.06	7.05	8.75
25/09/2023	4.52	6.03	7.03	8.74

Tercera repetición

ANEXO 5: Datos de Humedad obtenidos a partir del desarrollo del proyecto

Tabla 32

Datos de Humedad de la primera repetición

	HUMEDAD			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	60	59	59	45
28/08/2023	60	59	58	44
29/08/2023	60	59	57	44
30/08/2023	59	58	57	43
31/08/2023	59	58	56	43
1/09/2023	59	57	55	42
2/09/2023	59	57	55	42
3/09/2023	58	57	54	42
4/09/2023	58	56	53	41
5/09/2023	58	55	52	40
6/09/2023	57	55	50	40
7/09/2023	57	54	49	39
8/09/2023	57	54	49	38
9/09/2023	56	53	49	38
10/09/2023	56	53	48	37
11/09/2023	56	52	47	37
12/09/2023	55	51	47	37
13/09/2023	55	50	46	36
14/09/2023	54	49	45	35
15/09/2023	54	48	44	35
16/09/2023	54	48	43	34
17/09/2023	54	48	42	34
18/09/2023	53	47	42	33
19/09/2023	53	47	41	33
20/09/2023	53	47	40	33
21/09/2023	53	46	39	32
22/09/2023	52	46	38	32
23/09/2023	52	45	37	32
24/09/2023	51	45	36	31
25/09/2023	50	45	35	30

Primera repetición

Tabla 33*Datos de Humedad de la segunda repetición*

	HUMEDAD			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	60	59	60	45
28/08/2023	60	58	59	45
29/08/2023	59	58	58	44
30/08/2023	59	58	58	44
31/08/2023	59	58	57	44
1/09/2023	59	57	56	43
2/09/2023	58	57	56	43
3/09/2023	58	56	55	43
4/09/2023	58	56	54	42
5/09/2023	57	55	53	41
6/09/2023	57	55	51	41
7/09/2023	57	54	50	40
8/09/2023	56	54	50	39
9/09/2023	56	53	50	39
10/09/2023	56	53	49	38
11/09/2023	55	52	48	38
12/09/2023	55	52	46	38
13/09/2023	55	51	45	37
14/09/2023	55	50	45	36
15/09/2023	54	48	44	36
16/09/2023	54	48	44	35
17/09/2023	54	48	43	35
18/09/2023	54	48	42	34
19/09/2023	53	47	41	34
20/09/2023	53	47	40	34
21/09/2023	53	46	39	33
22/09/2023	52	46	38	33
23/09/2023	51	46	37	33
24/09/2023	51	45	36	32
25/09/2023	50	45	35	31

Segunda repetición

Tabla 34*Datos de Humedad de la tercera repetición*

	HUMEDAD			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	60	59	59	45
28/08/2023	59	59	59	44
29/08/2023	59	58	58	43
30/08/2023	59	58	57	42
31/08/2023	59	58	57	42
1/09/2023	59	57	56	41
2/09/2023	59	57	56	41
3/09/2023	58	57	55	41
4/09/2023	58	56	54	40
5/09/2023	58	55	53	39
6/09/2023	57	55	51	39
7/09/2023	57	54	50	38
8/09/2023	57	54	50	37
9/09/2023	56	53	50	37
10/09/2023	56	53	49	36
11/09/2023	56	52	48	36
12/09/2023	55	51	46	36
13/09/2023	55	50	45	35
14/09/2023	55	50	44	34
15/09/2023	54	50	43	34
16/09/2023	54	49	43	33
17/09/2023	54	49	42	33
18/09/2023	54	49	41	32
19/09/2023	53	48	40	32
20/09/2023	53	48	39	32
21/09/2023	53	47	38	31
22/09/2023	53	47	37	31
23/09/2023	51	46	36	31
24/09/2023	51	46	35	30
25/09/2023	50	45	35	30

Tercera repetición

ANEXO 6: Datos de Conductividad obtenidos a partir del desarrollo del proyecto

Tabla 35

Datos de conductividad eléctrica de la primera repetición

	CONDUCTIVIDAD			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	0.421	0.611	0.601	0.823
28/08/2023	0.426	0.615	0.612	0.882
29/08/2023	0.435	0.652	0.692	0.941
30/08/2023	0.496	0.693	0.726	1
31/08/2023	0.561	0.712	0.792	1.059
1/09/2023	0.592	0.725	0.856	1.118
2/09/2023	0.631	0.768	0.897	1.177
3/09/2023	0.672	0.819	0.942	1.236
4/09/2023	0.714	0.856	1.115	1.295
5/09/2023	0.792	0.895	1.121	1.354
6/09/2023	0.812	0.917	1.126	1.413
7/09/2023	0.962	0.921	1.193	1.472
8/09/2023	0.996	0.987	1.216	1.531
9/09/2023	1.001	1.032	1.286	1.59
10/09/2023	1.093	1.098	1.311	1.649
11/09/2023	1.124	1.121	1.322	1.708
12/09/2023	1.126	1.132	1.399	1.767
13/09/2023	1.134	1.212	1.452	1.826
14/09/2023	1.165	1.227	1.489	1.885
15/09/2023	1.185	1.232	1.491	1.944
16/09/2023	1.193	1.297	1.562	2.003
17/09/2023	1.201	1.302	1.596	2.062
18/09/2023	1.216	1.356	1.632	2.121
19/09/2023	1.22	1.391	1.723	2.18
20/09/2023	1.229	1.408	1.756	2.239
21/09/2023	1.356	1.412	1.782	2.298
22/09/2023	1.419	1.423	1.793	2.357
23/09/2023	1.642	1.462	1.856	2.416
24/09/2023	1.861	1.485	1.893	2.475
25/09/2023	1.3	1,512	1.9	2.559

Primera repetición

Tabla 36*Datos de conductividad eléctrica de la segunda repetición*

	CONDUCTIVIDAD			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	0.481	0.671	0.651	0.843
28/08/2023	0.486	0.675	0.662	0.902
29/08/2023	0.495	0.712	0.742	0.961
30/08/2023	0.556	0.753	0.776	1.02
31/08/2023	0.621	0.772	0.842	1.079
1/09/2023	0.652	0.785	0.906	1.138
2/09/2023	0.691	0.828	0.947	1.197
3/09/2023	0.732	0.879	0.992	1.256
4/09/2023	0.774	0.916	1.165	1.315
5/09/2023	0.852	0.955	1.171	1.374
6/09/2023	0.872	0.977	1.176	1.433
7/09/2023	1.022	0.981	1.243	1.492
8/09/2023	1.056	1.047	1.266	1.551
9/09/2023	1.061	1.092	1.336	1.61
10/09/2023	1.132	1.158	1.361	1.669
11/09/2023	1.144	1.181	1.372	1.728
12/09/2023	1.146	1.192	1.449	1.787
13/09/2023	1.154	1,203	1.462	1.846
14/09/2023	1.185	1.217	1.499	1.915
15/09/2023	1.205	1.222	1.501	1.974
16/09/2023	1.213	1.287	1.572	2.033
17/09/2023	1.221	1.292	1.606	2.092
18/09/2023	1.236	1.346	1.642	2.151
19/09/2023	1.24	1.381	1.733	2.21
20/09/2023	1.249	1.398	1.766	2.269
21/09/2023	1.376	1.402	1.792	2.328
22/09/2023	1.439	1.413	1.803	2.387
23/09/2023	1.662	1.452	1.866	2.446
24/09/2023	1.881	1.475	1.903	2.505
25/09/2023	1.32	1.502	1.91	2.589

Segunda repetición

Tabla 37

Datos de conductividad eléctrica de la tercera repetición

	CONDUCTIVIDAD			
	C/N=20/1	C/N=25/1	C/N=30/1	C/N=40/1
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
27/08/2023	0.471	0.641	0.561	0.833
28/08/2023	0.476	0.645	0.572	0.892
29/08/2023	0.485	0.682	0.652	0.951
30/08/2023	0.546	0.723	0.686	1.01
31/08/2023	0.611	0.742	0.752	1.069
1/09/2023	0.642	0.755	0.816	1.128
2/09/2023	0.681	0.798	0.857	1.187
3/09/2023	0.722	0.849	0.902	1.246
4/09/2023	0.764	0.886	1.075	1.305
5/09/2023	0.842	0.925	1.081	1.364
6/09/2023	0.862	0.947	1.086	1.423
7/09/2023	1.012	0.951	1.153	1.482
8/09/2023	1.046	1.017	1.176	1.541
9/09/2023	1.051	1.062	1.246	1.6
10/09/2023	1.122	1.128	1.271	1.659
11/09/2023	1.134	1.151	1.282	1.738
12/09/2023	1.136	1.212	1.399	1.797
13/09/2023	1.144	1.223	1.412	1.856
14/09/2023	1.195	1.237	1.449	1.925
15/09/2023	1.215	1.242	1.451	1.984
16/09/2023	1.223	1.307	1.522	2.043
17/09/2023	1.231	1.312	1.556	2.102
18/09/2023	1.246	1.366	1.592	2.161
19/09/2023	1.25	1.401	1.683	2.22
20/09/2023	1.259	1.418	1.716	2.279
21/09/2023	1.386	1.422	1.742	2.338
22/09/2023	1.449	1.433	1.753	2.397
23/09/2023	1.672	1.472	1.816	2.456
24/09/2023	1.891	1.495	1.853	2.515
25/09/2023	1.33	1.522	1.911	2.599

Tercera repetición

ANEXO 7: Resultados de laboratorio – Informe de Análisis Especial de Materia Orgánica

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMÍA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES				
INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA					
SOLICITANTE	:	MARTÍN CABAÑAS OYARCE			
PROCEDENCIA	:	LIMA/ LIMA/ LURIGANCHO/ URB. SANTA MARÍA			
MUESTRA DE	:	RESIDUO DE FRUTAS			
REFERENCIA	:	H.R. 80392			
BOLETA	:	5951			
FECHA	:	25/08/2023			
N° LAB	CLAVES	N %	C %	Relación C/N	Humedad %
536	001- RF	1.5	61.95	41.3	86.60


Constantino Calderón Mendoza
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254

ANEXO 8: Resultados de laboratorio – Informe de Análisis Especial en Foliar

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES													
INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR														
SOLICITANTE :	MARTÍN CABAÑAS OYARCE													
PROCEDENCIA :	LIMA/ LIMA/ LURIGANCHO/ URB. SANTA MARÍA													
MUESTRA :	RESIDUOS DE CÉSPED													
REFERENCIA :	H.R. 80391													
BOLETA :	5951													
FECHA :	25/08/2023													
<table border="1"><thead><tr><th>N. Lab.</th><th>CLAVE DE CAMPO</th><th>N %</th><th>C %</th><th>Relación C/N</th><th>Humedad %</th></tr></thead><tbody><tr><td>2063</td><td>001 - AC</td><td>3.5</td><td>58.45</td><td>16.7</td><td>31.17</td></tr></tbody></table>			N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %	C %	Relación C/N	Humedad %	2063	001 - AC	3.5	58.45	16.7	31.17
N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %	C %	Relación C/N	Humedad %									
2063	001 - AC	3.5	58.45	16.7	31.17									
														
 Constantino Calderón Mendoza Jefe de Laboratorio														
<hr/> <p>Av. La Molina s/n Campus UNALM Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe</p>														

ANEXO 9: Cantidades calculadas por tipo de residuos que ingresaron a cada una de las composteras, se utilizó la formula brindada por la FAO (Román 2013)

$$R = \frac{Q_1 \times (C_1 \times (100 - M_1)) + Q_2 \times (C_2 \times (100 - M_2))}{Q_1 \times (N_1 \times (100 - M_1)) + Q_2 \times (N_2 \times (100 - M_2))}$$

- Q1:** Peso total de carga de césped (kg)
- Q2:** Peso total de carga de fruta (kg)
- C1:** de carbono de carga de césped (%)
- C2:** de carbono de carga de fruta (%)
- N1:** de nitrógeno de carga de césped (%)
- N2:** de nitrógeno de carga de fruta (%)
- M1:** Humedad de carga de césped (%)
- M2:** Humedad de carga de fruta (%)

Tabla 38

Datos del cálculo del balance carbono/nitrógeno de los residuos de césped y fruta que ingresaron a cada compostera.

$R = (Q_1 \times 61,95 \times (100 - 86,6) + Q_2 \times 58,45 \times (100 - 31,17)) / (Q_1 \times 1,5 \times (100 - 86,6) + Q_2 \times 3,5 \times (100 - 31,17))$			
$R = (Q_1 \times 830,13 + Q_2 \times 4023,11) / (Q_1 \times 20,1 + Q_2 \times 240,9)$			
		Q1(Kg)	Q2(Kg)
Para R=20/1	Q1/Q2=1.856	162.47	87.53
Para R=25/1	Q1/Q2=6.1	214.79	35.21
Para R=30/1	Q1/Q2=14.105	233.45	16.55
Para R=40/1	Q1/Q2=214.8	248.84	1.16

Q1+Q2 = 100% = 250kg

ANEXO 10: Registro fotográfico de las actividades realizadas para el desarrollo de la presente investigación

Figura 10

Traslado de los residuos orgánicos (CESPED) a la planta de valorización de residuos orgánicos



Figura 11

Traslado de los residuos orgánicos (FRUTA) a la planta de valorización de residuos orgánicos



Figura 12

Proceso de muestreo de los residuos de FRUTA en la planta de valorización de residuos orgánicos

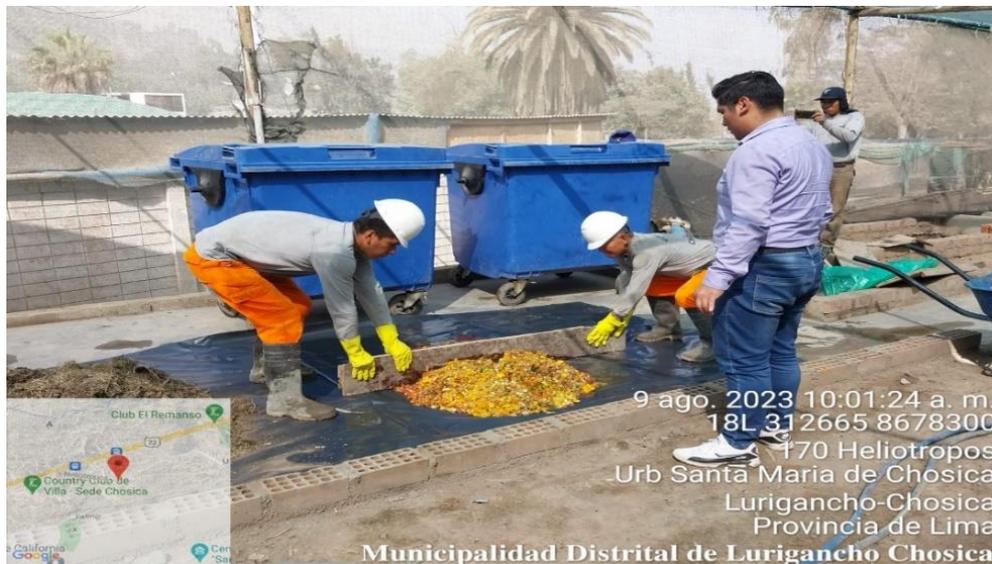


Figura 13

Proceso de muestreo de los residuos de CESPED en la planta de valorización de residuos orgánicos



Figura 14

Entrega de la muestra al laboratorio de Universidad nacional agraria la molina, facultad de agronomía, laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes – UNALM.

