

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE LA
INCORPORACIÓN DE TRES TIPOS DE ACELERADORES
BIOLÓGICOS EN RESIDUOS DE MERCADOS, PARQUES Y
JARDINES**

Tesis Presentada por el Bachiller:

ROBERTO CARLOS LOAYZA DUEÑAS

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero
Químico**

AREQUIPA – PERÚ

2020

.....
DR. RAUL OMAR GALLEGOS JARA

PRESIDENTE

.....
DRA. TERESA ROSS MERY

CUADROS CASTILLO DE MEDINA

SECRETARIA

.....
MAG. MARCIA JUANA QUEQUEZANA

BEDREGAL MIEMBRO

.....
BACH. ROBERTO CARLOS LOAYZA DUEÑAS

TESISTA

DEDICATORIA

A mi mamá Yanett Dueñas Gonzales, este trabajo y todos los logros alcanzados en mi vida y profesionalmente son producto de su esfuerzo y lucha constante por sacar adelante a su familia.

A mi Abuelito Simón, Abuelita Celia, Tía Lilia, Tía Josefina, mi papa Víctor y mi tío Percy, por el apoyo brindado para la culminación de mis estudios y en todo momento.

A mi hermana, sobrina y toda mi familia por darme la motivación constante.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, especialmente a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Química por la formación y conocimientos brindados durante mis estudios de pregrado.

A todas las personas que me brindaron las facilidades para desarrollar esta investigación, como son los funcionarios de la municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero, personal de limpieza del Mercado Metropolitano, comerciantes del Mercado el Palomar.

A las personas que motivaron la culminación de la investigación mediante su apoyo constante, así como desinteresado para la revisión y recomendaciones.

A mis compañeros de estudios de la universidad, del colegio y del trabajo que brindaron su amistad y apoyo incondicional en todo momento y circunstancia.

Finalmente, a los docentes encargados de la revisión de la tesis por su tiempo y recomendaciones para que esta cumpla con los requisitos exigidos por la universidad.

RESUMEN

El propósito de la investigación fue evaluar la calidad, tiempo y rendimiento del compost elaborado a partir de residuos orgánicos de mercados, parques y jardines con la incorporación de tres aceleradores biológicos (microorganismos eficientes, bazofia de camal y vísceras de pescado), para ello se usó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde se probaron 4 tratamientos con 3 repeticiones, usando microorganismos eficientes en el tratamiento 1, bazofia de camal en el tratamiento 2, vísceras de pescado en el tratamiento 3 y el tratamiento 4, que fue el testigo (sin acelerador).

Durante el proceso de compostaje se evaluaron el pH y temperatura, con el control de la temperatura, se evidenciaron las fases del proceso de compostaje (mesofílica, termofílica, mesofílica 2 y de maduración), asimismo se alcanzó temperaturas mayores a 50 °C, lo que garantizó la eliminación de patógenos.

Para evaluar la calidad del compost se determinó los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, humedad, relación C/N, % de materia orgánica, % de carbono, % de nitrógeno total, % de fósforo, % de potasio, rendimiento, tiempo de compostaje y contenido de patógenos (salmonella, huevos de helminto y coliformes fecales).

Los resultados obtenidos durante el proceso de compostaje, evidenciaron que las vísceras de pescado (T3) tuvieron un comportamiento distinto a los demás tratamientos. Asimismo, se concluyó que el uso de los aceleradores mejora la calidad tiempo y rendimiento del compost, siendo los mejores, los microorganismos eficientes (T1) y bazofia de camal (T2).

Palabras claves: Compost, aceleradores biológicos, calidad de compost, microorganismos eficaces.

ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the quality, time and performance of the compost made from organic waste from markets, parks and gardens with the incorporation of three biological accelerators (efficient microorganisms, slaughterhouse slop and fish viscera). used a randomized complete block design (DBCA), where 4 treatments with 3 repetitions were tested, using efficient microorganisms in treatment 1, slaughterhouse slop in treatment 2, fish viscera in treatment 3 and treatment 4, which was the witness (no throttle).

During the composting process, the pH and temperature were evaluated, with the temperature control, the phases of the composting process were evidenced (mesophilic, thermophilic, mesophilic 2 and maturation), as well as temperatures greater than 50 ° C, which that guaranteed the elimination of pathogens.

To evaluate the quality of the compost, the following parameters were determined: pH, electrical conductivity, humidity, C / N ratio, % organic matter, % carbon, % total nitrogen, % phosphorus, % potassium, yield, time of composting and pathogen content (salmonella, helminth eggs and fecal coliforms).

The results obtained during the composting process showed that the fish viscera (T3) had a different behavior from the other treatments. Likewise, it was concluded that the use of accelerators improves the quality, time and yield of the compost, being the best, efficient microorganisms (T1) and slaughterhouse slop (T2).

Key words: Compost, biological accelerators, compost quality, effective microorganisms.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
1. CAPÍTULO I FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Marco Legal	2
1.3. Antecedentes	2
1.4. Definición del Problema	11
1.5. Justificación	12
1.5.1. Justificación Técnica.....	12
1.5.2. Justificación Económica - Social	12
1.5.3. Justificación Ambiental.....	12
1.6. Objetivos	13
1.6.1. Objetivo General	13
1.6.2. Objetivos Específicos.....	13
1.7. Hipótesis	13
1.8. Limitaciones.....	14
2. CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1. Origen del Material a Compostar.....	15
2.2. Abono.....	15
2.3. Definiciones de Compost.....	16
2.4. Definición de Compostaje.....	16

2.5. Tipos de Compostaje.....	17
2.5.1. Sistemas Abiertos.....	17
2.5.2. Sistemas Cerrados	18
2.6. Procesos del Compostaje	19
2.6.1. Procesos Biológicos	19
2.6.1.1. Ciclo de Temperaturas (Fases de Compostaje).....	19
2.6.1.2. Degradación del Material Orgánico.....	21
2.6.1.3. Higienización	22
2.6.2. Procesos Químicos	23
2.6.2.1. Relación C/N.....	23
2.6.2.2. Contenido de Nutrientes (Nitrógeno. Fósforo y Potasio)	24
2.6.2.3. Concentracion de Iones Hidrogeno (pH)	25
2.6.2.4. Salinidad (Conductividad Eléctrica C.E.).....	25
2.6.2.5. Oxígeno.....	26
2.6.3. Procesos Físicos	26
2.6.3.1. Humedad	27
2.6.3.2. Tamaño de partículas	27
2.7. Monitoreo del Parámetros del Proceso de Compostaje	28
2.8. Calidad del Compost.....	28
2.9. Aditivos Para Acelerar el Proceso de Compostaje	31
2.9.1. Activadores	31
2.9.2. Inoculantes	31
2.9.2.1. Microorganismos Eficaces (EM – Compost).....	32
3. CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Tiempo y Lugar de Ejecución.....	34
3.1.1. Fecha de Ejecución	34
3.1.2. Lugar de Ejecución	34
3.1.2.1. Ubicación Política.....	34
3.1.2.2. Ubicación Geográfica	34

3.2. Materiales y Equipos.....	35
3.2.1. Materiales de Campo	35
3.2.2. Equipos de campo	35
3.2.3. Equipos de Protección Personal.....	36
3.2.4. Material de Gabinete.....	36
3.3. Insumos	36
3.4. Diseño Experimental y Estadístico	37
3.4.1. Esquema experimental	37
3.4.2. Esquema del Análisis de Varianza.....	38
3.4.3. Descripción de los Tratamientos.....	39
3.4.4. Unidades experimentales (U.E.)	39
3.4.5. Características del Área Experimental.....	41
3.4.6. Croquis del Diseño Experimental	42
3.5. Procedimiento del Proceso de Compostaje.....	42
3.5.1. Recolección de Residuos Orgánicos	42
3.5.2. Análisis de insumos	43
3.5.3. Cálculo de la relación C/N inicial y humedad por pila de compostaje.....	44
3.5.4. Activación del EM Compost.....	45
3.5.5. Dosis de aceleradores utilizados por pila compostaje.....	45
3.5.6. Preparación de las pilas.....	46
3.5.7. Humedecimiento	47
3.5.8. Aireación.....	47
3.6. Parámetros Evaluados Durante el Proceso de Compostaje.....	47
3.6.1. Temperatura (en ° C)	47
3.6.2. Concentración de iones hidrogeno (pH)	47
3.6.3. Humedad (en %)	48
3.6.4. Conductividad Eléctrica C.E. (en mS/cm).....	48
3.6.5. Humedad (en %)	48
3.6.6. Carbono Orgánico (en %)	49
3.6.7. Materia Orgánica (en %).....	49
3.6.8. Nitrógeno Total (en %)	49
3.6.9. Relación Carbono / Nitrógeno	49

3.6.10. Toma Muestras en el Proceso de Compostaje	50
3.6.11. Evaluación Estadística de Temperatura y pH en el Proceso de Compostaje	50
3.7. Evaluación al Final del Proceso de Compostaje	51
3.7.1. Concentración de iones hidrogeno (pH)	51
3.7.2. Fósforo como P ₂ O ₅ (en %)	51
3.7.3. Potasio como K ₂ O (en %)	52
3.7.4. Patógenos	52
3.7.5. Toma Muestras al Final del Compostaje.....	52
3.7.6. Evaluación Estadística de Parámetros de Fisicoquímicos del Compost Final.....	52
3.7.7. Evaluación de la Calidad de Compost	53
3.7.8. Evaluación del Tiempo y Rendimiento.....	55
4. CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. Resultados de parámetros antes del proceso compostaje.....	56
4.1.1. Resultados de Análisis de la Composición Química de los Insumos Utilizados para el Proceso de Compostaje	56
4.2. Parámetros Evaluados Durante el Proceso de Compostaje.....	59
4.2.1. Variación de la Temperatura en el Proceso de Compostaje.....	59
4.2.2. Análisis de la variación de la Temperatura en la Fase Termofílica	61
4.2.3. Análisis de la variación de la Temperatura en la Fase Mesofílica 2.....	62
4.2.4. Variación Temporal del pH en el Proceso de Compostaje	63
4.2.5. Análisis de la Evolución del pH en la Fase Termofílica.....	65
4.2.6. Análisis de la Evolución del pH en la Fase Mesofílica 2.....	66
4.2.7. Variación de la Salinidad (C.E.) en el Proceso de Compostaje	67
4.2.8. Variación del Porcentaje de Humedad en el Proceso de Compostaje.....	69
4.2.9. Variación del Porcentaje de Nitrógeno Total en el Proceso de Compostaje	70
4.2.10. Variación del Porcentaje de Carbono en el Proceso de Compostaje	71
4.2.11. Variación de la Relación C/N en el Proceso de Compostaje	73
4.3. Parámetros Evaluados del Compost Final	74
4.3.1. pH.....	74
4.3.2. Salinidad (Conductividad Eléctrica)	76
4.3.3. Humedad (en %)	79
4.3.4. Porcentaje de Materia Orgánica (% M.O.)	80

4.3.5. Porcentaje de Nitrógeno Total (% N)	82
4.3.6. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	85
4.3.7. Porcentaje de Fósforo (como % P ₂ O ₅)	86
4.3.8. Porcentaje de Potasio (como % K ₂ O)	89
4.3.9. Tiempo de Compostaje	91
4.3.10. Rendimiento de Compost Final	91
4.3.11. Contenido de Patógenos	92
4.3.12. Comparación de la Calidad del Compost Final, Rendimiento y Tiempo Frente a un Compost Comercial y la Muestra Testigo	93
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rango de Monitoreo de Parámetros en el Proceso de Compostaje	28
Tabla 2 Parámetros Físico Químicos y Sanitarios de Calidad de Compost (NCh 2880:2015).....	29
Tabla 3 Parámetros Físico Químicos de Compostaje (FAO)	30
Tabla 4 Parámetros Físico Químico y Microbiológicos de Calidad de Compost (La Molina)	30
Tabla 5. Parámetros de Calidad de Compost CEPIS.....	31
Tabla 6 Esquema Experimental de los tratamientos.....	37
Tabla 7 Estructura del Análisis de Varianza (ANOVA)	38
Tabla 8 Descripción de los tratamientos y dosis de acelerador aplicada por pila de compostaje	39
Tabla 9 Cantidad en peso de materia orgánica de origen vegetal y animal por tipo de residuo y peso total de las unidades experimentales con y sin acelerador	40
Tabla 10 Detalle de lugar de recolección de los residuos vegetales, animales y acelerador... 43	43
Tabla 11 Días a los se toma la muestra después de instaladas las pilas compostaje por etapa 50	50
Tabla 12 Parámetros de Evaluación de Calidad de Compost.....	54
Tabla 13 Requisitos Sanitarios Para Compost.....	55
Tabla 14 Resultados de Análisis Físicoquímico de Insumos Usados en el Proceso de Compostaje	57
Tabla 15 Resultados de Análisis Físicoquímico de los Aceleradores	58
Tabla 16 Resultado del cálculo de humedad y relación C/N.....	58
Tabla 17 Comparación de la temperatura promedio por tratamientos usando diferentes aceleradores en la fase termofílica.....	61
Tabla 18 Comparación de temperaturas promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores en la fase mesofílica 2.....	62
Tabla 19 Comparación de pH promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores en la fase termofílica	65
Tabla 20 Comparación del pH promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores en la fase mesofílica 2	67
Tabla 21 Comparación de Salinidad (C.E.) promedio por tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso, en la fase termofílica y mesofílica 2	68

Tabla 22 Comparación del porcentaje de humedad promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2	69
Tabla 23 Comparación del porcentaje de nitrógeno promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2	70
Tabla 24 Comparación del porcentaje de carbono promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2	72
Tabla 25 Comparación de la relación C/N promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2.....	73
Tabla 26 Comparación del pH promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final	75
Tabla 27 Comparación de la C.E. promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final	77
Tabla 28 Comparación del % de humedad promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final.....	79
Tabla 29 Comparación del % de materia orgánica promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final.....	81
Tabla 30 Comparación del % de materia orgánica promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final.....	83
Tabla 31 Comparación de la relación C/N promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final.....	85
Tabla 32 Comparación del % P_2O_5 promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final.....	87
Tabla 33 Comparación del % K_2O promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final.....	89
Tabla 34 Comparación del Tiempo de Compostaje en Días por Tratamiento	91
Tabla 35 Comparación del Rendimiento Promedio por Tratamiento	92
Tabla 36 Comparación del Contenido de Patógenos por Tratamiento.....	93
Tabla 37 Resumen de Parámetros de Calidad de Compost por Tratamiento y Comercial	94
Tabla 38 Matriz de Valoración de Calidad, Tiempo y Rendimiento	95

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Croquis Experimental.....	42
Figura 2. Evolución de la temperatura promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje	60
Figura 3. Evolución del pH promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje.....	64
Figura 4. Evaluación del promedio de salinidad (C.E.) entre tratamientos a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas, termofílica y mesofílica 2.....	68
Figura 5. Evaluación del porcentaje de humedad promedio entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas, termofílica y mesofílica 2.....	70
Figura 6. Evaluación del porcentaje de nitrógeno entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas termofílica y mesofílica 2	71
Figura 7. Evaluación del porcentaje de carbono entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas termofílica y mesofílica 2	72
Figura 8. Evaluación de la relación C/N entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas termofílica y mesofílica 2.....	73
Figura 9. pH Promedio por Tratamiento vs Parámetros de Calidad	76
Figura 10. C.E. Promedio por Tratamiento vs Parámetros de Calidad.....	78
Figura 11. Porcentaje de Humedad Promedio por Tratamiento vs Parámetros de Calidad.....	80
Figura 12. Porcentaje de Materia Orgánica Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad	82
Figura 13. Porcentaje de Nitrógeno Total Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad.....	84
Figura 14. Relación C/N Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad.....	86
Figura 15. Porcentaje de P ₂ O ₅ Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad	88
Figura 16. Porcentaje de K ₂ O Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad.....	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis De Varianza (ANOVA) y Test De Duncan, para Evaluar la Variación de Temperatura en (°C) de Proceso Experimental del Compost en la Fase Termofílica - C. Colorado-2019. INFOSTAT	105
Anexo 2 Análisis de varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar la Variación de Temperatura en (°C) de Proceso Experimental del Compost en la Fase Mesofílica 2-	106
Anexo 3 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del pH del Proceso Experimental de Compost en la Fase Termofílica - C. Colorado 2019 INFOSTAT	107
Anexo 4 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del pH del Proceso Experimental de Compost en la Fase Mesofílica 2 - C. Colorado 2019 INFOSTAT	108
Anexo 5 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del pH del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	109
Anexo 6 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación de la Salinidad (C.E.) del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	110
Anexo 7 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de Humedad del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	111
Anexo 8 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de Materia Orgánica del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	112
Anexo 9 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de Nitrógeno Total del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	113
Anexo 10 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar la Variación de la Relación C/N del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	114
Anexo 11 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de P2O5 del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	115
Anexo 12 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de K2O del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT	116

Anexo 13 Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Rendimiento del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT.....	117
Anexo 14 Resultados de Análisis de Laboratorio de Insumos Usados para el Compostaje..	118
Anexo 15 Resultados de Análisis de Laboratorio a los 4 Días de Iniciado el Proceso.....	122
Anexo 16 Resultados de Análisis de laboratorio en la Fase Termofílica	122
Anexo 17 Resultados de Análisis de Laboratorio en la Fase Mesofílica 2.....	123
Anexo 18 Resultados de Análisis Laboratorio del Compost Final	124
Anexo 19 Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T1.....	126
Anexo 20 Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T2.....	129
Anexo 21 Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T3.....	132
Anexo 22 Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T4.....	135
Anexo 23. Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del Compost Comercial.....	138
Anexo 24 Cálculo de la relación C/N	141
Anexo 25 Cálculo del Porcentaje de Humedad	143

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

El presente trabajo se plantea evaluar el efecto de tres tipos de aceleradores biológicos (bazofia de camal, vísceras de pescado y microorganismos eficaces) en residuos de mercados, parques y jardines. El fin de esta evaluación es obtener una mejora en la elaboración y calidad de compost producido, para ser usado como abono orgánico en el mantenimiento de parques y jardines, logrando de esta manera valorizar los residuos generados en dichos espacios.

De acuerdo al *Plan Integral de la Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) Arequipa 2017 al 2028*, la materia orgánica representa el 59.1 % del total de residuos que se generan en el ámbito municipal de la provincia de Arequipa, los cuales a la fecha son dispuestos en la infraestructura de disposición final, ocasionando contaminación de suelos, aire y fuentes de agua, así como la proliferación de vectores y, por ende, efectos en la salud de las personas. Por otro lado, en el trabajo de mantenimiento de las áreas verdes municipales se genera gran cantidad de restos vegetales productos de las podas, deshierbes y trasplantes de especies vegetales, las cuales son utilizados por algunas municipalidades para la elaboración de compost y su aplicación en áreas verdes.

Al recuperar los residuos orgánicos municipales y restos de podas en la elaboración de compost se logrará disminuir la cantidad de residuos dispuestos en la infraestructura de disposición final, la contaminación producto del manejo inadecuado de los mismos; asimismo, se logrará el ahorro en el transporte y disposición final de los residuos y en la compra de abonos para el mantenimiento de áreas verdes municipales; además, se obtendrá un abono orgánico de buena calidad, el cual servirá para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo al que es incorporado, reduciendo de esta manera el uso de agroquímicos.

De allí la importancia de mejorar la calidad, tiempo y rendimiento del proceso de compostaje, mediante la incorporación de aceleradores.

1.2. Marco Legal

En el Artículo 51 del *Decreto Legislativo N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*, dice:

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

Los programas de parques y jardines de las municipalidades son beneficiarios prioritarios del compost, humus o biochar producido con los residuos orgánicos que se generan a partir del servicio de limpieza pública. En caso de excedentes estos podrán ser destinados a donación en general o intercambio con otras municipalidades.

Del mismo modo, la Ordenanza Municipal N° 1072-2017, que aprueba el PIGARS 2017-2028, en su plan de acción establece metas a cumplir y una de ellas es la valorización de residuos orgánicos mediante la elaboración de compost, por lo que todas las municipalidades de la provincia de Arequipa deben de elaborar compost e informar la cantidad producida.

1.3. Antecedentes

Se han realizado diferentes trabajos en compostaje entre los cuales podemos mencionar a los siguientes:

Azurdury, Azero y Ortuño (2016) en su artículo científico *Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo* utilizó 7 tratamientos con diferentes activadores, que se distribuyeron de la siguiente manera: Tratamiento 1 (T1) con activador de TC (te de compost y fermento de estiércol), Tratamiento 2 (T2) con activador BC (harina de hueso, torta de soya, salvado de arroz, melaza y biol), Tratamiento 3 (T3) con activador LC (levadura y melaza), Tratamiento 4 (T4) con activador EM (microorganismos efectivos), Tratamiento 5 (T5) = Testigo 1 (estiércol de vaca), Tratamiento 6 (T6) = Testigo 2 y Tratamiento 7 (T7) = Testigo 3 (pila a la

intemperie), cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Los resultados mostraron que el tiempo del proceso de compostaje fue de 78 días para todos los tratamientos, los tratamientos que usaron activadores obtuvieron las temperaturas más altas durante el proceso, los tratamientos T1 y T5 fueron los que tuvieron una descomposición de más del 50% de su volumen inicial. En0 cuanto a la evaluación de las características químicas los tratamientos que usaron aceleradores y el testigo (T5) que usó estiércol de vaca obtuvieron mayor contenido de materia orgánica. Asimismo, el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio está dentro de los rangos de calidad establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, conocida como FAO. Finalmente, el T1 que usó como activador el té de compost y fermento de estiércol fue el mejor, que acelera el proceso de compostaje.

Cabrera J. (2012) en su tesis *Comparativo de tres biodegradantes en la elaboración de compost en Santa Ana, Provincia de La Convención* tuvo como objetivo comparar la actividad de tres biodegradantes (Azotolam, Biospeed y EM- Compost), para obtener un compost en menor número de días con mejor concentración nutricional y calidad, para lo cual se utilizó un diseño de bloques al azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones, asimismo se usaron 3 dosis por cada biodegradante. El método estadístico utilizado fue el Análisis de Varianza (ANOVA) a un 5 % de significancia y la prueba de Tukey a un 95 % de nivel de confianza. Los parámetros evaluados fueron: la temperatura, número de días de obtención del compost, peso de compost, granulometría, porcentaje de humedad, contenido de materia orgánica (en %), pH, contenido de nutrientes (% N, %P y % K) y relación C/N. Los resultados que se obtuvieron fueron que el compost que usó el biodegradante Biospeed (dosis de 20 ml) se obtuvo en 52 días, siendo el más óptimo, contrario al testigo que se obtuvo en 80 días. En cuanto al peso se obtuvieron mejores resultados con los biodegradantes Bioespeed (dosis de 20 ml y 30 ml) y EM Compost (dosis de 10 ml y 15 ml). Finalmente, con respecto al análisis físico químico y de nutrientes se

obtuvieron los mejores resultados con el Biospeed (dosis de 20 ml), los cuales fueron: humedad de 40.5%, contenido de materia orgánica de 17.10 %, pH de 7.2, contenido de Nitrato (NO₃) de 0.27 %, relación C/N de 2.70, contenido de fósforo de 0.074 %, contenido de potasio de 0.0044 %, dichos valores superaron al testigo.

Rafael (2015) en su tesis *Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallnaga - Huancayo* tuvo como objetivo evaluar el efecto del proceso de producción y la aplicación de microorganismos eficaces sobre la calidad del compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, para lo cual se usó el diseño experimental completo al azar (DCA) y se evaluó 2 factores tipo de proceso de producción de compost (tradicional y mecanizado), 3 dosis de microorganismos eficaces (EM) que son de 0 %, 5 % y 10 %. Asimismo, se evaluaron los siguientes parámetros en el proceso de compostaje: temperatura, porcentaje de humedad, pH y al final del proceso se evaluó el peso final del compost, % de M.O., pH, Conductividad Eléctrica (C.E.), así como el contenido de macroelementos (% N, % P₂O₅, % K₂O), contenido de microelementos (% CaO, MgO, % Na, Fe, Mn, B, Cu y Zn), contenido de metales pesados (Pb, Cd, Cr) y características microbiológicas como son patógenos (Coliformes Totales y Coliformes Fecales) entre otros. A fin de evaluar la calidad del compost se usó la Norma Chilena 2880 de “Compost – Clasificación y Requisitos” del año 2004 (NCh 2880:2004) y lo establecido por la OMS en el *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos*. Los resultados de la investigación en el proceso fueron los siguientes: se obtuvieron las temperaturas más altas a mayor dosificación de EM Compost (10%), se obtuvo los mayores porcentajes de humedad en el tratamiento testigo (0% de EM), el pH fue más alto a menos dosis de EM Compost. Con respecto a la calidad se determinó que el tipo de proceso de compostaje y la dosis de EM Compost influyen en la calidad final del compost, siendo el más óptimo el tratamiento con

dosis de 10% de EM y el proceso mecanizado, El compost obtenido pueden catalogarse como compost tipo A para uso agrícola (de acuerdo a la NCh 2880:2004). Respecto a las características microbiológicas se obtuvo que todos los tratamientos están dentro del rango aceptable a excepción del testigo y tratamiento con mínima dosis de EM compost (5%) del proceso tradicional. Estos últimos fueron catalogados como compost tipo B, para uso en jardines y recuperación de áreas degradadas.

Iliquín, (2014), en su tesis *Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takahura y EM-Compost en el distrito de Chachapoyas, Región Amazonas* tuvo como objetivo determinar el tiempo de maduración y rendimiento, para conocer el método más efectivo de compostaje, para lo cual utilizó un diseño experimental completo al azar (DCA), con 3 tratamientos y 3 repeticiones, asimismo para la evaluación de medias entre tratamiento se usó la prueba de Dunnett a un nivel de confianza del 95%. Los parámetros evaluados en el proceso de compostaje fueron: temperatura, pH y humedad y para la evaluación de la calidad del compost se utilizaron los siguientes parámetros: pH, C.E., % de M.O., % N, % P, % de humedad, tiempo de maduración y rendimiento. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: con respecto al tiempo de maduración, este fue mayor para el testigo (212 días) y menor para los tratamientos que usaron los métodos EM Compost (62 días) y Takahura (57 días). Referente al rendimiento, este fue más óptimo para el método EM Compost con un 19 %. Finalmente, respecto a la evaluación de la calidad del compost, los tratamientos que usaron el método EM compost y Takahura obtuvieron un compost de mejor calidad respecto al testigo, siendo el mejor el tratamiento el que uso el método de EM Compost.

Cabrera y Rossi (2016) en su tesis *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores* tuvo como objetivo desarrollar una propuesta a escala piloto para la elaboración

de compost a partir de residuos vegetales provenientes del mantenimiento de parques y jardines de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores, para lo cual se hizo una prueba piloto solo comparativa, donde se prepararon cuatro tratatmientos con dos formulaciones, la primera utilizó dos volúmenes de restos vegetales por una de compost (proporción 2:1) en los tratamiento 1 y 2 y la otra utilizó una proporción de 3 volúmenes de restos vegetales por una de compost (proporción 3:1) en los tratatmientos 3 y 4. Los parámetros evaluados durante el proceso de compostaje fueron: pH y temperatura y al final del proceso se evaluaron la densidad aparente, porcentaje de humedad, pH, C.E., porcentaje de M.O., porcentaje C total, porcentaje N total, relación C/N, macroelementos (porcentaje P_2O_5 , porcentaje K_2O , porcentaje CaO , porcentaje MgO), microelementos (Cu, B y Zn), metales pesados (Cr, Cd, Pb) y microorganismos patógenos (coliformes fecales y totales), dichos parámetros se evaluaron respecto a los rangos establecidos en la NCh 2880:2004. Los resultados finales fueron que el compost obtenido puede ser tipificado como compost de tipo B, asimismo se demostró la viabilidad técnica y económica de la producción de compost a partir de los restos de parques y jardines.

De la Cruz (2018) en su tesis *Determinación de dosificación de los microorganismos eficaces para compost a partir de la cáscara de **Theobroma cacao l.** "cacao" Naranjos- Pardo Miguel - Rioja -2017*, cuyo objetivo fue determinar una dosis de aplicación óptima de los EM Compost a partir de la cascara de "**Theobroma cacao l.**", para lo cual se usó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), el análisis estadístico ANOVA y test de Duncan al 95% de confianza, se utilizó 4 tratamientos y 4 repeticiones, por tratamiento, asimismo se usó una dosis de EM compost distinta para cada tratamiento, las que fueron distribuidas de la siguiente manera: T0 sin EM compost, T1 con 5%, T2 con 15% y T3 con 20%. Los parámetros evaluados fueron los siguientes: pH, temperatura, macronutrientes (porcentaje N, porcentaje P, porcentaje K), relación C/N, porcentaje humedad, descomposición

(en porcentaje) y contenido de materia orgánica (en porcentaje). Para evaluar la calidad del compost se usó los rangos establecidos por la FAO. Finalmente, se concluyó que las dosis aplicadas de EM Compost influyen en el proceso de compostaje, siendo el más óptimo la dosis de EM Compost al 20% (T3), finalmente los tratamientos T2 y T1 son superiores al testigo.

De la Peña (2019) en su tesis *Microorganismos eficientes en la producción de compost con Pollinaza en Río Negro* tuvo como objetivos: determinar el tiempo de descomposición de la Pollinaza con la aplicación de dosis de microorganismos eficientes y determinar el contenido de nutrientes de compost de Pollinaza con la aplicación de dosis de microorganismos eficientes. El diseño experimental fue diseño completo al azar (DCA) para lo cual se usó 4 tratamientos y 3 repeticiones, a tres tratamientos se inoculó con dosis de microorganismos de 100 ml, 200 ml y 300 ml de EM Compost respectivamente. Asimismo, se usó el ANOVA y la prueba de significación de Tukey a un 5% de significación. Las variables evaluadas fueron las siguientes: temperatura, tiempo de descomposición, pH, contenido de materia orgánica (en porcentaje), contenido de nutrientes (% P, % K y %N), porcentaje de humedad y peso final del compost. De los resultados obtenidos se concluyó que el tratamiento con mayor dosis de EM compost, fue el que tuvo el menor tiempo de descomposición (144 días) y también fue el de mejor calidad. Asimismo, se determinó que el contenido de nutrientes es más óptimo a dosis mayores de EM compost.

Escobar, Sanchez Ponce y Azero (2012) en su investigación *Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Piarumani* tuvo como objetivo mejorar el proceso de compostaje en la granja modelo Piarumani, a través de la elaboración de compost con una relación C/N adecuada y con la adición de preparados biodinámicos (aceleradores del proceso de compostaje), para lo cual se prepararon ocho tratamientos consistentes en: T1 (estiércol con una relación C/N inicial de 15), T2 (estiércol + preparados biodinámicos con una

relación C/N inicial de 15), T3 (estiércol con chala picada con una relación C/N inicial de 25), T4 (estiércol con chala picada y preparados biodinámicos con una relación C/N inicial de 25), T5 (estiércol con gallinaza con una relación C/N inicial de 14), T6 (estiércol con gallinaza y preparados biodinámicos con una relación C/N inicial de 14), T7 (estiércol con gallinaza y chala picada con una relación C/N inicial de 25), T8 (estiércol con gallinaza, chala picada y preparados biodinámicos con una relación C/N inicial de 25). Los parámetros más relevantes evaluados durante el proceso de compostaje fueron: temperatura, pH, porcentaje de descomposición y para evaluar la calidad del compost se determinaron los siguientes parámetros: porcentaje de humedad, contenido de nutrientes (% de N, % de P y % de K), contenido de carbono (en porcentaje), relación C/N, contenido de microorganismos patógenos (coliformes termo tolerantes, *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*) entre otros. El diseño estadístico fue de parcelas divididas, además se usó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de significación de Duncan a un 5% de significancia. Los resultados mostraron que los tratamientos con agregados biodinámicos y ricos en carbono (relación C/N de 25) obtuvieron las temperaturas más altas en la fase termofílica, contrario a los tratamientos ricos en nitrógeno en la etapa de enfriamiento (relación C/N:14) que aun registraban temperaturas altas. En cuanto al pH en la etapa termofílica los tratamientos ricos en carbono tuvieron pH ligeramente alcalino entre 7.0 y 8.5 y en la fase de maduración registraron valores de 7.0 a 7.5, por otro lado, los tratamientos ricos en nitrógeno tuvieron los valores de pH más elevados entre 8.0 y 10.0, asimismo, los tratamientos que contenían compuestos biodinámicos tiende a acidificarse más que los que no tienen. La investigación concluyó que todos los tratamientos ricos en carbono tuvieron mejores características físicas, químicas y microbiológicas para ser considerados como compost maduros.

Suni (2018) en su tesis *Aprovechamiento de los residuos solidos orgánicos compostaje del mercado de mayoristas Río Seco - Parada Cerro Colorado* tuvo como objetivos los siguientes:

aprovechar los residuos sólidos orgánicos en compostaje del Mercado Mayorista Metropolitano de Río Seco – La Parada Cerro Colorado y evaluar la calidad, rendimiento y rentabilidad del compost obtenido, para lo cual se usó un diseño experimental diseño completo al azar (DCA, con 3 tratamientos y 3 repeticiones, los tratamientos identificados fueron: T1 (estrato medio de la pila), T2 (estrato medio de la pila) y T3 (estrato bajo de la pila). Los parámetros evaluados durante el proceso y al final del mismo fueron: temperatura, porcentaje de humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de nitrógeno (en %), contenido de materia orgánica (en %), contenido de carbono (en %), relación C/N y rendimiento, entre otros. Se usó el análisis estadístico de varianza ANOVA y la prueba de comparaciones o test de Duncan al 95% de confianza. La calidad del compost se evaluó tomando como referencia la Norma Chilena 2880:2004 y lo establecido en el manual de la FAO “Manual de compostaje del agricultor”. Los resultados mostrarán que el pH final varía en un rango de 7.57 a 7.63, la relación C/N disminuye durante el proceso de compostaje, obteniéndose una relación final de 22.6 y el rendimiento del compost fue de 57.25%. Finalmente, el compost obtenido fue calificado como de tipo A que puede ser destinado a uso agrícola.

Olivera (2011) en su tesis *Efecto activador de la Bazofia de vacuno, en la elaboración de compost utilizando paja de trigo* tuvo como objetivo evaluar la efectividad de la bazofia de vacuno como activador biológico en la elaboración de compost y ver la variación de los principales parámetros físico químicos durante el proceso de compostaje, así como las características físico químicas, biológicas y la calidad agronómica del compost mediante bioensayos de germinación y crecimiento. Para lo cual se trabajó con cinco tratamientos cada uno con diferente dosis de bazofia, la misma que se distribuyó de la siguiente manera: 25 kg, 50 kg, 75 kg y 100 kg y el testigo (sin dosis). Para la conformación de las pilas de compostaje se usó como base la paja de trigo remojado, estiércol de vacuno y residuos de brócoli. Los parámetros evaluados durante el proceso de compostaje fueron: temperatura, porcentaje de

humedad, pH, conductividad eléctrica, relación C/N y parámetros microbiológicos, asimismo al finalizar el proceso se evaluó los siguientes parámetros; rendimiento, densidad aparente, porcentaje de humedad, fertilidad del compost, contenido de nutrientes (% N, % P y % K) presencia de patógenos (coliformes totales y fecales) y se hizo un test de madurez de compost mediante el método de Zucchini. Los resultados mostraron que el tiempo de compostación fue entre 91 y 97 días para los tratamientos que usaron bazofia y para el testigo de 100 días, el pH del compost disminuyó en el tiempo tendiendo a acidificarse, la humedad se mantuvo entre 55 a 65 %, la salinidad disminuyó con el tiempo y la relación C/N tiene los valores más bajos en los tratamientos con mayor dosis de bazofia (dosis de 75 y 100 kg). Con respecto a la evaluación de los parámetros de calidad físico-química y de fertilidad, los resultados muestran la influencia de las dosis de bazofia en la calidad del compost final, siendo el de mejor rendimiento en cuanto al contenido de nutrientes, el tratamiento al cual se adicionó 75 kg de bazofia. Asimismo, todos los tratamientos se encuentran libres de patógenos. Finalmente, el tratamiento de mejor calidad agronómica fue al que se le adicionó 75 kg de bazofia.

Kimura (2005) en su tesis *Evaluación de los efectos del producto "enzymplus" (activador biológico) en la elaboración de compost utilizando dos tipos de estiércol (vacuno y ovino)* tuvo como objetivo evaluar la efectividad técnica del activador biológico "enzymplus", en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos, para lo cual se evaluaron parámetros físico-químicos y biológicos durante el proceso de compostaje y al final del mismo. Asimismo, se evaluó la calidad agronómica del compost mediante bioensayos de germinación y crecimiento. El diseño experimental consideró 6 tratamientos, en los que se probó dos tipos de estiércol (vacuno y ovino) y 3 dosis de activador por cada uno de ellos. Las dosis aplicadas fueron de 0 g/t, 500 g/t y 1000 g/t. Los parámetros evaluados en el proceso fueron los siguientes: temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica. Del mismo modo, se evaluaron los siguientes parámetros de calidad del compost, contenido de materia orgánica (en

%), contenido de nutrientes (% de N, % de P como P_2O_5 y % de K como K_2O), análisis microbiológico y de contenido de patógenos (coliformes totales y fecales). También se evaluó la calidad agronomica del compost obtenido mediante pruebas de germinación en tres tipos de semilla y de crecimiento de cebada y maíz. Los resultados mostraron que la conductividad eléctrica y la relación C/N disminuyeron durante el proceso. Por otro lado respecto a los resultados del compost final, se obtuvo una humedad de entre 42 % y 59 %, la conductividad eléctrica fue mayor a 4.0 dS/cm, el pH estuvo entre 7.8 y 8.3 y la relación C/N estuvo en un rango de 14.2 a 15.9. Con respecto al contenido de nutrientes, su suma fue mayor a 6 para los tratamientos con estiércol vacuno sin activador biológico y para los tratamiento con estiércol ovino sin activador y dosis de activador de 500 g/t, asimismo en todos los tratamiento se supera el contenido mínimo de potasio. Con respecto al contenido de patógenos todos los tratamientos se encuentran libres de estos. Finalmente se concluyó que los compost obtenidos con el activador no mostraron diferencias significativas en los parámetros físico-químicos y biológicos evaluados respecto al control, asimismo los tratamientos que usaron el activador biológico y estiércol de vacuno fueron los de mejor calidad agronómica.

1.4. Definición del Problema

No se ha encontrado una investigación en Arequipa que identifique aceleradores del proceso de compostaje que permitan obtener un producto (compost) de buena calidad en el menor tiempo y con mejor rendimiento, asimismo se desconoce si el compost producido con estos aceleradores es igual, mejor o de menor calidad que un compost comercial. Por ello es necesario esclarecer este vacío de información, lo cual llevará también a plantear mejoras en el proceso de elaboración de compost a fin de que sea competitivo en el mercado local.

La presente investigación es correlacional ya que busca determinar la calidad del compost, rendimiento y tiempo de compostaje de acuerdo al tipo de acelerador usado, asimismo es de carácter experimental por lo antes descrito.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación Técnica

De acuerdo al PIGARS Arequipa 2017-2028, más del 80 % de los residuos generados en centros de abastos o mercados es del tipo orgánico y se compone de los siguientes residuos: cáscaras de vegetales, cascaras de frutas, estiércol, madera y follaje; que pueden ser compostables, en la actualidad estos residuos son derivados al relleno sanitario y no son valorizados en la elaboración de compost.

1.5.2. Justificación Económica - Social

El desarrollo industrial y comercial en la ciudad de Arequipa acompañado de un proceso de urbanización acelerada, el aumento en la concentración de la población, el incremento en la demanda de materias primas, productos y energía, originan el incremento de la generación de residuos sólidos, el que a su vez provoca el incremento en los costos operativos del servicio de limpieza (barrido, recolección, transporte y disposición final) y afecta por ende su sostenibilidad. Asimismo, los residuos sólidos al no ser tratados ni dispuestos adecuadamente, incrementan la contaminación y afectan el ambiente negativamente lo cual repercute en la salud de las personas.

1.5.3. Justificación Ambiental

El inapropiado manejo de los residuos sólidos y su impacto ambiental negativo es un problema mundial. Mientras menor sea el desarrollo de un país, mayores serán los problemas en este rubro y por ende, mayor la necesidad de realizar acciones orientadas a cambiar esta situación.

El incremento de la cantidad de residuos a disponer también produce la necesidad de mayores áreas de terreno para disponer los residuos sólidos, y por lo tanto incrementa su contaminación.

La mezcla adecuada de materia orgánica y estiércol para la elaboración de compost, permite obtener un biofertilizante de elevada calidad, debido a que los macronutrientes, micronutrientes y minerales aportados al suelo disminuyen el uso de fertilizantes químicos, mejorando así la estructura físico química del suelo y consecuentemente evita la contaminación del ambiente.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Evaluar la calidad, tiempo y rendimiento del compost elaborado a partir de residuos orgánicos de mercados, parques y jardines con la incorporación de aceleradores biológicos (bazofia de camal, vísceras de pescado y microorganismos eficientes).

1.6.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar los parámetros del proceso de elaboración del compost pH, temperatura y humedad.
2. Evaluar comparativamente tiempo, calidad y rendimiento final del compost obtenido usando los 3 aceleradores frente a un compost comercial y la muestra testigo (sin acelerador).
3. Identificar el acelerador biológico más eficiente en cuanto a la calidad, tiempo y rendimiento de compost

1.7. Hipótesis

La aplicación de aceleradores (bazofia de camal, bazofia de pescado y un acelerador de compostaje con microorganismos eficaces) disminuirá el tiempo de compostaje de los residuos provenientes de centros de abastos y áreas verdes municipales, además mejorará la calidad y el rendimiento del compost.

1.8. Limitaciones

En la presente investigación no se evaluará los beneficios de la aplicación del compost en las características físicas, químicas ni biológicas del suelo, ni la calidad agronómica en la producción de cultivos (ornamentales, hortícolas, etc.).

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del Material a Compostar

Según Palomino (2008), todo material orgánico puede ser transformado por compostación, lo que quiere decir que es compostable. A partir de ello se puede asegurar que todo cuerpo que haya tenido vida, tanto sus partes como sus deyecciones pueden ser utilizadas para la compostación, así como otras materias o productos que hayan sido elaborados a partir de materia viva tales como huesos, pelos, cuero, materias de celulosa como papel o cartón, las ramas o flores y otros similares; del mismo modo todos aquellos desechos de cocina o de basura municipal o domiciliaria que tengan alguna composición orgánica; y del mismo modo aguas negras y sus lodos. A todo ello, Palomino (2008) aclara que aquellos materiales cuya estructura química es difícil de transformar por vía enzimática como latas, vidrios, plásticos o metales no son dados a ser compostables.

2.2. Abono

De acuerdo al *Boletín Oficial del Estado* de España “el abono orgánico es un producto cuya función principal es aportar nutrientes para las plantas, los cuales proceden de materiales carbonados, de origen animal o vegetal” (2013, p. 6).

Por otro lado, Roman, Martínez y Pantoja mencionan que “el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada” (2013, p. 11).

Sobre la aplicación de los abonos orgánicos, Berríos (2015) dice:

Los abonos orgánicos aplicados al suelo promueven la actividad biológica, la capacidad de intercambio de nutrientes, el balance hídrico, el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo. Como consecuencia de esto, los suelos están menos propensos a la erosión, tienen una mejor capacidad de retención de nutrientes y un mejor desarrollo

radicular de los cultivos, lo cual contribuirá a mejorar la eficiencia de los fertilizantes minerales incrementado la producción, haciendo de esta manera su uso más económico (p. 8).

En ese sentido los abonos orgánicos son importantes para suministrar nutrientes a las plantas y sirven para mejorar la calidad agronómica de los suelos, mejorando por ende las propiedades físicas y químicas.

2.3. Definiciones de Compost

El compost es la materia orgánica que mediante un proceso de descomposición (aeróbica o anaeróbica) ha sido estabilizada y es similar a las sustancias húmicas del suelo, además no contiene patógenos, semillas de malas hierbas, no atrae vectores (insectos, roedores, etc.), por lo que es beneficiosa para el suelo y para el desarrollo de las plantas (Haug, 1993).

De acuerdo a la norma chilena 2880 del 2015, define al compost como el producto de la descomposición de materias primas bajo condiciones controladas, asimismo está constituido por materia orgánica estabilizada y microorganismos beneficiosos, además está libre de patógenos, semillas de plantas y mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Instituto Nacional de Normalización, 2015).

Entonces el compost es un abono orgánico que mejora las características agronómicas del suelo y además favorece el crecimiento de las plantas.

2.4. Definición de Compostaje

El compostaje es, de acuerdo a la FAO citado por Roman *et.al.*, (2013) “la mezcla de la materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporciona nutrientes” (p. 3).

Por otro lado Stztern y Pravia (1999) definen al compostaje como “una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica”.

Asimismo, la Norma Chilena 2880:2015 define al compostaje, como:

Proceso de descomposición aerobia de una mezcla de residuos orgánicos, gracias a la acción de microorganismos que actúan de manera sucesiva sobre los materiales orgánicos originales. Este proceso ocurre en presencia de humedad y genera elevadas temperaturas que permiten higienizar la mezcla, produciendo dióxido de carbono, agua y materia orgánica estabilizada (p. 3).

En ese sentido el compostaje es una serie de procesos biológicos, físicos y químicos, realizados por microorganismos que descomponen la materia orgánica estabilizándola.

2.5. Tipos de Compostaje

Los métodos de compostaje se pueden dividir en función del tipo del sistema de aireación usado, los cuales puede ser de dos tipos, sistemas abiertos que son aquellos que se hacen al aire libre y los sistemas cerrados que son los que se hacen en un contenedor o reactor (Stofella y Kahn, 2005).

2.5.1. Sistemas Abiertos

Son aquellos donde los materiales se compostan en formas de pilas dispuestas a voluntad o hileras, puede darse el caso que los materiales se coloquen en contenedores cerrados por dos o 3 lados, en estos sistemas no se controla el medio donde se realiza el proceso, entre los más importantes se puede mencionar:

- 1) Método de hilera con volteo, donde la aireación se realiza por el método de agitación de los materiales y esta puede ser manual o mecánica. En este método los materiales se mezclan y homogenizan, liberando los gases al exterior de la pila, además se distribuye el agua, nutrientes y microorganismos por medio del intercambio de material del centro de la pila (zona pobre de oxígeno) a la capa externa.
- 2) Pilas estáticas aireadas pasivamente, en esta se produce una descomposición lenta, donde la aireación es pequeña, además la manipulación del proceso es casi nula y las condiciones aerobias son difíciles, por otro lado, el tiempo del proceso puede durar de 2 a 3 años.

- 3) Pilas estáticas con aireación forzada, donde la aireación se hace por medio de tubos perforados de PVC. En esta no se realizan volteos y el proceso puede durar de 3 a 6 meses.
- 4) Pilas estáticas aireadas, en este se usan ventiladores para inyectar aire y las pilas se construyen sobre un sistema de inyección, eliminándose mediante esta el CO₂ y vapor de agua, además no se produce agitación y el compostaje puede tardar de 3 a 6 semanas.
- 5) Combinación del sistema de pilas de aireación forzada y de volteo, en el cual las hileras se construyen por encima de un canal de aireación, se voltean periódicamente y entre volteos los ventiladores inyectan o extraen aire. Como el sistema de aireación proporciona oxígeno y control de temperatura el volteo es menos frecuente, este sistema acelera el proceso de compostaje (Stofella y Kahn, 2005).

2.5.2. Sistemas Cerrados

En estos sistemas se intenta controlar el entorno del compostaje en un contenedor, reactor a túnel, estos pueden ser:

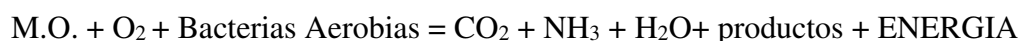
- 1) Lechos horizontales, los materiales se compostan en lechos estrechos y largos con volteo regular, son de aireación forzada y movimiento continuo.
- 2) Contenedor aireado, pueden usarse una variedad de contenedores que tienen aireación forzada.
- 3) Contenedor aireado agitado, proporcionan aireación forzada, agitación y movimiento continuo.
- 4) Reactores torres o silo, sistemas verticales con aireación forzada con movimiento continuo de materiales de la parte superior a inferior.
- 5) Reactores de tambores rotativos, tambores horizontales, que rotan lentamente y constantemente voltean los materiales y los mueven a través del sistema (Stofella y Kahn, 2005).

2.6. Procesos del Compostaje

Los procesos que se llevan a cabo se pueden dividir en procesos biológicos, químicos y físicos y se desarrollan a continuación.

2.6.1. Procesos Biológicos

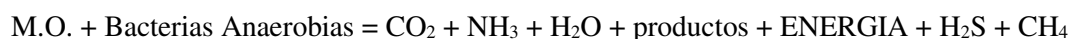
Los procesos biológicos que se desarrollan en el compostaje en la mayoría son de tipo aeróbico y se pueden representar por la siguiente ecuación:



Ecuación 1. Ecuación bioquímica de sistemas aerobios

Fuente: Stofella y Kahn (2005)

En sistemas anaeróbicos la ecuación es la siguiente:



Ecuación 2. Ecuación bioquímica de sistemas anaeróbicos

Fuente: Stofella y Kahn (2005)

Asimismo, los procesos biológicos se subdividen en ciclos de temperaturas, degradación de la materia orgánica e higienización y se detallan a continuación.

2.6.1.1. Ciclo de Temperaturas (Fases de Compostaje)

De acuerdo a Stofella y Kahn (2005) la temperatura es un parámetro que afecta al desarrollo de los microorganismos, en ese sentido los microorganismos que se desarrollan en el proceso de compostaje pueden ser de dos clases:

- Mesófilos, que se desarrollan de 25 a 40 °C
- Termófilos, que se desarrollan a más de 40 °C.

Entonces basándonos en la actividad microbiana el compostaje se puede dividir en 4 fases las cuales son:

1. Fase mesofila 1 (10 – 40 °C). En esta fase el proceso comienza a temperatura ambiente y debido a la acción microbiana la temperatura se incrementa hasta 45° C, este incremento

puede darse en pocos días e inclusive a horas de iniciado el proceso. Los microorganismos consumen carbono y nitrógeno generando calor. Asimismo producto de la descomposición de azúcares se produce ácidos orgánicos que hacen que el pH se vuelva ácido, lo cual puede durar pocos días de 2 a 8. (Roman et.al., 2013).

Esta fase es donde los microorganismos dominantes son las bacterias mesofílicas y donde producto de la gran cantidad de sustrato se incrementa la actividad de los microorganismos, originando grandes cantidades de energía calórica metabólica, además del consecuente incremento de temperatura en la pila de compost. Asimismo, conforme la temperatura aumenta las condiciones son menos favorables para las bacterias mesofílicas quedando las bacterias termófilas en su lugar (Stofella y Kahn, 2005).

En esta etapa se dan procesos de nitrificación y oxidación de compuestos de azufre, fósforo, entre otros, asimismo es importante mantener el binomio humedad y aereación. La duración de esta etapa varía y depende de muchos factores (Stztern y Pravia, 1999).

2. Fase termófila (40 a 75 °C). Los microorganismos termófilos provocan que las temperaturas suban por encima de los 45° C pudiendo llegar hasta 65 °C ó 70 °C. Asimismo, producto de la reducción de las fuentes nutritivas por parte de los microorganismos la temperatura baja, enfriándose la pila de compostaje hasta llegar a una segunda fase mesófila (Stofella y Kahn, 2005).

Las bacterias termófilas degradan las fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina y transforman el nitrógeno en amoníaco, originando por lo tanto que el pH se eleve.. Esta fase también se llama fase de higienización ya que al llegar a temperaturas mayores a 55 °C, se destruyen los microorganismos patógenos y contaminantes como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, huevos de helmintos, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de maleza, dando lugar a un producto inocuo (Roman et. al., 2013).

Si las condiciones son adecuadas en cuanto a la aeración, hay emanaciones de vapor de agua que pueden ser visibles fácilmente, además la concentración de CO₂ alcanzada resulta fundamental ya que esta es letal para las larvas de insectos (Stztern y Pravia, 1999).

3. Fase mesófila 2 (> 40 °C). Una vez que los microorganismos han agotado las fuentes de carbono y nitrógeno, las temperaturas descienden hasta los 40 °C. Al iniciarse la actividad de los organismos mesófilos el pH desciende levemente, pero manteniéndose en el rango alcalino, asimismo esta etapa suele confundirse con la etapa de maduración (Roman *et. al.*, 2013).

En esta fase continúa la degradación de la celulosa y la lignina, además la temperatura desciende hasta valores cercanos a la ambiental. En estos momentos se dice que el material es estable biológicamente y se da por culminado el proceso (Stztern y Pravia, 1999).

4. Fase de maduración. Este se da a temperatura ambiental y demora meses, en esta fase se forman los ácidos húmicos y fúlvicos.

2.6.1.2. Degradación del Material Orgánico

De acuerdo a Buckman y Brady (1993), los materiales orgánicos que se van a compostar son de origen animal y vegetal, en ese sentido la composición de los materiales vegetales es:

- Hidratos de carbono (azúcares y almidones entre 1 al 5% , hemicelulosa entre 10 a 28 % y celulosa entre 20 y 50 %).
- Grasas, ceras, taninos, etc. entre 1 a 8 %.
- Ligninas entre 10 a 30 %.
- Proteínas entre 1 al 15%

La composición de los residuos de origen animal es principalmente proteínas, azúcares, almidón, entre otros . Asimismo, el orden según su facilidad de degradación es como sigue:

- 1) Azúcares, almidones.
- 2) Proteínas

- 3) Hemicelulosa
- 4) Celulosa
- 5) Ligninas, grasas y ceras. (Binner, 2002; citado por Kimura, 2005)

Los principales microorganismos que son responsables del proceso de compostaje y de la degradación de la materia orgánica en sus diferentes etapas son: hongos, actinomicetos y bacterias, junto con la micro, meso y macrofauna (ácaros, hormigas, cien pies, arañas, etc) . De estos las bacterias mesófilas y termófilas son las que están presentes en la mayoría de fases del proceso de compostaje y son las responsables en gran porcentaje del proceso de degradación de la materia orgánica (Stofella y Kahn, 2005).

Los microorganismos convierten sustancias nutritivas en sustancias propias y/o material celular propio (anabolismo), para lo cual requiere de la energía generada en el catabolismo. Finalmente al ser descompuestos los materiales orgánicos pueden transformarse en sustancias húmicas las cuales son estables y resistentes a la descomposición. (Binner, 2002; citado por Kimura, 2005)

2.6.1.3. Higienización

Los residuos animales usados para el compostaje contienen en la mayoría de los casos restos de heces, que contienen bacterias patógenas como la salmonella, que es uno de los principales agentes de enfermedades transmitidas por alimentos y que puede habitar en el tracto digestivo de animales como aves, bovinos, porcinos entre otros. De igual interés están las *Escherichia coli* las cuales pueden vivir hasta 70 días en el estiércol, las mismas que han sido asociadas a enfermedades causadas por consumo de frutas y vegetales crudos o productos no pasteurizados, asimismo, tienen como reservorios animales como el ganado vacuno, ciervos y ovejas. Un indicador importante de la presencia de bacterias patógenas son los coliformes termotolerantes o fecales (Roman *et. al.*, 2013).

Otros patógenos no entéricos pueden encontrarse en la carne, así como en los residuos de origen domiciliario donde se han encontrado virus de origen humano (Stofella y Kahn, 2005).

Finalmente existe una relación entre la temperatura y el tiempo de muerte de los patógenos, por lo cual una temperatura alta en un periodo corto de tiempo puede ser efectiva, así como una temperatura baja por mucho tiempo (Stofella y Kahn, 2005). Al respecto Roman *et. al.* (2013), mencionan: “como consecuencia de las elevadas temperaturas alcanzadas en la etapa termofílica, se destruyen las bacterias patógenas y parásitos presentes en los residuos de partida. En esta fase se da la higienización del material” (p. 32). Asimismo Kimura (2005), dice: “una temperatura mínima, adecuada en un tiempo mínimo nos dará la seguridad de que se han eliminado patógenos” (p. 104), por lo cual establece que en la fase termofílica en pilas de compostaje aireadas se debe de llegar a una temperatura de 55°C la cual debe mantenerse por 14 días como mínimo, este valor se ha establecido de acuerdo a una revisión bibliográfica, lo cual concuerda con lo establecido por Roman *et. al.* (2013) y Stofella y Kahn (2005).

2.6.2. Procesos Químicos

Stofella y Kahn (2005) mencionan que la información respecto a las reacciones químicas que suceden en el proceso de compostaje es limitada. Aproximadamente el 50% de la materia orgánica es mineralizada, produciendo además CO₂ y H₂O, lo que sucede en materiales que son fácilmente degradables, como las proteínas, celulosa y hemicelulosa.

2.6.2.1. Relación C/N

La relación C/N del proceso de compostaje depende de la composición de los materiales base, ambos elementos son primordiales, el carbono es fuente de energía y el nitrógeno es necesario para el desarrollo de los microorganismos (Stofella y Kahn, 2005) y (Stztern y Pravia, 1999).

De acuerdo a Stztern y Pravia (1999), Roman *et. al.* (2013) y Stofella y Kahn (2005), una relación inicial óptima de C/N es de 25, pero en términos generales una relación inicial de 20 a 30 se considera como adecuada, sin embargo Stofella y Kahn (2005) consideran que un rango razonable es de 20 a 40 y este valor es recomendado para un compostaje rápido. Asimismo mencionan que relaciones bajas provocan la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco (NH_3), haciendo que el proceso tienda a calentarse en exceso y generar malos olores por el amoníaco liberado. Niveles altos de carbono hacen que el proceso de descomposición sea lento y la pila de compostaje tienda a enfriarse, ya que la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar mayor cantidad de carbono, debido a la deficiencia de nitrógeno para la síntesis proteica de los microorganismos.

En el proceso de compostaje lo esencial es la conversión de materiales biodegradables en CO_2 y H_2O , lo usual es que la cantidad de carbono se reduzca conforme avanza el proceso, dando por resultado una reducción de la relación del C/N. Asimismo la concentración de nitrógeno tiende a disminuir, pero existe también investigaciones que sugieren lo contrario (Stofella y Kahn, 2005).

Una relación C/N al final del proceso de 15 a 20 es siempre la más deseada, pero un valor cercano a 10 es el ideal. La utilidad de la relación C/N está fundamentada en la relación C/N de la materia orgánica estable del suelo, conocida como humus, la misma que esta entre 10 y 15, en ese sentido si el proceso de compostaje se ha desarrollado adecuadamente, se aproximará a este valor, con lo que se podrá afirmar que el compost está maduro (Stofella y Kahn, 2005).

2.6.2.2. Contenido de Nutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio)

Los nutrientes son necesarios para el crecimiento de las plantas y se dividen en macro y micro nutrientes, siendo los macronutrientes primarios nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y los secundarios son magnesio (Mg), azufre (S) y calcio (Ca). Los micronutrientes son

requeridos en cantidades muy pequeñas y son el hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y cloro (Cl) (Roman *et. al.*, 2013).

Es importante determinar el contenido de nutrientes primarios (N, P y K) en el compost final con el fin de evaluar su calidad en relación al aporte de nutrientes, ya que estos son importantes para el desarrollo de las plantas. El contenido de nutrientes en el compost final es variado y depende del contenido de los mismos en los insumos con los que se inicia el proceso de compostaje. Asimismo, el fósforo y potasio no se lixivian ni se volatilizan por ello deberían aumentar en el proceso de compostaje (Stofella y Kahn, 2005).

2.6.2.3. Concentración de Iones Hidrogeno (pH)

De acuerdo a Stofella y Kahn (2005) “el proceso de compostaje es relativamente insensible al pH dado el elevado número de organismos implicados, es por ese motivo que el pH tolerado por las bacterias es amplio” (p. 31). No obstante, un pH cercano al neutro entre 6.5 y 7.5 favorece al desarrollo de la mayoría de microorganismos (Stztern y Pravia, 1999). Por otro lado, para Román *et. al.* (2013), el pH ideal para el inicio del proceso está en el rango de 6.5 a 8.0.

En cuanto a la variación del pH en las etapas de compostaje, Román *et. al.*, (2013) menciona que:

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso. En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la formación de NH_3 el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. (p. 29)

Sin embargo, Stofella y Kahn (2005) indican que “otras referencias no registran aquella caída inicial del valor del pH sino solo incremento gradual del pH con el tiempo”.

2.6.2.4. Salinidad (Conductividad Eléctrica C.E.)

La salinidad se determina por medio de la conductividad eléctrica (C.E.), el valor inicial de este parámetro en las pilas de compostaje está determinado por los insumos base y su

salinidad (Bueno, Diaz, y Francisco, 2011).

Por otro la C.E. tiende a aumentar durante el proceso de compostaje debido al proceso de mineralización de la materia orgánica. Sin embargo, puede ocurrir un descenso de la conductividad eléctrica, lo que puede deberse a procesos de lavado por el uso del agua para mantener la humedad (Bueno *et. al.*, 2011).

Stofella y Kahn (2005) menciona: “los contenidos elevados de sal afectan a la germinación de las semillas y al estado sanitario de las raíces”, lo cual coincide con lo mencionado por Bueno *et. al.* (2011) que nos dicen que “el exceso de salinidad hace que la absorción del agua de las raíces de la planta sea difícil” (p. 8).

Entonces la dosis de compost a utilizarse como abono de una determinada planta, debe ser estimada en base a la conductividad eléctrica del compost, la resistencia a la salinidad de la especie y la conductividad eléctrica del suelo.

2.6.2.5. Oxígeno

Al ser el compostaje un proceso mayormente aerobio se debe de mantener una aireación adecuada que permita la respiración de los microorganismos, por otro lado, la aireación evita que el material se compacte. Un exceso de aire ocasiona el descenso de la temperatura y la pérdida de humedad por evaporación, ocasionando que el proceso se detenga. Una baja aireación impide la suficiente evaporación, generando un exceso de humedad y que el proceso sea anaeróbico. Las necesidades de oxígeno varían en función a la etapa del proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo en la fase termófila (Román *et. al.*, 2013).

2.6.3. Procesos Físicos

Los procesos químicos como los biológicos son los más importantes en el proceso del compostaje, pero estos se están influenciados por factores físicos como la humedad y tamaño de partícula, los procesos físicos se describen a continuación en los siguientes ítems.

2.6.3.1. Humedad

Los microorganismos asimilan los nutrientes que están disueltos en el agua, por lo cual el desarrollo de los mismos depende del contenido de humedad. El rango de humedad óptima es de 50 % al 80%, no obstante, contenidos de humedad de 50 % a 60 % son los más adecuados, por otro lado, una humedad excesiva puede contribuir a las pérdidas de nutrientes por lixiviación y provocar que el contenido de aire dentro de la pila sea limitado (Stofella y Kahn, 2005). Al respecto Bueno *et. al.* (2011), mencionan que la humedad óptima para el crecimiento microbiano debe estar entre el 50% y 70%, siendo que en menos de 30% la actividad microbiana decrece y por encima de 70 % se producen condiciones anaerobias.

La humedad de un compost tiene su origen en dos fuentes: la humedad inicial de los materiales base y el agua generada por el metabolismo de los microorganismos. Con respecto al contenido de humedad inicial, Stofella y Kahn (2005) mencionan que este debe ser de alrededor de 60 % y durante el proceso puede bajar a 40%, por otro lado, Stztern y Pravia (1999) coincide con Román *et. al.* (2013) y mencionan que debe mantenerse entre 50 y 60 %.

2.6.3.2. Tamaño de partículas

El tamaño de las partículas no solo afecta la retención de la humedad, sino que también el espacio libre para el aire. La descomposición aerobia sucede sobre la superficie de las partículas, por lo que al aumentar la relación superficie/volumen de las partículas, debido a la disminución del tamaño de las mismas se incrementa el grado de descomposición (Stofella y Kahn, 2005).

De acuerdo a Stofella y Kahn, (2005) un tamaño ideal es de entre 3 y 5 cm, por otro lado, Stztern y Pravia (1999) menciona que un tamaño de 1 a 2 cm es lo aconsejable y para Román *et. al.*, (2013) el tamaño ideal es de 5 a 20 cm.

2.7. Monitoreo del Parámetros del Proceso de Compostaje

Los parámetros y valores máximos y mínimos de los mismos para el monitoreo del proceso de compostaje se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1
Rango de Monitoreo de Parámetros en el Proceso de Compostaje

Parámetro	U.M.	Rango ideal al inicio del proceso (2 a 5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica (2 a 5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3 a 6 meses)
pH	-----	6.50 a 8.00	6.00 a 8.50	6.50 a 8.50
Relación C/N	Proporción	20.00 a 40.00	15.00 a 20.00	10.00 a 30.00
Humedad	%	40.00 a 60.00	40.00 a 70.00	30.00 a 40.00
Temperatura	° C	45.00 a 60.00	45.00 a 70.00	Cercana a la ambiental
Materia Orgánica	%	50.00 a 70.00	> 20.00	> 20.00
Nitrógeno total	%	2.50 a 3.00	1.00 a 2.00	Cercana a 1.00

Nota. Donde U.M.= Unidad de medida

Fuente: La tabla fue elaborada a partir de lo recomendado por (Stofella y Kahn, 2005), (Roman *et. al.*, 2013) y (Stztern y Pravia, 1999)

2.8. Calidad del Compost

De acuerdo a Stofella y Kahn (2005), los parámetros cualitativos con los que se evalúa un compost dependen del uso al cual está destinado, que puede ser para uso como abono orgánico, en la cual el contenido de nutrientes y en especial el nitrógeno es el parámetro más importante, también puede ser usado como enmienda orgánica¹ o como sustrato², donde el pH y el contenido de sales son los parámetros importantes.

¹ De acuerdo a *Boletín Oficial del Estado* (2013) enmienda es la “materia orgánica de origen animal o vegetal, utilizada fundamentalmente para mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, mejorar sus propiedades físicas y mejorar también propiedades o actividad química o biológica” (p.7).

² De acuerdo a Sustrato (s. f.) el sustrato es el “material sólido distinto del suelo in situ, de síntesis o residual, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema

En la Norma Chilena 2880:2015 (más adelante NCh 2880:2015), se evalúa la calidad del compost en función a su uso, para lo cual establece dos clases, que son: compost clase “A”, el cual no tiene restricciones y puede ser usado en agricultura orgánica³ y compost clase “B”, el cual presenta restricciones y no puede ser usado en la misma. Con respecto a la conductividad eléctrica no se establece un valor mínimo para el compost, pero si se establece restricciones en función a este parámetro, donde por ejemplo el compost puede ser usado sin restricciones cuando se tiene valores menores a 1.00 dS/m, sin embargo, para valores mayores se propone una dosificación del compost en función a la sensibilidad de la planta a la salinidad.

En la *Tabla 2* se muestra los requisitos físicos, químicos y sanitarios para la evaluación de la calidad del compost de acuerdo a la NCh 2880:2015:

Tabla 2
Parámetros Físico Químicos y Sanitarios de Calidad de Compost (NCh 2880:2015)

Parámetro	U.M.	Rango Ideal
Humedad	%	30.00 a 45.00
pH	Sin unidades	5.00 a 8.50
Materia Orgánica	%	≥ 20.00
Nitrógeno	%	≥ 0,50
Relación C/N para Compost clase “A”	Proporción	≤ 25.00
Relación C/N para Compost clase “B”	Proporción	≤ 30.00
Coliformes fecales	NMP en 1g	< 1000
<i>Salmonella sp.</i>	NMP en 4 g.	< 3
Huevos de Helminto	en 4 g	< 1

Nota Donde: NMP = Numero más probable; Compost clase “A” puede ser usado sin restricciones en agricultura orgánica; Compost clase “B” presenta restricciones para su uso en agricultura orgánica.

Fuente: Elaborado a partir de NCh 2880 del Instituto Nacional de Normalización (2015)

En el *Manual de compostaje del agricultor* de la FAO, se establecen pautas para la producción de compost y su uso como enmienda orgánica en cultivos., por lo que en la siguiente

radicular, desempeñando por lo tanto un papel de soporte de la planta, el sustrato puede intervenir (químicamente activo) o no (inerte) en el complejo proceso de nutrición de la planta”

³ De acuerdo a la NCh 2880:2015 define a la agricultura orgánica como “sistema integral de producción agropecuaria, basado en prácticas de manejo ecológico, cuyo objetivo principal es alcanzar una productividad sostenida en base a la conservación y/o recuperación de los recursos renovables” (p.2)

tabla se muestran los parámetros físico-químicos y el rango ideal de los mismos para la evaluación de la calidad de compost (Román *et. al.* 2013):

Tabla 3
Parámetros Físico Químicos de Compostaje (FAO)

Parámetro	U.M.	Rango Ideal
pH	Sin unidades	6.50 a 8.50
Relación C/N	Proporción	10.00 a 15.00
Humedad	%	30.00 a 40.00
Temperatura	°C	Cercana a la ambiental
Materia Orgánica	%	>20.00
Nitrógeno total	%	> 1.00

Nota. Fuente: Elaborado a partir de Roman *et. al.*, (2013)

Añaños Vega, Lozano Rossini y Santa Cruz Urdanivia (2004) mencionan que se han seleccionado los criterios técnicos que determinarán la calidad del compost para el Perú haciendo un análisis de la normativa de otros países y se han establecido parámetros que le dan al compost un valor agregado de fertilidad, los mismos que se muestran a continuación:

Tabla 4
Parámetros Físico Químico y Microbiológicos de Calidad de Compost (La Molina)

Parámetro	U.M.	Rango Ideal
pH	Si unidades	6.5 – 8.5
Σ NPK	%	≥ 6
Materia Orgánica	%	≥ 20
Conductividad Eléctrica	dS/m	≥ 4
<i>Escherichia coli</i>	NMP / g	≤ 1000
<i>Salmonella sp</i>	NMP / 4g	≤ 3.0

Nota. Donde: Σ NPK = Sumatoria de % Nitrógeno + % de Fósforo como P₂O₅ + % de Potasio como K₂O
Fuente: Elaborado a partir de Añaños Vega, Lozano Rossini y Santa Cruz Urdanivia (2004)

Monge, Cantanhede y Wharwood (1993) en su informe de investigación de título *Compostificación de residuos de mercados* definen parámetros y rangos de los mismos para evaluar la calidad del compost, los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5.
Parámetros de Calidad de Compost CEPIS

Parámetro	U.M.	Rango Ideal
pH	Sin unidades	7.50 a 9.00
Materia Orgánica	%	25.00 a 50.00
Nitrógeno	%	0.40 a 3.50
Fósforo como P ₂ O ₅	%	0.30 a 3.50
Potasio como K ₂ O	%	0.50 a 1.80

Nota. Tomado de Monge, Cantanhede, y Wharwood (1993)

2.9. Aditivos para acelerar el proceso de compostaje

El uso de aditivos en el proceso de compostaje, es decir activadores e inoculantes sirven para acelerar el mismo y su uso se justifica, debido a la gran variedad y calidad de los materiales usados para elaborar el compost, lo cual dificulta el llegar a los rangos ideales para iniciar el proceso y por lo tanto afecta en la calidad del producto final (Dalzell, Biddlestone, Gray y Thurairajan, 1991).

2.9.1. Activadores

Los activadores ayudan a que el proceso de compostaje sea más rápido, haciendo que la temperatura sea adecuada para matar patógenos y evitando que gran parte del material sea oxidado por los microorganismos, lo cual evitará que se reduzca la cantidad de producto elaborado. Para evitar esto se tiene que reducir la relación C/N inicial mediante la adición de un activador que contiene nitrógeno extra en forma más reactiva, lo cual provocará que se reduzca la cantidad de materia orgánica oxidada para alcanzar la relación C/N final, aumentando por lo tanto la producción de compost (Dalzell *et. al.*, 1991).

2.9.2. Inoculantes

Debido a que el proceso de compostaje depende básicamente de la acción de microorganismos en la descomposición de la materia orgánica, es de esperar que el proceso

mejore con la adición de inoculantes de cultivos especiales de bacterias, para lo cual se pueden usar compost maduro reciclado en dosis de 1 a 2 %, lo cual suministrará microorganismos aclimatados a los desechos frescos dispuestos en una nueva pila, asimismo se puede inocular la pila con bacterias fijadoras de nitrógenos, entre otros (Dalzell *et. al.*, 1991).

2.9.2.1. Microorganismos Eficaces (EM – Compost)

De acuerdo al Programa de Apoyo a la Formación Laboral para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate (con sus siglas APROLAB), en el “Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces” del año 2007, define a los microorganismos eficaces como una combinación de varios microorganismos benéficos, dicha tecnología fue desarrollada por Teruo Higa, Ph. D., profesor de horticultura de la Universidad de Ryukulus en Okinawa, Japón, a comienzo de los años 70. Estos son inoculantes microbianos que reestablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico químicas, biológicas y la estructura del suelo. Además, mejora la capacidad de infiltración del agua, ayuda a controlar las poblaciones de microorganismos patógenos e incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

Aprolab (2007) menciona que los microorganismos eficaces, en el producto EM Compost (nombre comercial), es un coctel de más de 80 microorganismos benéficos de origen natural dentro de los cuales tenemos los siguientes:

- Bacterias fotosintéticas o fototrópicas, estas sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía.
- Bacterias ácido lácticas, las cuales producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por las bacterias fotosintéticas, suprimen microorganismos

causantes de enfermedades como fusarium, los cuales debilitan las plantas cultivadas, exponiéndolas a enfermedades y plagas como los nematodos.

- Levaduras, estas sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias útiles para las plantas, a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces de las plantas.

Finalmente, Arolab (2007) menciona que el uso de EM Compost reduce el tiempo de descomposición, evita malos olores y moscas y produce un compost con mayor contenido de nutrientes.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tiempo y lugar de ejecución

3.1.1. Fecha de ejecución

El periodo de ejecución fue del 02 de agosto al 21 de diciembre del año 2019. El proceso se inició con la recolección de los insumos, continuó con la instalación de las pilas de compostaje (20 de agosto), seguimiento y monitoreo de las pilas instaladas (del 21 de agosto a 20 de diciembre) y culminó con la cosecha del compost.

3.1.2. Lugar de Ejecución

El lugar donde se elaboró la investigación fue en el de Pueblo Joven Señor del Gran Poder, manzana O lote 8, 1er. Bloque⁴, distrito de Cerro Colorado.

3.1.2.1. *Ubicación Política*

- Departamento: Arequipa
- Provincia: Arequipa
- Distrito: Cerro Colorado

3.1.2.2. *Ubicación Geográfica*

- Latitud: 16° 21'44.96''S
- Longitud: 71°36'4.76''O

⁴ Lugar Donde funciona la PYME A&SBAO, “Asesoría en biotecnología agrícola y otros”, cuyo RUC es 10292413489 y el representante legal es el Ing. Agrónomo Audad Laguna Bustamante.

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Materiales de Campo

- Saquillos de polipropileno
- Palas
- Rastrillo
- Cilindros de 200 litros
- Baldes de 20 litros
- Cucharón de madera
- Embudo
- Jarra de plástico
- Machete
- Bolsas ziploc, para recolección de muestras
- Vasos de Plástico
- Cinta métrica.

3.2.2. Equipos de campo

- Balanza digital de 200 kg de capacidad.
- Termómetro digital tipo “T” con vástago con punta de penetración de 50 cm, rango de -50 a 200 °C, resolución 0.1 °C
- Medidor de pH de contacto directo para suelo, marca HANNA (de la línea Gro Line), intervalo de pH de 0 a 14, resolución de 0.1, calibración automática a uno o dos puntos.
- Bomba fumigadora de 8 litros.

3.2.3. Equipos de Protección Personal

- Mascarillas
- Gorros o guardapelos
- Guantes de nitrilo
- Botas de jebe.

3.2.4. Material de Gabinete

- Computadora
- Libreta de apuntes
- Hojas bond.
- Plumones de tinta indeleble
- Otros, útiles de escritorio.

3.3. Insumos

- Restos de verduras
- Restos de frutas
- Restos de poda de parques y jardines.
- Restos de flores y plantas.
- Vísceras de pescado.
- Bazofia de Camal, adquirido del camal Don Goyo, ubicado en el distrito de Cerro Colorado.
- Microorganismos eficientes, EM – Compost (Nombre comercial), adquiridos de Agro Distribuciones el Corcel EIRL, la presentación es en frascos de 1 litro.
- Agua sin cloro
- Melaza.

3.4. Diseño Experimental y Estadístico

El presente trabajo utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales. Los resultados fueron comparados mediante el análisis de varianza (ANOVA), para la determinación de diferencias significativas se usó el nivel de 5% ($\alpha = 0.05$). Para la determinación de la diferencia entre tratamientos se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de 5.00 % de significación ($\alpha = 0.05$). Finalmente, para el procesamiento de datos se usó el software INFOSTAT.

3.4.1. Esquema experimental

El esquema experimental de los tratamientos se muestra en la siguiente tabla

Tabla 6
Esquema Experimental de los tratamientos

Tipo de Acelerador (Tratamiento)	Pila de compostaje (Bloque)		
	1	2	3
T1 - Microorganismos Efectivos	Y _{1,1}	Y _{1,2}	Y _{1,3}
T2 - Bazofia de Camal	Y _{2,1}	Y _{2,2}	Y _{2,3}
T3 - Vísceras de Pescado	Y _{3,1}	Y _{3,2}	Y _{3,3}
T4 - Sin acelerador	Y _{4,1}	Y _{4,2}	Y _{4,3}

Nota. Donde: T1 = Tratamiento 1; T2 = Tratamiento 2; T3 = Tratamiento 3 y T4 = Tratamiento 4
Fuente: Elaboración propia

Donde la variable independiente es el tipo de acelerador y las variables respuesta o dependientes las agrupamos en dos tipos:

1. Variables del proceso de compostaje que son: temperatura y pH, evaluadas por fase del proceso (termofílica y mesofílica 2)
2. Variables al final del proceso que son: tiempo de compostaje, rendimiento del compost y calidad la cual se determinó con los parámetros de pH, humedad, salinidad (C.E.), % de

Materia Orgánica, % de Nitrógeno, % de Potasio como K₂O %, % de Fósforo como P₂O₅ y Relación C/N.

3.4.2. Esquema del Análisis de Varianza

La *Tabla 7*, muestra la estructura del análisis de varianza utilizado en el ensayo experimental fuentes de variabilidad bloque, tratamiento, error experimental y los grados de libertad.

Tabla 7
Estructura del Análisis de Varianza (ANOVA)

Fuente de variabilidad	GL	GL
Bloques (Pila de compostaje)	b-1	2
Tratamientos (Tipos de acelerador)	t-1	3
Error experimental	(b-1) (t-1)	6
Total	(b x t) - 1	11

Nota. Fuente: Elaboración propia

Donde:

b = Número de bloques o repeticiones = 3

t = Número de tratamientos = 4

El modelo estadístico utilizado fue:

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

Ecuación 3. Modelo estadístico

Fuente: (Montgomery, 2004)

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta que recibe el estímulo del i – ésimo acelerador, en la j – ésima pila de compostaje

μ = media global

i = número de tratamientos o aceleradores

j = número de bloques o pilas de compostaje

τ_i = efecto del i-ésimo acelerador (tratamiento)

β_j = efecto de la j-ésima pila de compostaje, constituida por materia orgánica de origen animal y vegetal (bloque)

e_{ij} = Error experimental.

3.4.3. Descripción de los Tratamientos

La *Tabla 8* muestra la descripción de los tratamientos y las dosis de aceleradores aplicadas por pila de compostaje.

Tabla 8

Descripción de los tratamientos y dosis de acelerador aplicada por pila de compostaje

Tratamiento	Acelerador	Dosis de acelerador por pila de compostaje (en kg)
T1	Microorganismos Efectivos (ME)	6.00
T2	Bazofia de Camal (BC)	173.33
T3	Vísceras de Pescado (VP)	173.33
T4	Sin acelerador (Testigo)	0.00

Nota. Donde: T1 = Tratamiento 1; T2 = Tratamiento 2; T3 = Tratamiento 3 y T4 = Tratamiento 4

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Unidades experimentales (U.E.)

La unidad experimental está constituida por una pila de compostaje, con materia orgánica de origen vegetal (restos de frutas, verduras, flores y podas de parques y jardines) y de origen animal (estiércol vacuno), cuyo peso fue de aproximadamente 520.00 kg, el detalle de la misma se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9

Cantidad en peso de materia orgánica de origen vegetal y animal por tipo de residuo y peso total de las unidades experimentales con y sin acelerador

Clave del tratamiento	Residuos Vegetales (en kg)				Residuos Animales (en kg)		
	Restos de Verduras	Restos de Frutas	Restos de Parques y Jardines	Restos de Flores	Estiércol Vacuno	Peso de la U.E. (en kg)	Peso de la U.E. + Acelerador (en kg)
T1 (RVA+ME)	143.00	65.00	70.20	75.40	166.40	520.00	526.00
T2 (RVA+BC)	143.00	65.00	70.20	75.40	166.40	520.00	693.33
T3 (RVA +VP)	143.00	65.00	70.20	75.40	166.40	520.00	693.33
T4 Testigo (RVA)	143.00	65.00	70.20	75.40	166.40	520.00	520.00

Nota. Donde: U.E. = Unidad Experimental; T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador
Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 9*, se muestra el peso total de la pila considerando los aceleradores por tratamiento, entonces el peso de la pila por cada tratamiento es de: 526.00 kg para el T1 (RVA + ME), 693.33 kg para el T2 (RVA + BC), 693.33 kg para el T3 (RVA + VP) y 520 kg para el T4 (Testigo).

3.4.5. Características del Área Experimental

a) Bloques

Área total : 63.70 m

Largo : 9.80 m

Ancho : 6.50 m

Número : 4

Área neta : 30.60 m

b) Pilas

Largo : 1.70 m

Ancho : 1.50 m

Altura : 1.20 m

Entre bloques : 1.00 m

Área Pila : 2.55 m²

Volumen de la pila : 3.06 m³

Nro. Total de pilas : 12

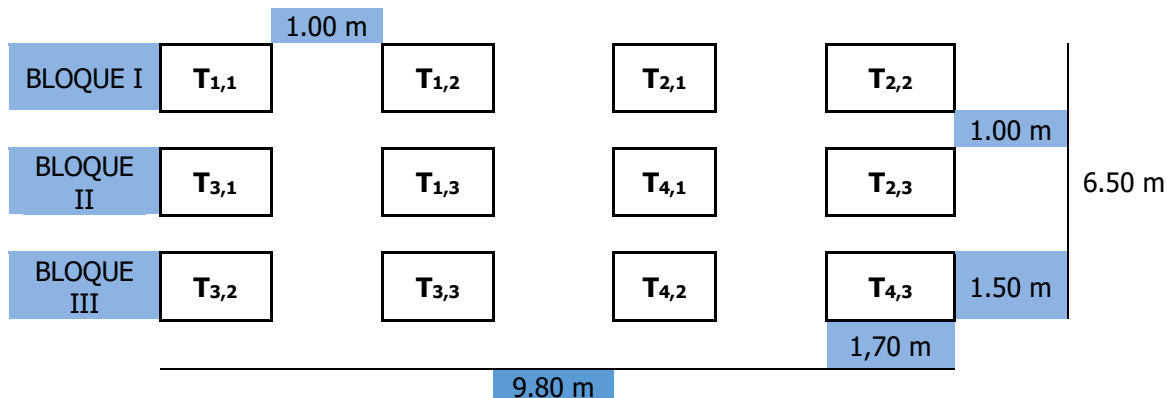
Peso de las pilas sin acelerador : 2,080.00 kg

Peso de las pilas más acelerador : 2,432.66 kg

3.4.6. Croquis del Diseño Experimental

La **Figura 1**, muestra el croquis y distribución de los tratamientos del ensayo experimental y los bloques respectivos.

Figura 1. Croquis Experimental



Fuente: Elaboración Propia

Cada tratamiento fue dividido en 3 repeticiones, obteniendo por lo tanto 3 pilas por cada uno de los tratamientos, haciendo un total de 12 pilas.

3.5. Procedimiento del Proceso de Compostaje

3.5.1. Recolección de Residuos Orgánicos

Los residuos orgánicos de origen vegetal y animal, así como los aceleradores fueron recolectados en los lugares que se detallan a continuación:

Tabla 10

Detalle de lugar de recolección de los residuos vegetales, animales y acelerador

Residuo o Acelerador	Lugar de Recolección	Coordinaciones para la Recolección
Restos de frutas y verduras	Mercado Metropolitano de la plataforma Andrés Avelino Cáceres	Administración del mercado y personal de limpieza del mercado, los residuos fueron separados en restos de frutas y restos de verduras
Restos de podas de parques y jardines	Municipalidad de José Luis Bustamante y Rivero	Gerencia de Servicios al Ciudadano y jefatura de Gestión Ambiental
Restos de flores y plantas	Mercado de flores Virgen de Chapi	Comerciantes del mercado
Estiércol vacuno	Comercializador local	
Vísceras de pescado	Mercado Pesquero del Palomar	Administración y comerciantes del mercado
Bazofia de camal	Camal Don Goyo	Personal del camal
Microorganismos efectivos	Agro Distribuciones el Corcel	

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Análisis de insumos

Una vez recolectados los insumos, se tomó una muestra de aproximadamente un kilogramo por tipo de residuo, poniéndose en una bolsa ziploc, para luego ser llevada al laboratorio de suelos del INIA⁵, donde se determinaron los siguientes parámetros:

- Conductividad eléctrica
- pH
- Porcentaje de humedad
- Carbono total
- Nitrógeno total

⁵ Instituto Nacional de Innovación Agraria

- Relación C/N
- Fósforo
- Potasio

3.5.3. Cálculo de la relación C/N inicial y humedad por pila de compostaje

Para el cálculo de los valores iniciales de C/N y humedad se usó la siguiente fórmula propuesta por Román *et. al.*, (2013):

$$C/N = \frac{Q_1 \times C_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times C_2 \times (100 - M_2) + \dots + Q_n \times C_n \times (100 - M_n)}{Q_1 \times N_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times N_2 \times (100 - M_2) + \dots + Q_n \times N_n \times (100 - M_n)}$$

Ecuación 4. Cálculo de la relación C/N de la mezcla

Fuente: Roman *et. al.*, (2013)

Donde:

Q = es la cantidad de material a compostar

C= % de Carbono total

N=% de Nitrógeno total

M= % de Humedad

La siguiente fórmula se utiliza para el cálculo de la humedad de mezcla.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{Q_1 \times M_1 + Q_2 \times M_2 + \dots + Q_n \times M_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}$$

Ecuación 5. Cálculo del porcentaje de humedad la mezcla

Fuente: Roman *et. al.*, (2013)

De acuerdo Stofella y Kahn (2005), para iniciar el proceso de compostaje se debe partir con una relación C/N de entre 20 y 40, rango considerado como razonable para un proceso rápido. Asimismo, de acuerdo a lo recomendado por Stofella y Kahn (2005), la humedad inicial

debe estar en el rango de 40 % a 65%, lo cual también coincide con lo señalado por Stztern y Pravia (1999).

3.5.4. Activación del EM Compost

El EM Compost son microorganismos, que para conservarse a largo plazo están en estado latente, asimismo para activarlos es necesario seguir los siguientes pasos:

- Disolver 1 kilos de melaza en 7 litros de agua limpia sin cloro (agua de río).
- Añadir a la mezcla 12 litros de agua agitando para diluir la melaza.
- Adicionar 1 litro de EM-Compost.
- Almacenar en un bidón hermético de 20 litros y tenerlo bajo sombra por 7 días.
- Al finalizar el periodo de activación comprobar que la solución tenga un pH menor a 4 y olor agridulce.

3.5.5. Dosis de aceleradores utilizados por pila compostaje

La dosis del acelerador EM compost activado usada en el tratamiento 1, fue la recomendada por la empresa que proporcionó el producto, la cual indica que se debe diluir 6 litros de microorganismos efectivos activados en 14 litros de agua sin cloro, obteniéndose una solución de 20 litros, los cuales son aplicados mediante una bomba dosificadora a cada una de las 3 pilas que conforman el tratamiento, asimismo esta dosificación se realiza durante el volteo de las pilas.

Para la determinación de la dosis de bazofia y de restos de pescado se usó la metodología de juicio de expertos, la cual está conformada por ingenieros agrónomos con experiencia en elaboración de compost⁶. Los especialistas recomendaron usar 3.00 kg de residuos a compostar

⁶ Se coordinó con 3 ingenieros agrónomos con más de 10 años de experiencia en la elaboración de compost.

por 1.00 kg de acelerador. Entonces para la bazonía de camal y las vísceras de pescado se utilizó una dosis de 173.33 kg de acelerador por tratamiento, dichas dosis se han detallado en la *Tabla 9*.

3.5.6. Preparación de las pilas

Las pilas se armaron alternando las capas de residuos vegetales sobre las de residuos animales, humedeciendo cada capa, asimismo los residuos fueron reducidos a un tamaño de 10 a 20 cm con ayuda de un machete. Encima de cada capa de residuo animal se le adicionó el acelerador y al final del conformado de la pila se realizó la prueba del puño para verificar que el contenido de humedad sea el adecuado.

Las dimensiones de las pilas fueron: altura de 1.00 a 1.20 m, ancho de 1.50 m y largo de 1.70 m, con lo cual se obtuvo un volumen por pila de 3.06^7 m^3 . Dicho valor está por encima de 1.00 m^3 , el cual es el volumen mínimo recomendado por Roman *et. al.* (2013) para una pila de sistema abierto.

Fueron 8 capas aproximadamente las que conformaron una pila, cuya distribución se muestra en la siguiente ilustración:

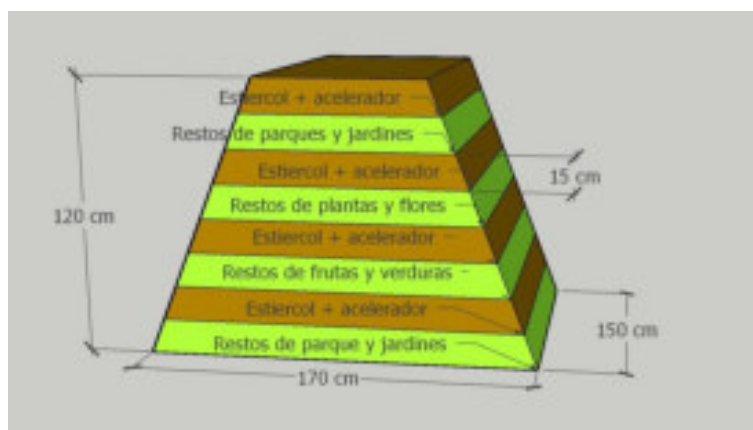


Ilustración 1. Distribución de los residuos por capas en la pila de compostaje

⁷ Se utiliza la fórmula del volumen de un paralelepípedo como medida aproximada del volumen de la pila el cual es Volumen = ancho x largo x alto

En cada pila se colocó un poste en la parte central, para ayudar a la aireación, así como a la eliminación de gases volátiles y olores que se producen durante el proceso de compostaje.

3.5.7. Humedecimiento

El humedecimiento de las pilas se hizo en cada volteo o aireación, para tal efecto se controló la humedad mediante la prueba del puño cerrado, de acuerdo a lo recomendado por Román *et. al.* (2013), para lo cual se debe introducir la mano en la pila, sacar un puñado de material y abrir la mano, el material debe quedar sin deformarse y sin escurrir agua, de lo contrario se debe iniciar el volteo, por otro lado, si el material se deshace en la mano, entonces se debe de añadir agua.

3.5.8. Aireación

A fin de aportar oxígeno a las pilas de compostaje se realizaron volteos cada 15 días aproximadamente, los parámetros para realizar el volteo fueron: temperaturas altas y/o humedad excesiva.

3.6. Parámetros Evaluados Durante el Proceso de Compostaje

La evaluación de parámetros durante el proceso de compostaje fue realizada en campo y en laboratorio, los parámetros evaluados se detallan a continuación:

3.6.1. Temperatura (en ° C)

La temperatura se midió introduciendo el termómetro digital en la pila de compostaje a 20, 30 y 90 cm dos o tres veces a la semana.

3.6.2. Concentración de iones hidrogeno (pH)

El pH se midió utilizando un peachimetro digital de contacto directo, la muestra se extrajo de todo el perfil de la pila de compostaje, para que sea representativa y se depositó en un vaso de plástico descartable, dejándola enfriar para hacer la medición.

3.6.3. Humedad (en %)

Para la medición de la humedad en campo, se usó la técnica del puño cerrado, descrita en el punto anteriormente (ver 3.5.7), con dicha prueba se verifico que las pilas estén en su capacidad de campo.

Cabe señalar que las fechas de medición de los parámetros de temperatura, pH y humedad fueron las mismas.

Los parámetros de proceso que fueron llevados al laboratorio de análisis de suelos del INIA⁸, fueron los siguientes:

3.6.4. Conductividad Eléctrica C.E. (en mS/cm)

La salinidad se determinó mediante la conductividad eléctrica, para lo cual se prepara una suspensión de una mezcla sólido- líquido en la proporción de 1:2.5. Dicho método consiste en pesar 20 g de compost, para luego agregar 50 ml de agua destilada y agitar durante 30 minutos, la medición se hace mediante un conductímetro (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

3.6.5. Humedad (en %)

La humedad se determinó mediante el método gravimétrico, para lo cual se pesa 20 g de compost, para dejarlo secar en una estufa a 105 °C hasta que el peso sea constante. La pérdida en peso (agua) es expresada en porcentaje sobre la base de peso seco de la muestra inicial (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

⁸ El detalle de los métodos de análisis utilizados por el INIA fue extraído del documento “Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego” del Instituto Nacional de Innovacion Agraria - INIA, 2017

3.6.6. Carbono Orgánico (en %)

La cantidad de carbono orgánico, se determina por el método Walkey Black, donde la materia orgánica es oxidada por una mezcla de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4). El exceso de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) es determinado por titulación con sulfato ferroso ($FeSO_4$) usando como indicador el difenil amina sulfúrica, donde el contenido de carbono se obtiene en función al gasto de sulfato ferroso. (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

3.6.7. Materia Orgánica (en %)

La cantidad de materia orgánica se estima, asumiendo que esta contiene el 58 % de carbono, para lo cual se multiplica el porcentaje de carbono orgánico (obtenido en el ítem 3.6.7) por el factor de Van Bemmelen, que es de 1.72 (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

3.6.8. Nitrógeno Total (en %)

El nitrógeno total se determinó mediante el procedimiento Kjeldahl, donde la muestra sufre un proceso de digestión (en presencia de calor) con ácido sulfúrico (H_2SO_4), con lo cual el nitrógeno orgánico es convertido en sulfato de amonio ($(NH_4)_2SO_4$). Luego la solución se alcaliniza con hidróxido de sodio (NaOH), la cual sirve para neutralizar el ácido sulfúrico (H_2SO_4) no utilizado durante la digestión y que el nitrógeno pueda ser liberado en la forma de amoniaco (NH_3), finalmente se destila el NH_3 , el cual es atrapado con una solución de ácido bórico (H_3BO_3) para ser titulada con ácido clorhídrico (HCl) usando como indicador fenolftaleína, donde el contenido de nitrógeno, se estima en función del gasto de HCl. (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

3.6.9. Relación Carbono / Nitrógeno

La relación C/N, se calculó dividiendo el Carbono Orgánico / Nitrógeno Total.

3.6.10. Toma Muestras en el Proceso de Compostaje

La toma de muestras para llevar a laboratorio, se extrajo de 3 puntos distintos de la pila, para lo cual con ayuda de una pala se tomó una cantidad de compost de todo el perfil de la pila de compostaje, luego se aplicó la técnica del cuarteo hasta obtener una muestra representativa de aproximadamente 500 g por tratamiento, para ponerlas en bolsas herméticas ziploc y ser llevadas al laboratorio. Los días que se tomaron las muestras se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 11

Días a los se toma la muestra después de instaladas las pilas compostaje por etapa

Tratamiento	Inicio	Termofílica	Mesofílica 2
T1 (RVA+ ME)	4 días	32 días	64 días
T2 (RVA+BC)	4 días	32 días	64 días
T3 (RVA+VP)	4 días	32 días	94 días
T4 Testigo	4 días	32 días	74 días

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

Los muestreos para el control de proceso en campo se realizaron en horario de mañana entre 10 y 12 del día y se tomaron de dos a tres veces por semana.

3.6.11. Evaluación Estadística de Temperatura y pH en el Proceso de Compostaje

La evaluación estadística en el proceso de compostaje esta descrita en el ítem 3.4 de “Diseño Experimental y Estadístico” y sub ítems.

Asimismo, para la evaluación estadística de la temperatura y pH en las etapas termofílica y mesofílica 2, se ha calculado los promedios de los valores obtenido en la etapa de campo, aplicando a dichos promedios la evaluación.

3.7. Evaluación al Final del Proceso de Compostaje

El proceso terminó cuando las pilas de compostaje se obtuvieron temperaturas cercanas a la ambiental, una vez que se verificó ello se tomó las muestras respectivas para ser llevadas al “Laboratorio de análisis de suelos, aguas y semillas del INIA” para hacer el análisis físico químico y “Laboratorio i+D” para que se realicen los análisis microbiológicos, asimismo los métodos para hacer los análisis se detallan a continuación.

3.7.1. Concentración de iones hidrogeno (pH)

El pH se determinó mediante el método potenciométrico, para lo cual se prepara una suspensión de una mezcla solido/liquido en una proporción 1:2.5. Primero se pesa una muestra de compost de 20 g y se mezcla con 50 ml de agua destilada, para luego agitar la suspensión durante 2 horas, finalmente se midió el pH con un peachimetro (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

3.7.2. Fósforo como P₂O₅ (en %)

El fósforo se determinó por el método de Olsen (modificado), para lo cual se usa como extractante una solución de bicarbonato de sodio (NaHCO₃) de pH 8.5, asimismo para el desarrollo de color se usa una solución de ácido sulfúrico, molibdato de amonio, ácido ascórbico, tartrato de potasio y antimonio. Finalmente, se mide la absorbancia con un espectrofotómetro para determinar mediante una curva de calibración la concentración de fósforo (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

El contenido de fosforo (P) se determina en ppm (mg/L), por lo que es necesario convertirlo a porcentaje de P₂O₅, para ello se multiplica el valor obtenido por 2.29 y se divide entre 10,000 (Instituto Nacional de Innovacion Agraria -INIA, 2017).

3.7.3. Potasio como K₂O (en %)

El potasio es extraído mediante la solución de una sal neutra, la cual es acetato de amonio (NH₄CH₃COOH), para luego determinar su concentración en un espectrofotómetro (Instituto Nacional de Innovación Agraria -INIA, 2017).

El contenido de potasio se expresa en mg/kg, por lo que es necesario convertirlo a porcentaje de K₂O, para ello se multiplica el valor obtenido por 1.20 y se divide entre 10,000 (Instituto Nacional de Innovación Agraria -INIA, 2017).

Los métodos usados por el laboratorio del INIA, para la determinación de los parámetros de salinidad (conductividad eléctrica), porcentaje de humedad, materia orgánica, carbono, nitrógeno total y la relación C/N, son los mismos a los que se desarrollaron en el ítem **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*

3.7.4. Patógenos

- Los coliformes fecales, se determinaron por el método del número más probable (NMP) en caldo Sulfato de Laurilo, Brila y EC.
- La salmonella, se determinó en Agar selectivo *Salmonella – Shiguella*.
- Los huevos de helmintos, se determinaron mediante búsqueda exhaustiva.

3.7.5. Toma Muestras al Final del Compostaje

La toma de muestras fue similar a lo detallado en el ítem 3.6.10 “Toma Muestras en el Proceso de Compostaje”.

3.7.6. Evaluación Estadística de Parámetros de Físicoquímicos del Compost Final

La evaluación estadística de los parámetros físicoquímicos del compost final, esta descrita en el ítem 3.4 de “Diseño Experimental y Estadístico” y sub ítems.

3.7.7. Evaluación de la Calidad de Compost

Los parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad de compost se construyeron en base a los siguientes documentos:

- El manual de la FAO de título *Manual de compostaje del agricultor* cuyos autores son Roman, Martinez y Pantoja, elaborado el año 2013.
- La Norma Chilena 2880:2015 de título *Compost requisitos de calidad y clasificación* del Instituto Nacional de Normalización del año 2015.
- El informe del CEPIS de título *Compostificación de residuos de mercado* de Monge y Cantanhede de año 1993.
- La tesis de la Universidad Agraria de la Molina de título *Elaboración de criterios técnicos de calidad para la producción de compost* cuyos autores son Añaños Vega, Lozano Rossini y Santa Cruz Urdanivia de año 2004.

Con dichos documentos se estableció los valores máximos y mínimos de los parámetros, para la evaluación de la calidad del compost, lo cual se muestra a continuación:

Tabla 12
Parámetros de Evaluación de Calidad de Compost

Parámetro	U.M.	Referencia NCh 2880:2015*	Referencia CEPIS**	Referencia FAO***	Referencia Añaños Vega <i>et. al.</i> (2004)****	Rango de Calidad Final
Humedad	%	30.00 - 45.00	-----	30.00 - 40.00	-----	30.00 - 45.00
pH		5.00 - 8.50	7.50 - 9.00	6.50 - 8.50	-----	5.00 - 8.50
Conductividad Eléctrica	mS/cm	-----	-----	-----	≤ 4.00	≤ 4.00
Materia Orgánica	%	≥ 20.00	25.00 - 50.00	≥ 20.00	≥ 20.00	20.00 - 50.00
Nitrógeno	%	≥ 0,50	0.40 - 3.50	1.00	-----	0.40 - 3.50
Fósforo como P ₂ O ₅	%	-----	0.30 - 3.50	-----	-----	0.30 - 3.50
Potasio como K ₂ O	%	-----	0.50 - 1.80	-----	-----	0.50 - 1.80
Relación C/N	Proporción	≤ 25.00	≤ 20.00	10.00 - 15.00	-----	10.00 - 25.00

Nota. Fuente: Elaboración propia, a partir de las siguientes referencias:

*Referencia correspondiente a Compost requisitos de calidad y clasificación, Instituto Nacional de Normalización (2015)

** Referencia correspondiente a Compostificación de residuos de mercados, Monge *et. al.*, (1993)

*** Referencia correspondiente a Manual de compostaje del agricultor, Roman *et. al.*, (2013)

**** Referencia correspondiente a Elaboración de criterios técnicos de calidad para la producción de compost (2004)

Para la evaluación de los parámetros microbiológicos, con respecto al contenido de patógenos, y asegurar la inocuidad del compost, se usó los límites establecidos en la Norma Chilena 2880:2015, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13
Requisitos Sanitarios Para Compost

Tipo de microorganismo	U.M.	Límite máximo
Coliformes fecales	NMP en 1g	< 1000
<i>Salmonella sp.</i>	NMP en 4 g.	< 3
Huevos de Helminto	en 4 g	< 1

Nota. Fuente: NCh 2880:2015

Finalmente, para evaluar y comparar los tratamientos en función de su calidad, se construyó una matriz donde se valoró cada uno de los parámetros de calidad por tratamiento, calificándose con “uno” a los que cumplieran los rangos establecidos y con “cero” los que no. Asimismo, se determinó los tratamientos que cumplieran con la mayor cantidad de parámetros, los cuales fueron calificados como los de mejor calidad.

3.7.8. Evaluación del Tiempo y Rendimiento

El tiempo de compostaje final se estableció cuando la temperatura de las pilas, estaban cercanas a la ambiental y eran similares en por lo menos 3 mediciones. Por otro lado, el rendimiento se determinó dividiendo el peso inicial de cada pila entre su peso final y multiplicándolo por 100.

Finalmente, para la valoración del tiempo y rendimiento, se estableció que los tratamientos que tuvieran el tiempo de compostaje más bajo se valoraran con “uno” y los más altos con “cero”, asimismo, los tratamientos de rendimiento más alto se valoraron con “uno” y los más bajos con “cero”. Cabe la pena resaltar que no se tiene datos del compost comercial en cuanto a tiempo y rendimiento, por lo cual no se le consideró en dicha valoración.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de parámetros antes del proceso compostaje

Previo al inicio del proceso de compostaje se hicieron analizar los insumos y aceleradores utilizados en el laboratorio del INIA, obteniéndose los siguientes resultados:

4.1.1. Resultados de análisis de la composición química de los insumos utilizados para el proceso de compostaje

Los resultados del análisis de la composición química de los insumos utilizados para el proceso, se muestran en la *Tabla 14*, siendo los más relevantes los siguientes:

- El porcentaje de humedad más alto es de 88.58 % de los restos de frutas y el más bajo es de 7.22 % de los restos de parques y jardines.
- El pH del estiércol es el más alto con un valor de 9.04 y el más bajo es de 5.34 el cual le corresponde a los restos de frutas.
- El valor más alto de conductividad eléctrica es de 12.85 mS/cm de los restos de frutas y el más bajo de 6.35 mS/cm de los restos de parques y jardines.
- El porcentaje de materia orgánica más alto es de 70.43 % de los restos de flores y el más bajo es de 38.57 % del estiércol.
- El porcentaje de nitrógeno más alto es de 3.00 % de los restos de verduras y el más bajo es de 0.66 % del estiércol.
- Con respecto a la relación C/N el valor más alto es de 33.96 del estiércol y el más bajo es de 10.40 de los restos de verduras.
- El porcentaje de fósforo más alto es de 2.85 % del estiércol y el más bajo de 0.62 % de los restos de parques y jardines.

- Finalmente, respecto al porcentaje de potasio el valor más alto es de 3.40 % del estiércol y el más bajo es de 1.50 % de los restos de parques y jardines.

Tabla 14

Resultados de Análisis Fisicoquímico de Insumos Usados en el Proceso de Compostaje

Parámetros	U.M.	Residuos Vegetales				Residuos Animales
		Restos de Verduras	Restos de flores	Restos de Frutas	Restos de Parques y Jardines	Estiércol
Humedad	%	76.59	78.24	88.58	7.22	26.75
Densidad aparente	g/cm ²	0.19	0.16	0.31	0.22	0.27
pH	Sin unidades	5.95	5.66	5.34	6.31	9.04
C.E.	mS/cm	11.50	6.65	12.85	6.35	9.20
Materia Orgánica	%	53.66	70.43	67.08	60.37	38.57
Relación C/N	Proporción	10.40	22.14	16.88	23.72	33.96
C Total	%	31.20	40.95	39.00	35.10	22.42
N Total	%	3.00	1.85	2.31	1.48	0.66
P	%	0.65	0.66	0.91	0.62	2.85
K	%	2.54	2.54	3.14	1.50	3.40

Nota. Donde: pH= Concentración de Iones Hidrógeno; C.E. = Conductividad Eléctrica; C Total = Porcentaje de Carbono Total; N Total = Porcentaje de Nitrógeno Total; P = Porcentaje de Fósforo; K = Porcentaje de Potasio

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 15*, se presentan los resultados de los análisis físico-químicos realizados a los aceleradores, entre los más relevantes tenemos lo siguiente:

- Las vísceras de pescado tienen los contenidos más altos de materia orgánica (67.08 %), nitrógeno (7.90 %), fósforo (4.63 %), potasio (0.90%) y conductividad eléctrica (13.76 mS/cm).
- La bazofia de camal tiene los valores más altos de la relación C/N (14.04) y pH (6.78).

Tabla 15
Resultados de Análisis Físicoquímico de los Aceleradores

Parámetros	U.M.	Vísceras de Pescados	Bazofia de Camal
Humedad	%	66.99	28.22
Densidad aparente	g/cm ²	-----	0.37
pH		6.12	6.78
C.E.	mS/cm	13.76	1.90
Materia Orgánica	%	67.08	21.80
Relación C/N		4.94	14.09
C Total	%	39.00	12.68
N Total	%	7.90	0.90
P	%	4.63	0.72
K	%	0.90	0.40

Nota. Donde: pH= Concentración de Iones Hidrógeno; C.E. = Conductividad Eléctrica; C Total = Porcentaje de Carbono Total; N Total = Porcentaje de Nitrógeno Total; P = Porcentaje de Fósforo; K = Porcentaje de Potasio

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la *Tabla 14* sirvieron para calcular la relación C/N inicial de la mezcla de insumos (ver cálculos en el Anexo 24 y Anexo 25), la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16
Resultado del cálculo de humedad y relación C/N

Tratamientos	Relación C/N	Humedad (en %)
T1 (RVA + ME)	21.63	53.01
T 2 (RVA + BC)	21.63	53.01
T3 (RVA + VP)	21.63	53.01
T4 (RVA)	21.63	53.01

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 3, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4 - testigo, constituido por Restos Vegetales y Animales sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 16*, se puede observar que todos los tratamientos comenzaron con una relación de C/N inicial de 21.63, dicho valor es mayor a 20.00, que de acuerdo a lo mencionado por Stofella y Kahn (2005) es un rango ideal para el inicio del proceso de compostaje.

Asimismo, el porcentaje de humedad inicial es de 53.01 %, dicho valor está dentro del rango establecido para su monitoreo que es de 50.00 % a 60.00 %.

4.2. Parámetros evaluados durante el proceso de compostaje

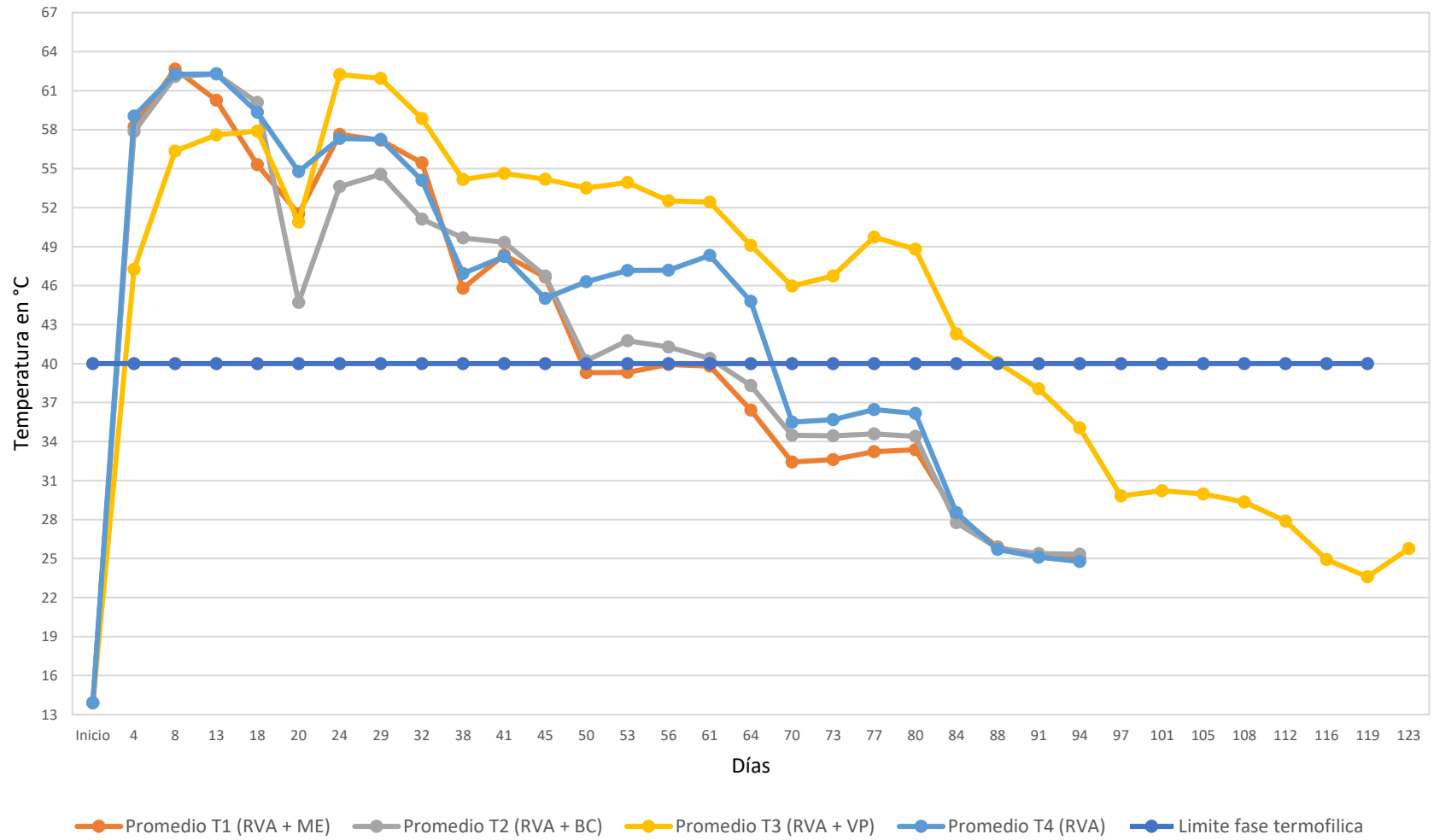
Los parámetros evaluados durante el proceso de compostaje experimental fueron registrados y sometidos a análisis estadístico, cuyos datos nos permitió elaborar las siguientes tablas y figuras para su interpretación respectiva.

4.2.1. Variación de la temperatura en el proceso de compostaje

En la Figura 2, podemos ver que a los 4 días de iniciado el proceso se alcanzó la fase termofílica, siendo los tratamientos T1 (microorganismos efectivos), T2 (bazofia de camal) y T4 (Testigo), los que alcanzaron los valores más altos con temperaturas de 58.22 °C, 57.84 °C y 59.04 °C respectivamente, frente al T3 (RVA+VP) que alcanzo la temperatura más baja con un valor de 47.24 °C.

Finalmente, todos los tratamientos lograron una temperatura mayor a los 55 °C, por un lapso de tiempo mayor a 14 días, cumpliendo con lo dispuesto para eliminar patógenos, lo que se corroborara con los análisis microbiológicos respectivos al final del proceso.

Figura 2. Evolución de la temperatura promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje



Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Análisis de la variación de la temperatura en la fase termofílica

Según el análisis de varianza de la temperatura en la fase termofílica (ver Anexo 1), se ha encontrado que hay diferencia significativa entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 0.98 % la cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 17

Comparación de la temperatura promedio por tratamientos usando diferentes aceleradores en la fase termofílica

Tratamiento	Temperatura Promedio en °C	Nivel de Significancia al 5%	Tiempo de Duración de la Fase (en días)
T1 (RVA+ ME)	54.46	a	41
T4 (RVA)	52.52	b	60
T3 (RVA+VP)	52.32	b	84
T2 (RVA+BC)	50.38	c	57

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 3, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4 - testigo, constituido por Restos Vegetales y Animales sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

* CV: 0.98%

La *Tabla 17* muestra el promedio de temperaturas en la fase termofílica, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose por lo tanto la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T1 (microorganismos eficientes) obtiene una temperatura de 54.46 °C, el mayor valor y la significancia con los demás tratamientos, demostrando que en este los microorganismos termófilos están en mayor actividad de descomposición de la materia orgánica. Por otro lado, la menor temperatura es para el tratamiento T2 (bazofia de camal) con 50.38°C. Asimismo, comparando el comportamiento de los aceleradores respecto al testigo

(T4), observamos que los microorganismos eficientes fueron superiores estadística y numéricamente, lo contrario a la bazonia de camal que fue inferior.

Con respecto a los días que duró la fase termofílica, observamos que el tratamiento T1 (microorganismos eficientes) con 41 días fue el de menor duración y el más eficiente en cuanto a la descomposición de la materia orgánica, asimismo, el tratamiento T3 (vísceras de pescado) con 84 días fue el de mayor duración y menos eficiente.

4.2.3. Análisis de la variación de la temperatura en la Fase Mesofílica 2

Según el análisis de varianza de la temperatura en la fase mesofílica 2 (ver Anexo 2), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 2.09 % la cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 18

Comparación de temperaturas promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores en la fase mesofílica 2

Tratamiento	Temperatura Promedio (en °C)	Nivel de Significancia al 5%	Tiempo de Duración de la Fase (en días)
T1 (RVA+ ME)	33.13	a	49
T2 (RVA+BC)	31.17	b	32
T4 (RVA)	30.99	b	30
T3 (RVA+VP)	29.72	c	35

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazonia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador.

Fuente: Elaboración propia

* CV: 2.09 %

La *Tabla 18* muestra el promedio de temperaturas en la fase mesofílica 2. En dicha tabla se evidencia diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose por lo tanto la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T1 (microorganismos eficientes) obtiene una temperatura de 33.13 °C, el mayor valor y la significancia con los demás tratamientos, lo cual demuestra que la acción de los microorganismos mesófilos, para la estabilización de la materia orgánica fue menos eficiente, contrario al tratamiento 3 (vísceras de pescado) que obtuvo la menor temperatura con 29.72 °C, siendo este el más eficiente. Asimismo, comparando el comportamiento de los aceleradores con respecto al testigo (T4), observamos que las vísceras de pescado fueron inferiores numéricamente, no obstante, fueron los más eficientes en cuanto a la acción de los microorganismos.

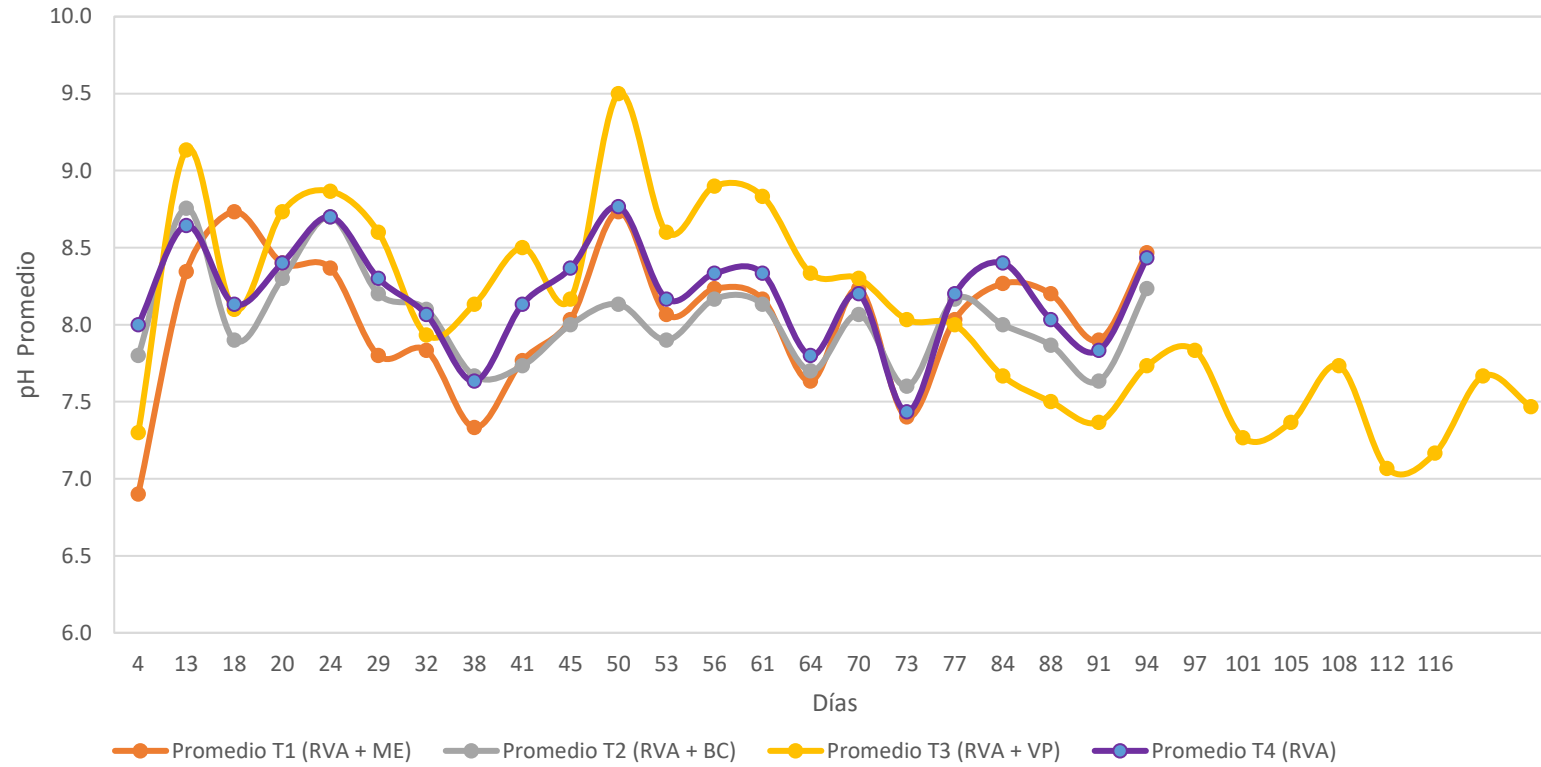
Con respecto a los días que duró la fase mesofílica 2, observamos que el tratamiento T4 (testigo) con 30 días fue el de menor duración, asimismo el T1 con 49 días, fue el de mayor duración.

4.2.4. Variación Temporal del pH en el Proceso de Compostaje

En la Figura 3, se muestra la evolución del pH durante el proceso de compostaje, siendo los resultados más resaltantes los siguientes:

- A los 4 días de iniciado el proceso se tuvo valores de pH variados, siendo el tratamiento T1 (microorganismos eficientes) con 6.90 el más bajo y el tratamiento T4 (testigo) con 8.00 el más alto.
- A lo largo del proceso el tratamiento T3 (vísceras de pescado) fue el de valores más altos hasta el día 73, después de ello, hasta culminado el mismo fue el de valores más bajos.
- Al final del proceso el tratamiento T3 (vísceras de pescado) con un pH de 7.47, fue el de valor más bajo y el T1 con un valor de 8.47 el más alto.

Figura 3. Evolución del pH promedio por tratamiento durante el proceso de compostaje



Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Análisis de la evolución del pH en la Fase Termofílica

Según el análisis de varianza del pH en la fase termofílica (ver Anexo 3), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 1.27 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 19
Comparación de pH promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores en la fase termofílica

Tratamiento	pH Promedio	Nivel de Significancia al 5%
T3 (RVA+VP)	8.36	a
T4 (RVA)	8.25	a b
T2 (RVA+BC)	8.11	b
T1 (RVA+ ME)	7.95	c

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 1.27 %

La *Tabla 19* muestra el promedio del pH en la fase termofílica, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose por lo tanto la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T3 (vísceras de pescado) obtiene un pH de 8.36 el más alto y es igual estadísticamente al tratamiento T4 (testigo), por otro lado, el tratamiento T1 (microorganismos eficientes) obtiene un pH de 7.95, el valor más bajo y la diferencia significativa con los demás tratamientos. Asimismo, comparando el comportamiento de los aceleradores con el testigo (T4), observamos que el T3 (vísceras de pescado) fue superior numéricamente mas no

estadísticamente, lo contrario al tratamiento T1 (microorganismos eficientes) que fue inferior numéricamente y estadísticamente.

Con respecto a los valores obtenidos estos corroboran lo mencionado por Román *et.al.* (2013), respecto a que el pH depende de los materiales de origen. En ese sentido las vísceras de pescado (T3) tienen el contenido más alto de nitrógeno, originando la formación de amoníaco y que el medio se alcalinice. Por otro lado, el pH de los microorganismos efectivos (T1) es de 4.00, lo que también podría influir en el proceso, creando condiciones para que no se volatilice el nitrógeno en forma de amoníaco y que el pH de este sea el más bajo de los tratamientos.

Finalmente, el pH de los tratamientos está dentro del rango establecido para su monitoreo (6.00 a 8.50).

4.2.6. Análisis de la evolución del pH en la Fase Mesofílica 2

Según el análisis de varianza del pH evaluado en la fase termofílica (ver Anexo 4), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 1.23 % la cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 20

Comparación del pH promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores en la fase mesofílica 2

Tratamiento	pH Promedio	Nivel de Significancia al 5%
T1 (RVA+ ME)	8.11	a
T4 (RVA)	8.08	a b
T2 (RVA+BC)	7.91	b
T3 (RVA+VP)	7.47	c

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 1.23 %

La *Tabla 20*, muestra el promedio del pH en la fase mesofílica 2, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose por lo tanto la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T1 (microorganismos eficientes) obtiene un pH de 8.11 el más alto y es igual estadísticamente que el tratamiento T4 (testigo), por otro lado, el tratamiento T3 (vísceras de pescado) obtiene un pH de 7.47, es el valor más bajo y la diferencia significativas con los demás tratamientos. Asimismo, comparando respecto al testigo (T4), observamos que el T1 es superior numéricamente pero no estadísticamente, lo contrario al T3 (vísceras de pescado) que es inferior numéricamente y estadísticamente.

Finalmente, los valores del pH están dentro del rango recomendado establecido para su monitoreo (6.5 a 8.5), para un compost maduro, no obstante, un pH ideal es de 6.5 a 7.5, por lo que el tratamiento T3 (vísceras de pescado) se acercaría más a este rango.

4.2.7. Variación de la Salinidad (C.E.) en el Proceso de Compostaje

Los resultados del análisis de la variación de la conductividad eléctrica a los 4 días de inicio, fase termofílica y fase mesofílica 2 se muestran en la siguiente tabla y figura:

Tabla 21

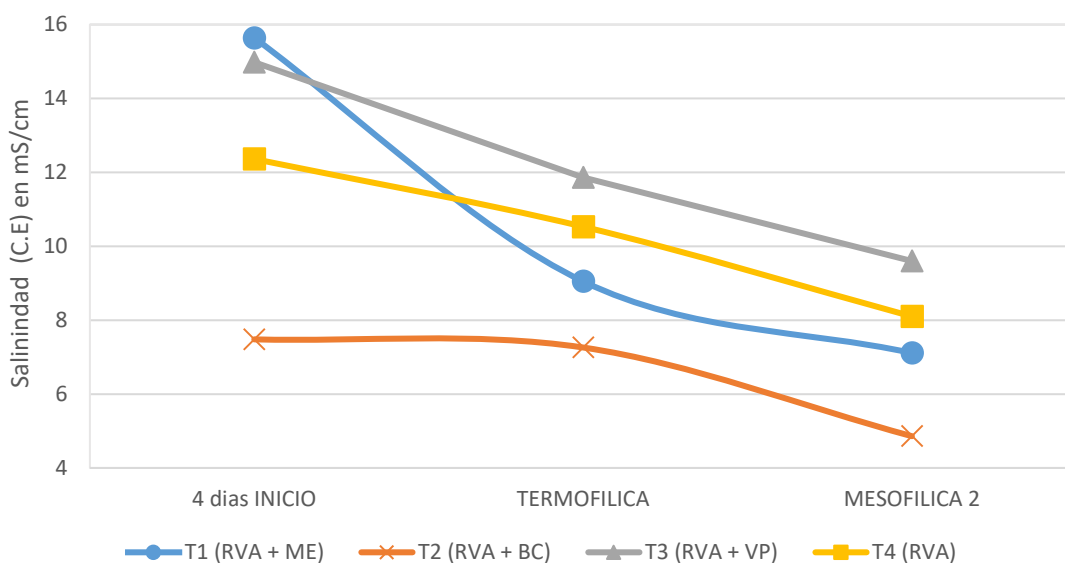
Comparación de Salinidad (C.E.) promedio por tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso, en la fase termofílica y mesofílica 2

Tratamiento	4 Días de Inicio (en mS/cm)	Termofílica (en mS/cm)	Mesofílica 2 (en mS/cm)
T1 (RVA+ ME)	15.64	9.05	7.11
T2 (RVA+BC)	7.48	7.26	4.86
T3 (RVA+VP)	14.98	11.86	9.60
T4 (RVA)	12.36	10.53	8.10

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Evaluación del promedio de salinidad (C.E.) entre tratamientos a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas, termofílica y mesofílica 2



Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4** y **Tabla 21** se observa que a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje el tratamiento T2 (bazofia de camal) obtiene una conductividad eléctrica de 7.48 mS/cm siendo el del registro más bajo, contrario al tratamiento T1 (microorganismos eficientes) que con 15.64 mS/cm es el registro más alto. Asimismo, en la fase mesofílica 2 el tratamiento T2 (bazofia de

camal) con 4.86 mS/cm obtiene el registro más bajo y el tratamiento T3 (vísceras de pescado) con 9.60 mS/cm es el del registro más alto.

Finalmente, se observa que la conductividad eléctrica en todos los tratamientos disminuyó durante el proceso, siendo el tratamiento T1 (microorganismos eficientes) el que tuvo una gradiente de disminución más notoria. Lo que corrobora, lo mencionado por Bueno *et. al.* (2011), respecto a que la disminución de la conductividad eléctrica se puede explicar por la adición de agua a las pilas de compostaje para el control de humedad, ocasionando el lavado de las pilas y la dilución de las sales en forma de lixiviados, dichos resultados también concuerdan con lo obtenido por Kimura (2005) y Suni (2018).

4.2.8. Variación del Porcentaje de Humedad en el Proceso de Compostaje

Los resultados del análisis de variación del porcentaje de humedad a los 4 días de inicio, fase termofílica y fase mesofílica 2, se muestran en la siguiente tabla y figura:

Tabla 22

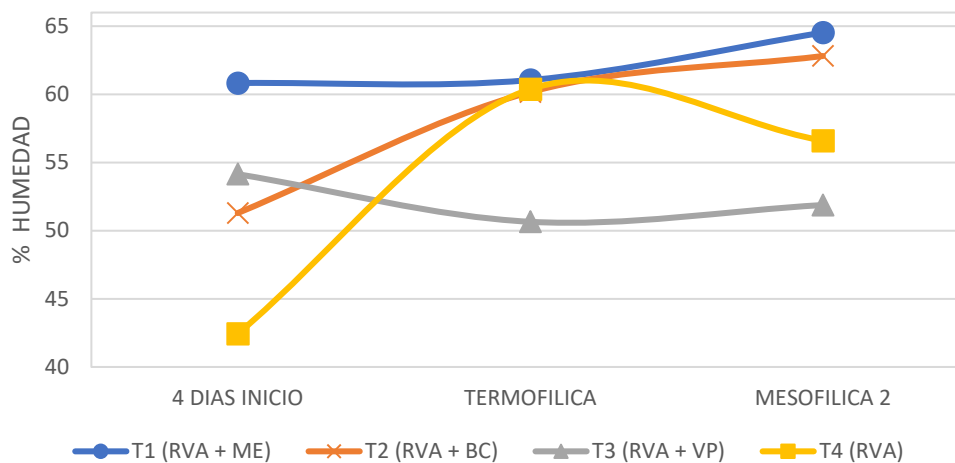
Comparación del porcentaje de humedad promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2

Tratamiento	4 Días de Inicio (en %)	Termofílica (en %)	Mesofílica 2 (en %)
T1 (RVA+ ME)	60.83	61.05	64.53
T2 (RVA+BC)	51.29	60.17	62.81
T3 (RVA+VP)	54.14	50.65	51.88
T4 (RVA)	42.43	60.38	56.60

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Evaluación del porcentaje de humedad promedio entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas, termofílica y mesofílica 2



Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 5** y *Tabla 22* se observa el control de la humedad durante proceso de compostaje, el rango de humedad en la fase termofílica y mesofílica 2 se trató de mantener en un rango de 40.00% a 80.00 % rango establecido para su monitoreo (ver *Tabla 1*).

4.2.9. Variación del Porcentaje de Nitrógeno Total en el Proceso de Compostaje

Los resultados del análisis de variación del porcentaje de nitrógeno total a los 4 días de inicio, fase termofílica y fase mesofílica 2, se muestran en la siguiente tabla y figura:

Tabla 23

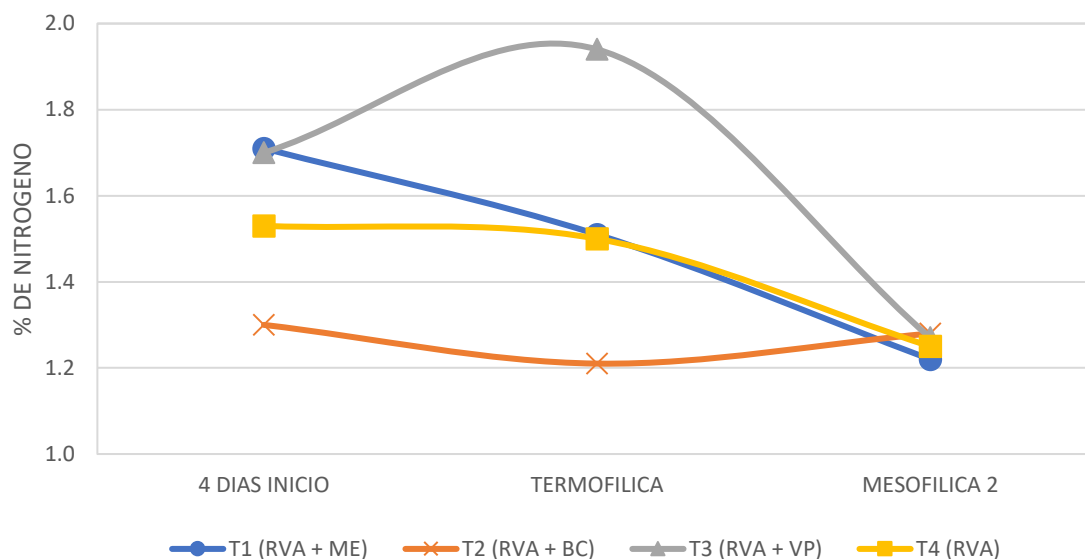
Comparación del porcentaje de nitrógeno promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2

Tratamiento	4 Días de Inicio (en %)	Termofílica (en %)	Mesofílica 2 (en %)
T1 (RVA+ ME)	1.71	1.51	1.22
T2 (RVA+BC)	1.30	1.21	1.28
T3 (RVA+VP)	1.70	1.94	1.27
T4 (RVA)	1.53	1.50	1.25

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Evaluación del porcentaje de nitrógeno entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas termofílica y mesofílica 2



Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 6** y *Tabla 23* se observa que a los 4 días de iniciado el proceso, el tratamiento T2 (bazofia de camal) obtiene un contenido de nitrógeno promedio de 1.30 % siendo el registro más bajo, contrario al tratamiento T1 (microorganismos eficientes) que con 1.71 es el registro más alto. Asimismo, en la fase mesofílica 2 el registro más alto es del T2 (bazofia de camal) con 1.28 % y el más bajo es del tratamiento 1 (microorganismos eficientes) con 1.22 %.

Se observa también que el contenido de nitrógeno en todos los tratamientos disminuye durante el proceso, debido a la conversión del nitrógeno en amoníaco, lo que corrobora lo mencionado por Stofella y Kahn (2005), asimismo concuerdan con lo obtenido por Suni (2018) y De la Cruz (2018). Finalmente, los valores obtenidos están dentro del rango establecido para su monitoreo (1.00 a 2.00 %) en las fases mesofílica y termofílica.

4.2.10. Variación del Porcentaje de Carbono en el Proceso de Compostaje

Los resultados del análisis de variación del porcentaje de carbono total a los 4 días de inicio, fase termofílica y fase mesofílica 2, se muestran en la siguiente tabla y figura:

Tabla 24

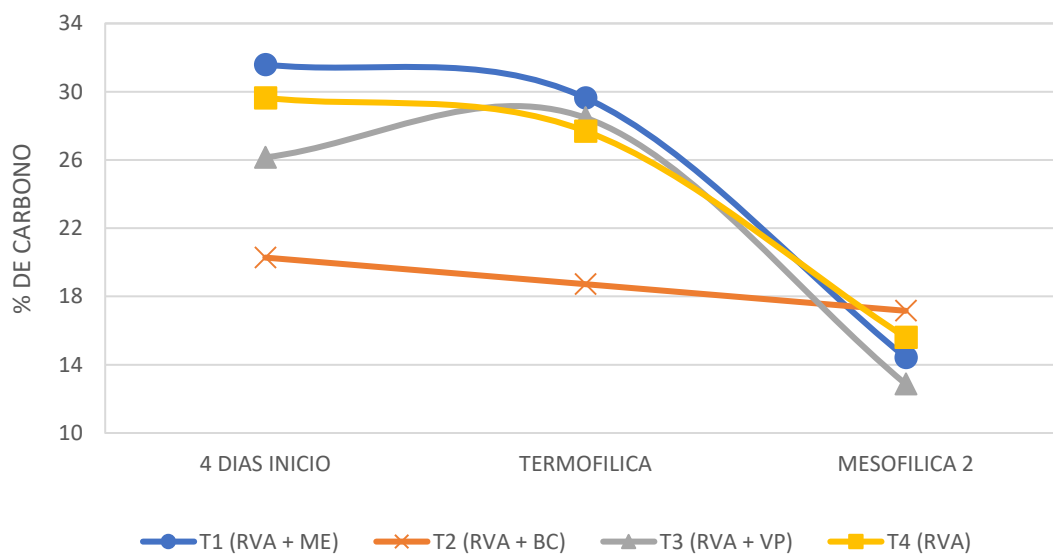
Comparación del porcentaje de carbono promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2

Tratamiento	4 Días de Inicio (en %)	Termofílica (en %)	Mesofílica 2 (en %)
T1 (RVA+ ME)	31.59	29.64	14.43
T2 (RVA+BC)	20.28	18.72	17.16
T3 (RVA+VP)	26.15	28.47	12.87
T4 (RVA)	29.64	27.69	15.60

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Evaluación del porcentaje de carbono entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas termofílica y mesofílica 2



Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 24* y **Figura 7** se puede observar el descenso del porcentaje de carbono en los tratamientos con respecto a su valor inicial, lo que se explica debió a las pérdidas del carbono en forma de CO₂ por la descomposición de los microorganismos, esto corrobora lo señalado

por Stofella y Kahn (2005) y Roman *et. al.*, (2013), asimismo concuerda con los resultados obtenidos por Suni (2018).

4.2.11. Variación de la Relación C/N en el Proceso de Compostaje

Los resultados del análisis de la variación de la relación C/N a los 4 días de inicio, fase termofílica y fase mesofílica 2, se muestran en la siguiente tabla y figura:

Tabla 25

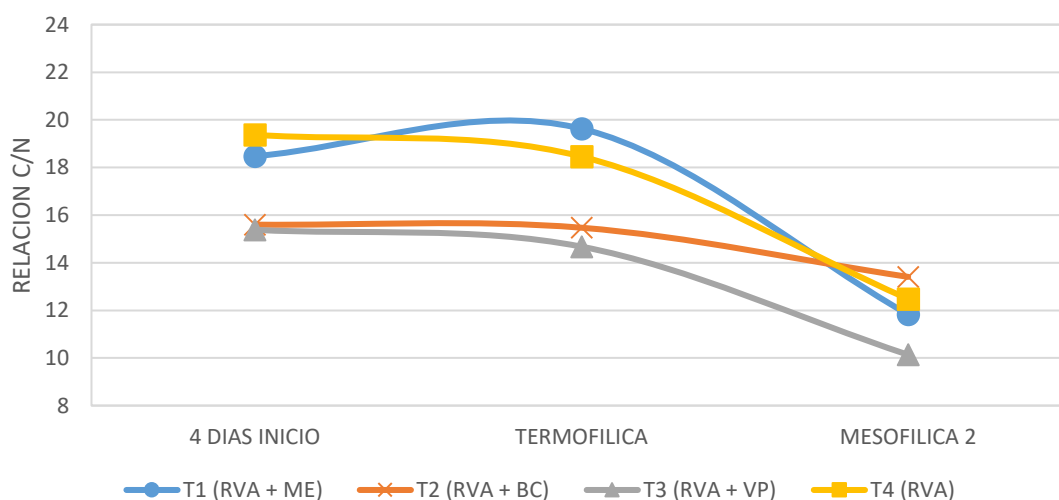
Comparación de la relación C/N promedio entre tratamientos usando diferentes aceleradores a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje, en la fase termofílica y mesofílica 2

Tratamiento	4 Días de Inicio	Termofílica	Mesofílica 2
T1 (RVA+ ME)	18.47	19.63	11.83
T2 (RVA+BC)	15.60	15.47	13.41
T3 (RVA+VP)	15.38	14.68	10.13
T4 (RVA)	19.37	18.46	12.48

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Evaluación de la relación C/N entre tratamientos, a los 4 días de iniciado el proceso de compostaje y en las etapas termofílica y mesofílica 2



Fuente: Elaboración Propia

En la *Tabla 25* y **Figura 8** se puede observar que la relación C/N va disminuyendo en las diferentes etapas del proceso de compostaje, lo que concuerda con lo señalado por Stofella y Kahn (2005) y Roman *et. al.*, (2013), que mencionan que ello se debe a la disminución del carbono en forma de CO₂ y del nitrógeno por acción de los microorganismos, asimismo esto concuerda con los resultados de De Kimura (2005), la Cruz (2018) y Suni (2018).

La relación C/N de los tratamientos están dentro de los rangos establecidos para su monitoreo (15.00 a 20.00 en la fase termofílica y en la fase mesofílica 2 de 10.00 a 30.00)

4.3. Parámetros Evaluados del Compost Final

Los parámetros evaluados al final del proceso de compostaje fueron registrados y sometidos a análisis estadístico, cuyos datos nos permitió elaborar las siguientes tablas y figuras para su interpretación respectiva.

4.3.1. pH

Según el análisis de varianza del pH del compost final (ver Anexo 5), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 1.14 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 26

Comparación del pH promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

Tratamiento	pH Promedio	Nivel de Significancia al 5%
T4 (RVA)	8.68	a
T1 (RVA + ME)	8.42	b
T3 (RVA + VP)	8.32	b
T2 (RVA + BC)	7.93	c

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

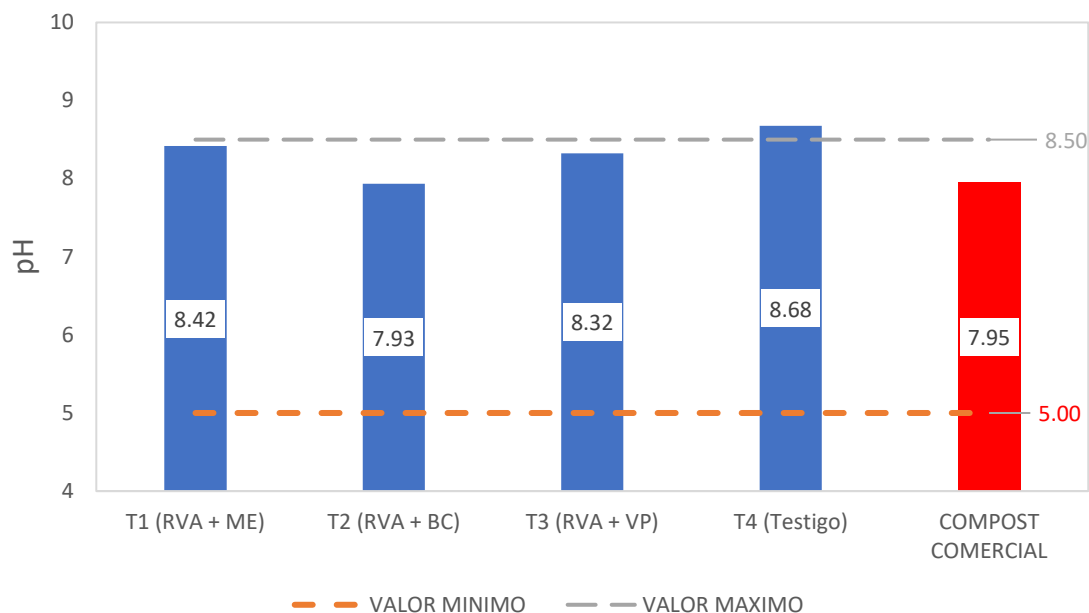
Fuente: Elaboración propia

CV: 1.14%

La *Tabla 26*, muestra el promedio del pH del compost final, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose por lo tanto la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T2 (vísceras de pescado) con un registro de 7.93, es el más óptimo para obtener un pH más bajo en el compost, superando estadísticamente a los demás tratamientos, comparando el comportamiento de los aceleradores respecto al testigo (T4), se observa que todos son inferiores numéricamente y estadísticamente para obtener un pH más bajo.

Con respecto a los valores obtenidos estos corroboran lo mencionado por Román *et. al.* (2013), respecto a que el pH en el compost final, depende de los insumos de origen. En ese sentido, el valor obtenido en el tratamiento T4 (testigo) puede explicarse ya que este tiene el mayor porcentaje de estiércol, cuyo pH es de 9.04, que es el más alto de todos los insumos. Asimismo, el valor del pH del tratamiento 3 puede explicarse por el alto contenido de nitrógeno de las vísceras de pescado, lo cual origina la formación de amoniaco y la alcalinización del compost, a pesar de que este acelerador es el que tiene el pH más bajo con un valor de 6.12. Finalmente, el valor del pH de los tratamientos T1 (microorganismos eficaces) y T2 (bazofia de camal), estuvieron influenciados por la acción de sus aceleradores.

Figura 9. pH Promedio por Tratamiento vs Parámetros de Calidad

Nota: Donde: Valor mínimo = Valor mínimo de calidad para el pH, que es de 5.00; Valor máximo = Valor máximo de calidad para el pH, que es de 8.50. Tomado de Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 9** se muestra el pH promedio por tratamiento versus el valor máximo y mínimo de calidad establecidos. Asimismo, se puede observar que el tratamiento T4 (testigo), es el único que está fuera de dicho rango. Por otro lado, comparando el pH de los tratamientos con el del compost comercial, cuyo valor es de 7.95, se observa que este tiene un pH más óptimo al de los tratamientos T1 (microorganismos eficientes) y T3 (vísceras de pescado).

Finalmente, respecto al pH obtenido en el compost y su uso como abono para plantas, Stofella y Kahn (2005) menciona que “una acidez o una alcalinidad excesivas pueden dañar a las raíces de las plantas, inhibir el desarrollo de las mismas, así como su crecimiento” (p. 108), por lo que el uso del compost obtenido en el tratamiento T4 (testigo), podría causar daño a las plantas, siendo necesario bajar su pH mezclándolo con otros abonos o sustratos.

4.3.2. Salinidad (Conductividad Eléctrica)

Según el análisis de varianza de la C.E. evaluado del compost final (ver Anexo 6), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques,

asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 7.50 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 27

Comparación de la C.E. promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

Tratamiento	C.E. Promedio (en mS/cm)	Nivel de Significancia al 5%
T3 (RVA + VP)	8,41	a
T4 (RVA)	7,67	a
T1 (RVA + ME)	4,82	b
T2 (RVA + BC)	4,26	b

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 7.50%

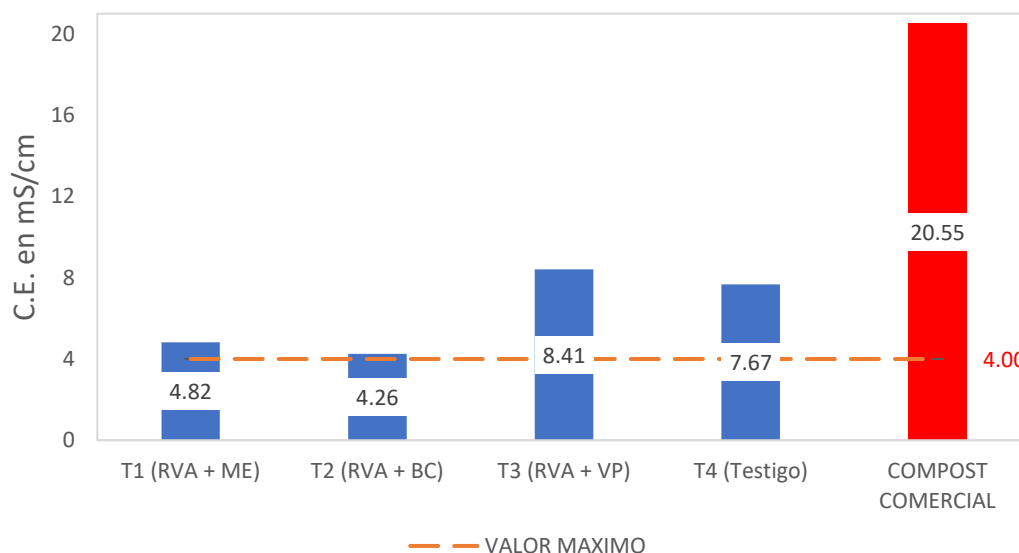
La *Tabla 27*, muestra el promedio de la conductividad eléctrica del compost final, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose por lo tanto la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

Los tratamientos T1 (microorganismos eficientes) y T2 (bazofia de camal) con registros de 4.82 mS/cm y 4.26 mS/cm respectivamente, son los más óptimos para obtener valores de conductividad eléctrica más bajos, superando estadísticamente a los demás tratamientos, inclusive al testigo (T4).

Entonces, como la conductividad eléctrica depende de los aceleradores utilizados en los tratamientos, el valor obtenido en el tratamiento T3 puede explicarse ya que las vísceras de pescado tienen la conductividad eléctrica más alta, con un valor de 13.76 mS/cm, caso contrario del tratamiento T2 (bazofia de camal) cuyo acelerador tiene la conductividad eléctrica más baja, con un valor de 1.90 mS/cm. También se puede inferir que los microorganismos eficientes

ejercen influencia en la conductividad eléctrica del tratamiento T1, ya que este a pesar de tener la misma composición que el tratamiento T4 (testigo) ha registrado un valor más bajo.

Figura 10. C.E. Promedio por Tratamiento vs Parámetros de Calidad



Nota: Donde: Valor máximo = Valor máximo de calidad para la conductividad eléctrica, que es de 4.00 mS/cm. Tomado de Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 10** se puede observar que todos los tratamientos exceden el valor máximo de calidad establecido, siendo el compost comercial el que tiene la conductividad eléctrica más alta, con un valor de 20.55 mS/cm.

Sobre el uso del compost como abono orgánico y la salinidad Stofella y Kahn (2005) mencionan que “los contenidos altos de sales de un compost afectan la germinación de las semillas y al estado sanitario de las raíces. (p.107), por otro lado, Sánchez *et. al.*, (1997) citado por Kimura (2005) menciona que. “La alta salinidad no es tan importante cuando se utiliza como abono orgánico, por que al mezclarlo con el suelo se diluye la salinidad” (p.74). Por lo tanto el compost producido debe ser mezclado antes de su uso, para lo cual hay que tener en cuenta la sensibilidad y tolerancia de la planta a la salinidad. En ese sentido el compost

comercial podría usarse en menor proporción que los obtenidos con los aceleradores y debería mezclarse con una mayor proporción de suelos, para diluir sus altos contenidos de sales.

4.3.3. Humedad (en %)

Según el análisis de varianza del porcentaje de humedad evaluado en el compost final (ver Anexo 7), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 8.79 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 28

Comparación del % de humedad promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

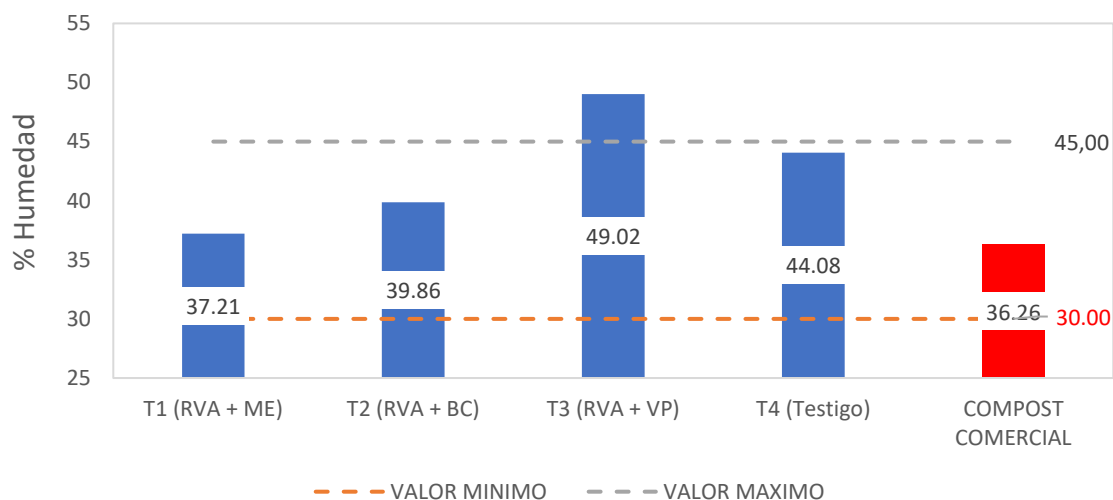
Tratamiento	Humedad Promedio (en %)	Nivel de Significancia al 5%
T3 (RVA + VP)	49,02	a
T4 (RVA)	44,08	a b
T2 (RVA + BC)	39,86	b
T1 (RVA + ME)	37,21	b

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 8.79 %

En la *Tabla 28*, se puede observar que el tratamiento T1 (microorganismos eficientes) con una humedad de 37.21 % es el de registro más bajo, contrario al tratamiento T3 (vísceras de pescado) con 49.02 % que tiene el registro más alto.

Figura 11. Porcentaje de Humedad Promedio por Tratamiento vs Parámetros de Calidad

Nota: Donde: Valor máximo = Valor máximo de calidad para la humedad, que es de 45.00 %; Valor mínimo = Valor mínimo de calidad para la humedad, que es de 30.00%. Tomado de Tabla 12.
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 11** se puede observar que el tratamiento T3 (vísceras de pescado) es el único con un registro de humedad por encima del valor máximo de calidad establecido, contrario a la humedad del compost comercial que se encuentra dentro del rango. Al respecto Kimura (2005) menciona que “la alta humedad del compost obtenido puede corregirse dejándolos más tiempo al aire y/o extendiéndolo en el suelo para facilitar su secado” (p.73).

4.3.4. Porcentaje de Materia Orgánica (% M.O.)

Según el análisis de varianza del porcentaje de materia orgánica evaluado en el compost final (ver Anexo 8), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos más no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 18.02 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 29

Comparación del % de materia orgánica promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

Tratamiento	Materia Orgánica Promedio (En %)	Nivel de Significancia al 5%
T3 (RVA + VP)	24.37	a
T4 (RVA)	18.11	a b
T2 (RVA + BC)	15.65	b
T1 (RVA + ME)	12.30	b

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 18.02 %

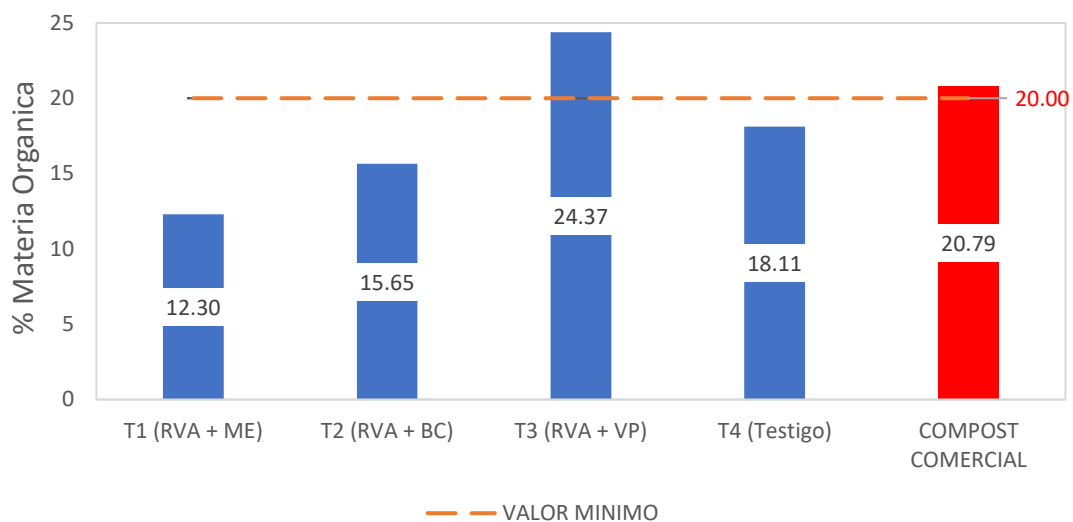
La Tabla 29, muestra el contenido promedio de materia orgánica (en %) del compost final, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T3 (vísceras de pescado) con un contenido de materia orgánica de 24.37% y el tratamiento T4 (testigo) con 18.11 %, son los más óptimos para obtener un mayor contenido de materia orgánica, superando estadísticamente a los demás tratamientos. Asimismo, comparando el comportamiento de los aceleradores respecto al testigo (T4), observamos que las vísceras de pescado (T3) fue superior numéricamente, contrario a la bazofia de camal (T2) y microorganismos eficientes (T1).

Entonces, debido a que el contenido de materia orgánica en el compost final, se atribuye al aporte de materia orgánica de los aceleradores y/o al efecto del mismo en el proceso de descomposición del mismo, el valor obtenido en el tratamiento T3, valor más alto, se puede explicar debido que a el acelerador vísceras de pescado tiene el contenido más alto de materia orgánica, con un valor de 67.08 %, asimismo el contenido más bajo, le corresponde a la bazofia de camal con un valor de 21.80 %. Por otro lado, el valor obtenido en el tratamiento T1, valor más bajo, se puede explicar debido a que probablemente el tiempo de duración de la etapa

mesofílica 2, fue mayor en dicho tratamiento, originando que los microorganismos descompongan en mayor cantidad la materia orgánica hasta su estabilización.

Figura 12. Porcentaje de Materia Orgánica Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad



Nota: Donde: Valor mínimo = Valor mínimo de calidad para el contenido de materia orgánica, que es de 20.00%. Tomado de Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 12** se observa que el tratamiento T3 (vísceras de pescado) y el compost comercial, son los únicos que superan el valor mínimo de calidad establecido. El contenido de materia orgánica es un factor importante para el uso del compost como abono orgánico, debido a que en la materia orgánica se encuentran los nutrientes necesarios para el desarrollo y crecimiento de las plantas.

4.3.5. Porcentaje de Nitrógeno Total (% N)

Según el análisis de varianza del porcentaje de nitrógeno total evaluado en el compost final (ver Anexo 9), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 5.61 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 30

Comparación del % de materia orgánica promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

Tratamiento	Nitrógeno Total Promedio (En %)	Nivel de Significancia al 5%
T3 (RVA + VP)	1.20	a
T4 (RVA)	0.92	b
T2 (RVA + BC)	0.75	c
T1 (RVA + ME)	0.71	c

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 5.61%

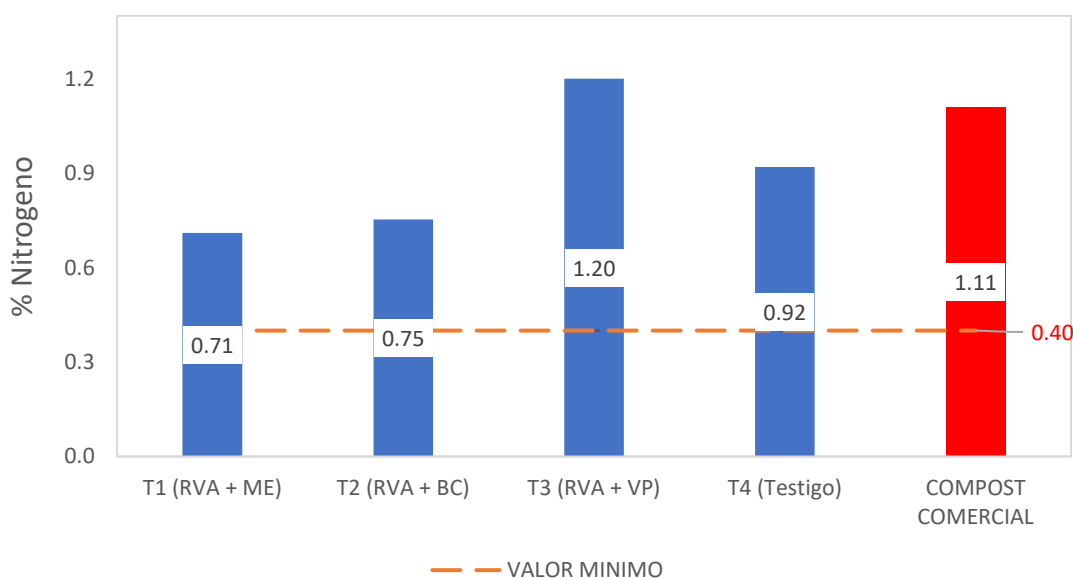
En la *Tabla 30*, muestra el contenido promedio de nitrógeno (en %) del compost final, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos, demostrándose la influencia de los aceleradores en dicho parámetro, lo cual corrobora lo mencionado por Stofella y Kahn (2005) que menciona que “las concentraciones de nitrógeno total del compost pueden variar sustancialmente según la materia prima, las condiciones de procesado, maduración y almacenaje” (p. 104)

El tratamiento T3 (vísceras de pescado) con un contenido de nitrógeno de 1.20%, es el más óptimo para obtener nitrógeno, superando estadísticamente a los demás tratamientos. Asimismo, comparando el comportamiento de los aceleradores respecto al testigo (T4), observamos que las vísceras de pescado (T3), fue superior numéricamente y estadísticamente, contrario a la bazofia de camal (T2) y microorganismos eficientes (T1).

Entonces debido a que el contenido de nitrógeno en el compost final se atribuye al aporte de nitrógeno de los aceleradores y/o al efecto de los mismos en el proceso de descomposición, por lo que el valor obtenido en el tratamiento T3, registro más alto, se puede explicar debido a que el acelerador, vísceras de pescado tiene el contenido más alto de nitrógeno, el cual es de 7.90 %, asimismo, el contenido más bajo le corresponde a la bazofia de camal con un valor de

0.90 %. Por otro lado, el valor obtenido en el tratamiento T1, valor más bajo, se puede explicar debido a que probablemente el tiempo de duración de la etapa mesofílica 2, fue mayor en dicho tratamiento, originando que los microorganismos descompongan en mayor cantidad el nitrógeno.

Figura 13. Porcentaje de Nitrógeno Total Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad



Nota: Donde: Valor mínimo = Valor mínimo de calidad para el contenido de nitrógeno, que es de 20.00%. Tomado de Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 13** se puede observar que todos los tratamientos estuvieron por encima del valor mínimo de calidad establecido, asimismo en comparación con el compost comercial solo es superado por el T3 (vísceras de pescado).

Con respecto al uso del compost en relación al contenido de nitrógeno, Román *et. al.* (2013), menciona que “un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también para la absorción de los otros nutrientes” (p. 36), por lo que el tratamiento T3 (vísceras de pescado) y el compost comercial estarían aportando una buena cantidad de nitrógeno a la planta y por ende ayudando a su crecimiento.

4.3.6. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Según el análisis de varianza de la relación C/N evaluado en el compost final (ver Anexo 10), se ha encontrado que no hay diferencias significativas entre tratamientos ni entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 17.74 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 31

Comparación de la relación C/N promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

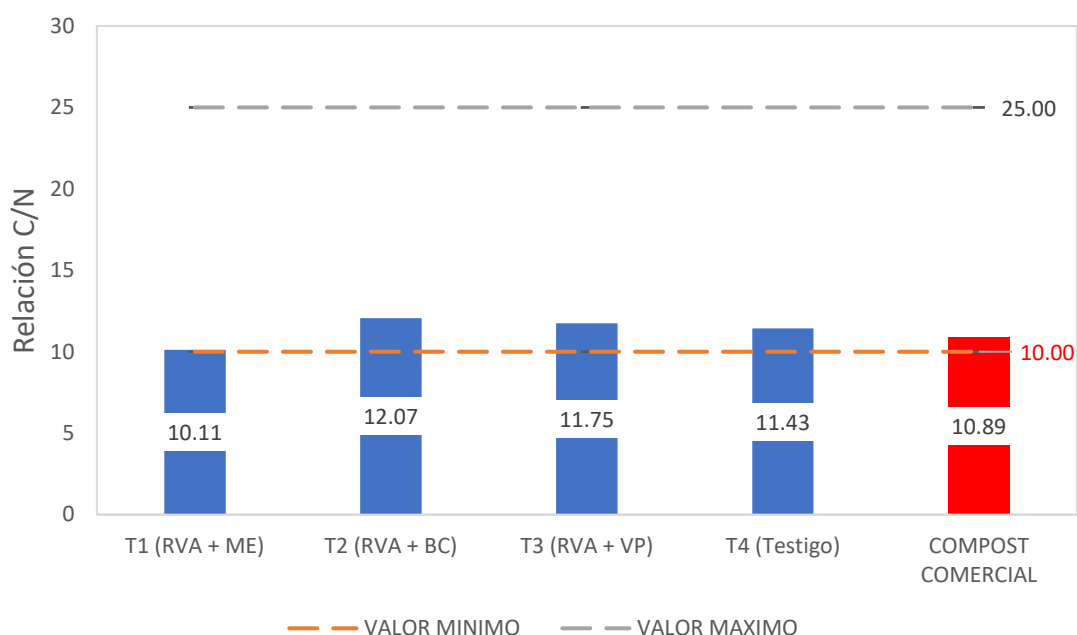
Tratamiento	Relación C/N Promedio	Nivel De Significancia al 5%
T2 (RVA + BC)	12.07	a
T3 (RVA + VP)	11.75	a
T4 (RVA)	11.43	a
T1 (RVA + ME)	10.11	a

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 17.74%

En la Tabla 31 se observa que el tratamiento T2 (bazofia de camal) con 12.07, obtiene el registro más alto de C/N más alta y el valor más bajo le corresponde al tratamiento T1 (microorganismos eficientes) con 10.11.

Figura 14. Relación C/N Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad

Nota: Donde: Valor mínimo = Valor mínimo de calidad para la relación C/N, que es de 10.00%; Valor máximo = Valor máximo de calidad para la relación C/N, que es de 25.00. Tomado de Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14, se observa que todos los tratamientos están por encima del valor mínimo de calidad establecido para la relación C/N, el mismo que es un indicador de la madurez del compost.

4.3.7. Porcentaje de Fósforo (como % P_2O_5)

Según el análisis de varianza del porcentaje de P_2O_5 evaluado en el compost final (ver Anexo 11), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 3.78 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 32

Comparación del % P₂O₅ promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

Tratamiento	Fósforo (P₂O₅) Promedio (En %)	Nivel de Significancia al 5%
T3 (RVA + VP)	0.37	a
T4 (RVA)	0.21	b
T1 (RVA + ME)	0.19	b c
T2 (RVA + BC)	0.18	c

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Visceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 3.78%

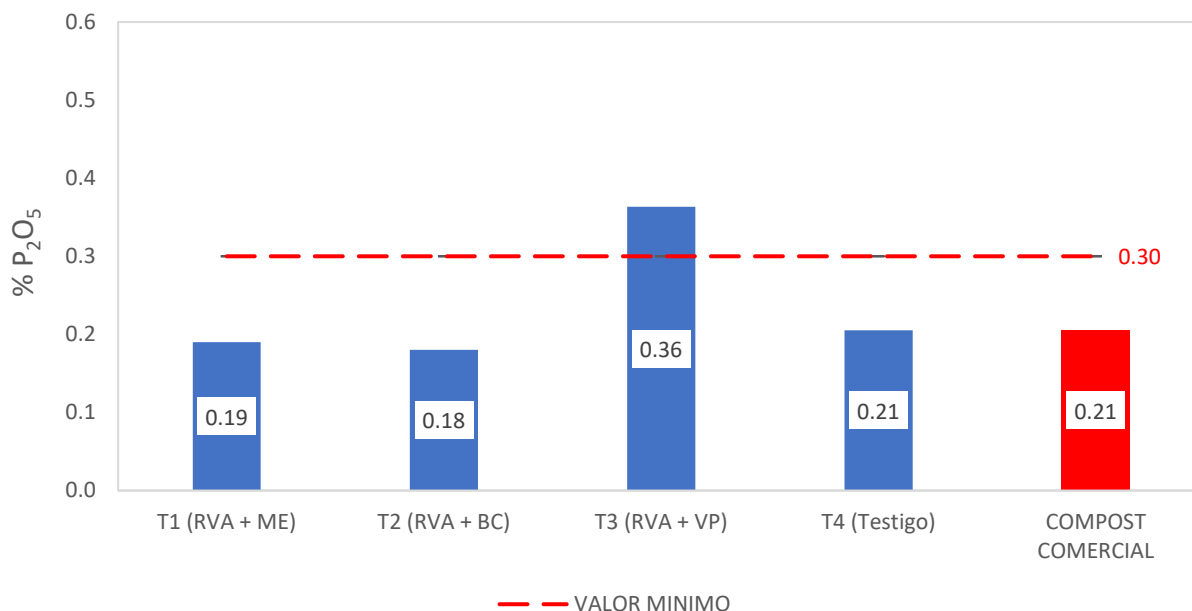
La *Tabla 32*, muestra el contenido promedio de fósforo (como % P₂O₅) del compost final, donde se evidencia la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, demostrándose la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T3 (vísceras de pescado) con un contenido de fósforo de 0.37 % es el más óptimo para obtener un mayor contenido de fósforo, superando estadísticamente a los demás tratamientos. Asimismo, comparando el comportamiento de los aceleradores respecto al testigo (T4), observamos que las vísceras de pescado (T3), fue superior numéricamente y estadísticamente, contrario a los microorganismos efectivos (T1) y la bazofia de camal (T2).

Entonces el contenido de fósforo en el compost final está relacionado con el aporte de fósforo de los aceleradores y/o al efecto de los mismos en el proceso de descomposición, lo cual concuerda con lo mencionado por Stofella y Kahn (2005). En ese sentido el valor obtenido en el tratamiento T3 se podría explicar ya que el acelerador, vísceras de pescado tiene el contenido más alto de fósforo con un valor de 4.63 %, asimismo, el contenido más bajo le corresponde a la bazofia de camal con un valor de 0.72 %. Con respecto al compost comercial, este tiene un contenido de fósforo similar al tratamiento T4 (testigo) y es ligeramente superior

al tratamiento T1 (microorganismos eficientes) y T2 (bazofia de camal), pero es superado por el T3 (vísceras de pescado).

Figura 15. Porcentaje de P_2O_5 Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad



Nota: Donde: Valor mínimo = Valor mínimo de calidad para el contenido de fósforo, que es de 0.30 %.
Tomado de Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 15**, se observa que solo el tratamiento T3 (vísceras de pescado) está por encima del valor mínimo de calidad establecido. Asimismo, en comparación respecto al compost comercial este tampoco supera el valor mínimo de calidad.

Finalmente, con respecto al uso del compost en función al contenido de fósforo, Sanchez (2015) menciona que “el fósforo es muy importante en la maduración tanto de las flores, las semillas y los frutos de las plantas, dado que interviene en la formación y desarrollo de las raíces”, entonces podemos decir que el T3 es el que tiene mayor aporte nutricional de fósforo respecto de los de más tratamientos.

4.3.8. Porcentaje de Potasio (como % K₂O)

Según el análisis de varianza del porcentaje de K₂O evaluado en el compost final (ver Anexo 12), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 6.46 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 33

Comparación del % K₂O promedio por tratamiento usando diferentes aceleradores del compost final

Tratamiento	Potasio (K ₂ O) Promedio (En %)	Nivel De Significancia al 5%
T3 (RVA + VP)	1.98	a
T4 (RVA)	1.96	a
T1 (RVA + ME)	1.53	b
T2 (RVA + BC)	1.38	b

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

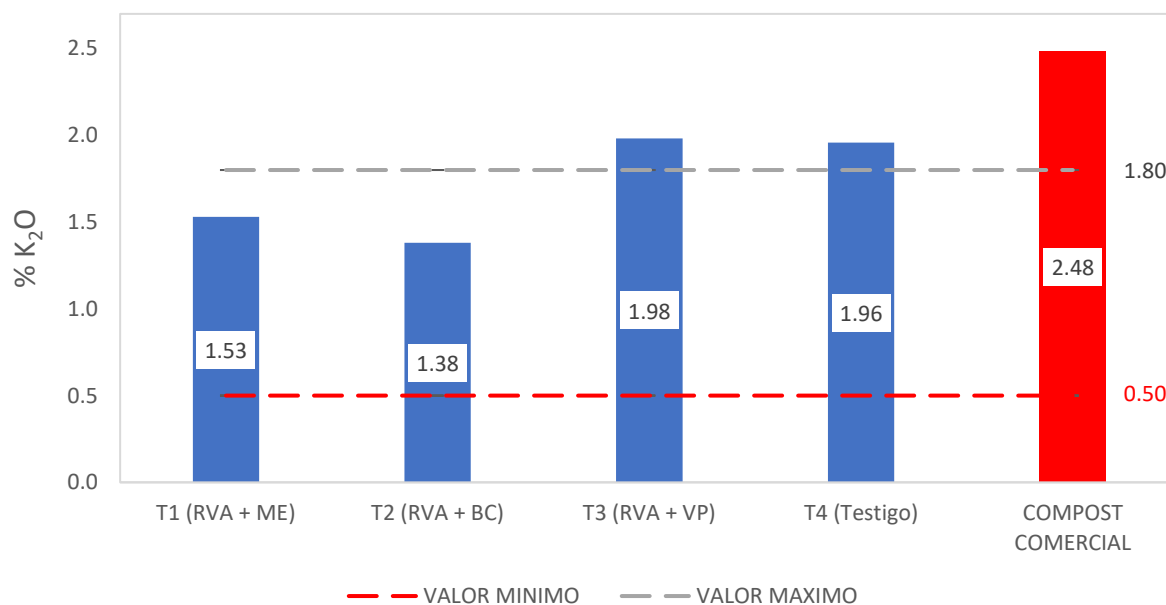
CV: 6.46%

La *Tabla 33*, muestra el contenido promedio de potasio (como % K₂O) del compost final, donde se evidencia las diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, demostrándose la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento T3 (vísceras de pescado) con un contenido de potasio de 1.98 % y el tratamiento T4 (Testigo) con 1.96 %, son los más óptimos para obtener mayor concentración de potasio, superando estadísticamente a los demás tratamientos. Asimismo, comparando el comportamiento de los aceleradores respecto al testigo (T4), observamos que las vísceras de pescado (T3), fue superior numéricamente, contrario a los microorganismos eficientes (T1) y bazofia de camal (T2).

Entonces el contenido de potasio en el compost final está relacionado al aporte de potasio del acelerador a la mezcla inicial, lo cual concuerda con lo mencionado por Stofella y Kahn (2005). En ese sentido el valor obtenido en el tratamiento T3 puede explicarse ya que las vísceras de pescado tienen el contenido más alto de potasio, con un valor de 0.90 %, asimismo el contenido más bajo le corresponde a la bazofia de camal, con un valor de 0.40 %.

Figura 16. Porcentaje de K_2O Promedio por Tratamiento vs Parámetro de Calidad



Nota: Donde: Valor mínimo = Valor mínimo de calidad para el contenido de potasio, que es de 0.50 %; Valor máximo = Valor máximo de calidad para el contenido de potasio, que es de 1.80 %. Tomado de Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 16** se observa que los tratamientos T1 (microorganismos eficaces) y T2 (bazofia de camal) están dentro del rango de calidad establecido, asimismo el compost comercial, T3 (vísceras de pescado) y T4 (testigo), superan dicho rango.

Con respecto al contenido de potasio y su aporte en la planta, de acuerdo a Navarro Blaya y Navarro Garcia (2003) mencionan que este desempeña una importante función en la fotosíntesis, asimismo, le confiere a la planta una notable resistencia al marchitamiento y desecación, le da una importante acción activadora para un grupo de enzimas que intervienen en una gran parte de procesos en las plantas. Por lo que para el uso del compost comercial y el

obtenido en los tratamientos T3 y T4 es necesario que sean mezclados con otros abonos o sustratos, para disminuir el contenido de potasio.

4.3.9. Tiempo de Compostaje

En la *Tabla 34* se muestra el tiempo que duro el proceso de compostaje por tratamiento, asimismo se observa que en los tratamientos T1, T2 y T4 el proceso duro 94 días, contrario al T3 (vísceras de pescado) que duro 123 días, esto demuestra que debido al alto contenido de nitrógeno del acelerador, hace que el proceso sea más lento.

Tabla 34
Comparación del Tiempo de Compostaje en Días por Tratamiento

Tratamiento	Tiempo de Compostaje (En Días)
T1 (RVA + ME)	94
T2 (RVA+ BC)	94
T3 (RVA + VP)	123
T4 (RVA)	94

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador
Fuente: Elaboración propia

4.3.10. Rendimiento de Compost Final

Según el análisis de varianza del rendimiento evaluado en el compost final (ver Anexo 13), se ha encontrado que hay diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques, asimismo presenta un coeficiente de variabilidad de 7.82 %, lo cual refleja la confiabilidad de los datos evaluados. La prueba de significación de Duncan entre tratamientos con un 5.00 % de significancia, se muestra a continuación:

Tabla 35
Comparación del Rendimiento Promedio por Tratamiento

Tratamiento	Rendimiento Promedio (en %)	Nivel de Significancia al 5%
T2 (RVA + BC)	65.49	a
T1 (RVA + ME)	65.32	a
T3 (RVA + VP)	59.61	a
T4 (RVA)	48.77	b

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

Fuente: Elaboración propia

CV: 7.82%

La *Tabla 35*, muestra la productividad del compost obtenido por tratamiento, lo cual es expresado como rendimiento promedio, donde se evidencia las diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, demostrándose la influencia de los aceleradores en dicho parámetro.

El tratamiento 2 (bazofia de camal) con un rendimiento de 65.49 %, el tratamiento T1 (microorganismos eficaces) con 65.32 % y el tratamiento T3 (vísceras de pescado) con 59.61 %, son los más óptimos para obtener mayores rendimientos, superando estadísticamente al testigo (T4), lo que coincide con los resultados obtenidos por De la Cruz (2018) y Iliquín Fernández (2014).

4.3.11. Contenido de Patógenos

En la *Tabla 36* observamos que en todos los tratamientos el recuento de coliformes fecales se encuentra por debajo del valor máximo establecido, asimismo, respecto al contenido de salmonella y huevos de helminto, todos los tratamientos registraron ausencia. Por lo que podemos afirmar, que las temperaturas a las cuales se mantuvieron las pilas de compostaje (mayores a 55 °C por 15 días), tuvieron efecto para la ausencia de patógenos.

Tabla 36
Comparación del Contenido de Patógenos por Tratamiento

Tratamiento	Coliformes Fecales (en Nmp/G)	Salmonella (ausencia en 25 G)	Huevos De Helminto (ausencia en 1 G)
T1 (RVA + ME)	< 1.80	Ausencia	Ausencia
T2 (RVA + BC)	< 1.80	Ausencia	Ausencia
T3 (RVA + VP)	< 1.80	Ausencia	Ausencia
T4 (RVA)	< 1.80	Ausencia	Ausencia
Compost comercial	< 1.80	Ausencia	Ausencia
*Límite máximo	< 1000	Ausencia	Ausencia

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

*El límite máximo de calidad ha sido extraído de la Tabla 13.

Fuente: Elaboración propia

4.3.12. Comparación de la Calidad del Compost Final, Rendimiento y Tiempo Frente a un Compost Comercial y la Muestra Testigo

En la *Tabla 37* se muestra el resumen de los parámetros evaluados para determinar la calidad del compost por tratamiento y para el compost comercial.

Tabla 37
Resumen de Parámetros de Calidad de Compost por Tratamiento y Comercial

TRATAMIENTOS	pH	C.E. mS/m	Humedad %	M.O. %	N Total %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Relación C/N	Rendimiento %	Tiempo Días
T1 (RVA + ME)	8.42	4.82	37.21	12.30	0.71	0.19	1.53	10.11	65.32	94
T2 (RVA + BC)	7.93	4.26	39.86	15.65	0.75	0.18	1.38	12.07	65.49	94
T3 (RVA + VP)	8.32	8.41	49.02	24.37	1.20	0.37	1.98	11.75	59.61	123
T4 (RVA)	8.68	7.67	44.08	18.11	0.92	0.21	1.96	11.43	48.77	94
Compost Comercial	7.95	20.55	36.26	20.79	1.11	0.21	2.48	10.89	-----	-----
*Valor Mínimo de Calidad	5.00	≤ 4.00	30.00	> 20.00	0.40	0.30	0.50	10.00	Sin valor	Sin valor
*Valor máximo de calidad	8.50	≤ 8.00	45.00	-----	3.50	3.50	1.80	25.00	Sin Valor	Sin valor

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

* Los valores máximos y mínimos de calidad fueron tomados de la Tabla 12

Fuente: Elaboración propia

A partir de la *Tabla 37* se ha construido la matriz de valoración de calidad tiempo y rendimiento, en la misma, se valora el cumplimiento de los parámetros y rangos de calidad establecidos en cada uno de los tratamientos, así como en el compost comercial, asimismo, se incluye en dicha valoración el tiempo y rendimiento:

Tabla 38
Matriz de Valoración de Calidad, Tiempo y Rendimiento

Parámetro	T1 (RVA + ME)	T2 (RVA + BC)	T3 (RVA + VP)	T4 (RVA)	Compost Comercial
Humedad	1	1	0	1	1
pH	1	1	1	0	1
Conductividad Eléctrica	0	0	0	0	0
Materia Orgánica.	0	0	1	0	1
Nitrógeno total	1	1	1	1	1
Fósforo como P ₂ O ₅	0	0	1	0	0
Potasio como K ₂ O	1	1	0	0	0
Relación C/N	1	1	1	1	1
Sub Total*	5	5	5	3	5
Rendimiento	1	1	1	0	Sin valor
Tiempo de compostaje	1	1	0	1	Sin valor
TOTAL**	7	7	6	4	Sin valor

Nota. Donde: T1 (RVA + ME). = Tratamiento 1, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Microorganismos Eficaces; T2 (RVA + BC) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Bazofia de Camal; T3 (RVA + VP) = Tratamiento 2, constituido por Restos Vegetales y Animales, usando como acelerador Vísceras de Pescado; T4 (RVA) = Tratamiento 4, constituido por Restos Vegetales y Animales, muestra testigo sin acelerador

*Sub total = suma de parámetros que han cumplido con el valor de calidad establecido

** Total = Subtotal + rendimiento + tiempo de compostaje

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 38* se observa que los tratamientos T1 (microorganismos eficaces), T2 (bazofia de camal) y T3 (vísceras de pescado), son los que cumplen la mayor cantidad de

parámetros de calidad (5 de un total de 8), asimismo, son de mejor calidad que el tratamiento T4 (testigo). Por lo que podemos afirmar que el uso de aceleradores en el compostaje tuvo efecto en la calidad del compost final. Asimismo, comparándolos con respecto al compost comercial la calidad de este es similar a la de los tratamientos que usaron aceleradores.

Incluyendo la valoración del tiempo y rendimiento, podemos observar que los tratamientos que usaron los aceleradores, microorganismos eficaces y bazofia de camal, son los que han obtenido una mejor valoración respecto a los demás. Finalmente podemos concluir que estos son los de mejor calidad, tiempo y rendimiento.

CONCLUSIONES

PRIMERA: En la evaluación de los parámetros del proceso de compostaje en la fase termofílica se obtuvieron los resultados más óptimos en el tratamiento que uso como acelerador los microorganismos eficientes (T1) con un pH de 7.9, una temperatura de 54.5 °C y una humedad de 61.05%. En la fase mesofílica 2 las vísceras de pescado (T3) obtuvieron los resultados más óptimos con un pH de 7.5, una temperatura de 29.7 °C y una humedad de 51.9° C.

SEGUNDA: El compost obtenido en los tratamientos que usaron aceleradores (bazofia de camal, vísceras de pescado y microorganismos eficientes) son de mejor calidad que el testigo (sin acelerador), sin embargo, su calidad es igual al compost comercial. Asimismo, incluyendo en la valoración el tiempo y rendimiento los tratamientos que usaron aceleradores tuvieron una mejor valoración que el testigo (sin acelerador).

TERCERA: Los aceleradores más eficientes en cuanto a la calidad tiempo y rendimiento fueron los aceleradores biológicos: microorganismos eficientes (T1) y la bazofia de camal (T2).

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Realizar una investigación que use una mezcla balanceada entre las vísceras de pescado, bazofia de camal estiércol, utilizando como acelerador microorganismos efectivos con diferentes dosis por tratamiento.

SEGUNDA: En investigaciones futuras se sugiere evaluar la calidad agronómica del compost obtenido.

TERCERA: Dimensionar una planta de valorización de residuos orgánicos (compost) generados en la provincia y determinar los beneficios ambientales y económicos de la misma.

CUARTA: Incidir en el uso de trabajos de investigación similares al realizado, para que sirvan de herramienta en la optimización del proceso de elaboración de compost a los gobiernos locales, más aún cuando el Ministerio del Ambiente (MINAM) viene promoviendo la valorización de residuos sólidos orgánicos en los gobiernos locales a través del Programa de Incentivos Municipales a fin de dar cumplimiento a la *Ley de la Gestión Integral de Residuos Sólidos*, Decreto Legislativo 1278 y su reglamento.

BIBLIOGRAFÍA

- Añaños Vega, R., Lozano Rossini, O., y Santa Cruz Urdanivia, Y. (2004). *Elaboración de criterios técnicos de calidad para la producción de compost*. Optativo de Profesionalización en Gestión Calidad y Auditoría Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate Perú (APROLAB). (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Programa PASE, Fe y Alegría. Recuperado el 01 de noviembre de 2019 de http://www.emla.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf.
- Azurdury, S., Azero, M., y Ortuño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo. *Acta Nova*, 7(4), 20. Recuperado el 01 de noviembre de 2019, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892016000200002
- Berríos, J. (2015). *Fuentes y niveles de materia orgánica en condiciones de invernadero*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad nacional Agraria de La Molina, Lima, Perú.
- Bueno, P., Diaz, M., y Francisco, C. (2011). Factores que afectan al compostaje. En J. Moreno y R. Moral (eds.), *Compostaje*. Madrid: Mundiprensa. Recuperado el 01 de Diciembre de 2019, de <https://digital.csic.es/handle/10261/20837>
- Buckman, H., y Brady, N. (1993). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. (5ª ed.) México: UTEHA
- Cabrera, J. (2012). *Comparativo de tres biodegradantes en la elaboración de compost en Santa Ana - La Convención*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero

Agrónomo Tropical. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Quillabamba.

Cabrera, V., y Rossi, M. (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*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agrararia La Molina, Lima.

Dalzell, H., Biddlestone, A., Gray, K., y Thurairajan, K. (1991). Manejo del suelo: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de suelos de la FAO* 56, 178. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=WgZ47ud_bpoC&lpg=PP1&dq=bibliogroup%3A%22Bolet%C3%ADn%20de%20suelos%20de%20la%20FAO%22&hl=es&pg=PR2#v=onepage&q&f=true

Damián, L. (2018). *Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, 2018*. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

De la Cruz, A. (2018). *Determinación de dosificación de los microorganismos eficaces para compost a partir de la cascara de Theobroma Cacao L. "cacao" Naranjos - Pardo Miguel - Rioja - 2017*. (Tesis de título de Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.

De la Peña, C. (2019). *Microorganismo eficientes en la producción de compost con Pollinaza en Río Negro*. (Título de Ingeniero en Ciencias Agrarias). Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo, Huancayo.

Escobar, F., Sanchez Ponce, J., y Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5(3), 390-410.

Recuperado el 19 de noviembre de 2019, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892012000100004&lng=es&tlng=es.

Guerrero, B. (1993). *Abonos orgánicos: Tecnología para el manejo ecológico del suelo* (No. F04 G8). Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos (RAAA), Lima (Peru).

Haug, R. (1993). *The practical handbook of composting engineering*. Nueva York: Routledge.

Iliquín, R. (2014). *Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y EM-Compost en el distrito de Chachapoyas, Región Amazonas*. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas.

Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2017). *Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego*. Lima - Perú. Recuperado el 01 de Febrero de 2020, de https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf

Instituto Nacional de Normalización. (27 de agosto de 2015). NCh 2880-2015: "Compost requisitos de calidad y clasificación". Santiago de Chile, Chile. Obtenido de <https://www.inn.cl/>

Kimura R. 2005. *Evaluación de los efectos del producto "ENZYMPLUS" (activador biológico) en la elaboración de compost utilizando dos tipos de estiércol (vacuno y ovino)* (Tesis de Magister Scientiae de Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

- Ministerio de la Presidencia (10 de junio de 2013). Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado* 164, 51119–51207. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-7540-consolidado.pdf>
- Monge, G., Cantanhede, A., y Wharwood, G. (1993). *Compostificación de residuos de mercados*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS): Lima.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos* (2da. ed.). Mexico D.F.: LIMUSA.
- Municipalidad Provincial de Arequipa. (2017). *Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos (PIGARS) de la Provincia de Arequipa 2017 - 2028*. Arequipa.
- Navarro Blaya, S., y Navarro García, G. (2003). *Química Agrícola* (2da. ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Olivera, S. (2011). *Efecto activador de la bazona de vacuno, en la elaboración de compost utilizando paja de trigo*. (Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en la especialidad de Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Palomino, A (Ed.) (2008) *Manual Agricultura Alternativa: Principios*. Bogotá: Quebecor World Bogotá S. A.
- Rafael, M. (2015). *Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallnaga - Huancayo*. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental). Universidad Nacional del Centro, Huancayo.
- Roman, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. FAO: Santiago de Chile.

- Sanchez, F. (2015). *Evaluación de la producción de compost con microorganismos eficientes en el distrito de Rupa Rupa*. (Tesis para optar el título de Ingeniero de Recursos Naturales Renovables). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- Soriano, J. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de "Microorganismos Eficaces" - Concepción*. (Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental). Universidad Nacional del Centro, Huancayo.
- Stofella, P. J., y Kahn, B. A. (2005). *Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola*. Madrid: Ediciones Mundi - Prensa.
- Stztern, D., y Pravia, M. A. (1999). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos*. Presidencia de la Republica - Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Uruguay: Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 1 de Junio de 2019, de <http://ops-uruguay.bvsalud.org/pdf/compost.pdf>
- Suni, L. (2018). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos compostaje del mercado de mayoristas Rio Seco - Parada Cerro Colorado*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Sustrato (s. f.). En Wikipedia,. Consultado el 01 de diciembre de 2019 [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sustrato_\(ecolog%C3%ADa\)&oldid=124321830](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sustrato_(ecolog%C3%ADa)&oldid=124321830)

ANEXOS

Anexo 1

Análisis De Varianza (ANOVA) y Test De Duncan, para Evaluar la Variación de Temperatura en (°C) de Proceso Experimental del Compost en la Fase Termofílica - C. Colorado-2019. INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T° FASE TERMOFÍLICA	12	0.95	0.91	0.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26.18	5	5.24	23.65	0.0007
BLOQUES	1.15	2	0.58	2.61	0.1532
TRATAMIENTO	25.03	3	8.34	37.67	0.0003
Error	1.33	6	0.22		
Total	27.51	11			

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2214 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T-01 ME	54.46	3	A
T-04 T	52.52	3	B
T-03 BP	52.32	3	B
T-02 BC	50.38	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Anexo 2

Análisis de varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar la Variación de Temperatura en (°C) de Proceso Experimental del Compost en la Fase Mesofílica 2-

C. Colorado-2019. INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T° FASE MESOFILICA	12	0.88	0.77	2.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.27	5	3.65	8.55	0.0106
BLOQUES	0.36	2	0.18	0.42	0.6738
TRATAMIENTO	17.91	3	5.97	13.96	0.0041
Error	2.57	6	0.43		
Total	20.84	11			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.4275 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n		
T-01 ME	33.13	3	A	
T-02 BC	31.17	3		B
T-04 T	30.99	3		B C
T-03 BP	29.72	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Anexo 3

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del pH del Proceso Experimental de Compost en la Fase Termofílica - C. Colorado 2019

INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH FASE TERMOFÍLICA	12	0.82	0.66	1.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.29	5	0.06	5.32	0.0328
TRATAMIENTO	0.28	3	0.09	8.73	0.0131
BLOQUES	4.1E-03	2	2.1E-03	0.19	0.8310
Error	0.06	6	0.01		
Total	0.35	11			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0108 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n			
T3 BP	8.36	3	A		
T4 T	8.25	3	A	B	
T2 BC	8.11	3		B	C
T1 ME	7.95	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Anexo 4

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del pH del Proceso Experimental de Compost en la Fase Mesofílica 2 - C. Colorado 2019

INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH FASE MESOFILICA	12	0.93	0.88	1.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.81	5	0.16	17.07	0.0017
TRATAMIENTO	0.79	3	0.26	27.83	0.0006
BLOQUES	0.02	2	0.01	0.93	0.4457
Error	0.06	6	0.01		
Total	0.87	11			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0095 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n		
T1 ME	8.11	3	A	
T4 T	8.08	3	A	B
T2 BC	7.91	3		B
T3 BP	7.47	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Anexo 5

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del pH del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019

INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	12	0,94	0,89	1,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,88	5	0,18	19,47	0,0012
TRATAMIENTO	0,85	3	0,28	31,61	0,0005
BLOQUES	0,02	2	0,01	1,27	0,3477
Error	0,05	6	0,01		
Total	0,93	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0090 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T4 RVA	8,68	3	A
T1 RVA + ME	8,42	3	B
T3 RVA + VP	8,33	3	B
T2 RVA + BC	7,93	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 6

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación de la Salinidad (C.E.) del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C.E.	12	0,97	0,94	7,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,05	5	7,81	35,03	0,0002
TRATAMIENTO	38,11	3	12,70	56,98	0,0001
BLOQUES	0,94	2	0,47	2,10	0,2035
Error	1,34	6	0,22		
Total	40,39	11			

—

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2230 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T3 RVA + VP	8,41	3	A
T4 RVA	7,67	3	A
T1 RVA + ME	4,82	3	B
T2 RVA + BC	4,26	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 7

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de Humedad del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Humedad	12	0,77	0,58	8,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	285,15	5	57,03	4,08	0,0583
TRATAMIENTO	239,86	3	79,95	5,72	0,0341
BLOQUES	45,29	2	22,65	1,62	0,2738
Error	83,87	6	13,98		
Total	369,02	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 13,9790 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T3 RVA + VP	49,02	3	A
T4 RVA	44,08	3	A B
T2 RVA + BC	39,86	3	B
T1 RVA + ME	37,21	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 8

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de Materia Orgánica del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% M.O.	12	0,81	0,64	18,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	251,30	5	50,26	4,99	0,0377
TRATAMIENTO	234,20	3	78,07	7,76	0,0173
BLOQUES	17,11	2	8,55	0,85	0,4732
Error	60,39	6	10,06		
Total	311,69	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 10,0646 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n		
T3 RVA + VP	24,37	3	A	
T4 RVA	18,11	3	A	B
T2 RVA + BC	15,65	3		B
T1 RVA + ME	12,30	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 9

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de Nitrógeno Total del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% N Total	12	0,97	0,94	5,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,47	5	0,09	37,11	0,0002
TRATAMIENTO	0,44	3	0,15	58,59	0,0001
BLOQUES	0,02	2	0,01	4,89	0,0549
Error	0,02	6	2,5E-03		
Total	0,48	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0025 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T3 RVA + VP	1,20	3	A
T4 RVA	0,92	3	B
T2 RVA + BC	0,75	3	C
T1 RVA + ME	0,71	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 10

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar la Variación de la Relación C/N del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación C/N	12	0,29	0,00	14,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,69	5	1,34	0,48	0,7817
TRATAMIENTO	6,64	3	2,21	0,79	0,5408
BLOQUES	0,05	2	0,02	0,01	0,9916
Error	16,76	6	2,79		
Total	23,45	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,7931 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T2 RVA + BC	12,07	3	A
T3 RVA + VP	11,75	3	A
T4 RVA	11,43	3	A
T1 RVA + ME	10,11	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 11

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de P2O5 del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% P2O5	12	0,99	0,99	3,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	5	0,01	170,67	<0,0001
TRATAMIENTO	0,07	3	0,02	281,76	<0,0001
BLOQUES	6,5E-04	2	3,2E-04	4,03	0,0776
Error	4,8E-04	6	8,1E-05		
Total	0,07	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n		
T3 RVA + VP	0,37	3	A	
T4 RVA	0,21	3	B	
T1 RVA + ME	0,19	3	B	C
T2 RVA + BC	0,18	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 12

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Variación del Porcentaje de K₂O del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019 INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% K ₂ O	12	0,92	0,85	6,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,84	5	0,17	13,72	0,0031
TRATAMIENTO	0,81	3	0,27	22,18	0,0012
BLOQUES	0,03	2	0,01	1,03	0,4114
Error	0,07	6	0,01		
Total	0,91	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0122 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T3 RVA + VP	1,98	3	A
T4 RVA	1,96	3	A
T1 RVA + ME	1,53	3	B
T2 RVA + BC	1,38	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 13

Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Duncan, para Evaluar Rendimiento del Proceso Experimental de Compost al Final del Proceso - C. Colorado 2019

INFOSTAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0,84	0,71	7,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	695,17	5	139,03	6,35	0,0218
TRATAMIENTO	553,40	3	184,47	8,43	0,0143
BLOQUES	141,77	2	70,89	3,24	0,1112
Error	131,31	6	21,89		
Total	826,49	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 21,8855 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
T2 RVA + BC	65,49	3	A
T1 RVA + ME	65,32	3	A
T3 RVA + VP	59,61	3	A
T4 RVA	48,77	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 14

Resultados de Análisis de Laboratorio de Insumos Usados para el Compostaje



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIAR
ESTACION EXPERIMENTAL-AREQUIPA-INIA

SOLICITANTE	ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
PROCEDENCIA	Arequipa
MUESTRA	Residuos organicos
FECHA DE INGRESO	02/08/2019
TERMINO DE ANALISIS	16/08/2019
ANALISIS	Analisis organicos

N° lab	N° Muestra	pH	C.E.	% N	% Humed	Da g/cm2	% M.O	% C	Relación C/N
8660	Restos Verduras			3.00	76.59	0.19	53.66	31.20	13.65/1
8661	Restos Plantas			1.85	78.24	0.16	70.43	40.95	22.14/1
8662	Restos Frutas			2.31	88.58	0.31	67.08	39.00	16.88/1
8663	Bazofia Pescado			7.90	66.99		67.08	39.00	4.94/1
8677	Restos Parques			1.48	7.22	0.22	60.37	35.10	23.72/1
8678	Bazofia Camal			0.90	28.22	0.37	21.80	12.68	14.09/1

Nota: Determinación de Da. de la muestra 8663, no se hizo por insuficiente de muestra.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGROPECUARIA
DIRECCION DE LABORATORIOS DE SUELOS Y AGUAS
ESTACION EXPERIMENTAL AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGROPECUARIA
DIRECCION DE LABORATORIOS DE SUELOS Y AGUAS
ESTACION EXPERIMENTAL AREQUIPA - INIA



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIAR
ESTACION EXPERIMENTAL-AREQUIPA-INIA

SOLICITANTE	ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
PROCEDENCIA	Arequipa
MUESTRA	Residuos Organicos
FECHA DE INGRESO	02/08/2019
TERMINO DE ANALISIS	16/08/2019
ANALISIS	Analisis organicos

N° lab	N° Muestra	pH	C.E.	% N	ppm Na	mg/kg P	mg/kg K	mg/kg Ca	mg/kg Mg
8660	Restos Verduras	5.95	11.50	3.00	11000.0	6500.0	25400.0	8016.0	2432.0
8661	Restos plantas	5.66	6.65	1.85	4000.0	6620.0	25400.0	9619.2	23347.0
8662	Restos frutas	5.34	12.85	2.31	2000.0	9100.0	31400.0	8016.0	12160.0
8663	Bazofia pescado	6.12	13.76	7.90	5400.0	46300.0	9000.0	16032.0	2432.0
8677	Restos parques	6.31	6.35	1.48	2000.0	6220.0	15000.0	16032.0	2432.0
8678	Bazofia camal	6.78	1.90	0.90	5400.0	7160.0	4000.0	4008.0	4864.0

Nota: Determinación de Nitrógeno, Fosforo, Potasio Calcio y Magnesio es por digestión; para hallar el porcentaje del elemento dividir ppm o mg/kg. Entre 10000

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
Ing. Msc. ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
DIRECTOR
EEA AREQUIPA



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
PROCEDENCIA	AREQUIPA
MUESTRA	ESTERCOL

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8708	23/08/2019	AREQUIPA	1	CARACTERIZACION	8704

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	Limo (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	38.57					
Nitrogeno Total	%	0.66					
Fosforo - P2O5	ppm	3645.61					
Potasio - K2O	ppm	13551.75					
CDCa	%	0.00					
			NO SALINO	DESBLENTE SALINO	MODERAD SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E.	dSm estr. 1:2.5	9.20					
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	EXTR. 1:2.5	9.04					
BORD	mg/Kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100g de suelo)

Calcio/Ca	Magnesio/Mg	Sodio/Na	Potasio/K	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
34.400	3.200	9.783	26.282	73.665	73.665	13.280	Muy-Alto

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es una muestra de Estercol de color oscuro en forma humeda.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es una muestra con reaccion alcalina en pH, muy salino en conductividad electrica, muy alto en contenido de materia organica, alto en concentracion de fosforo y potasio respectivamente, para efectuar la recomendacion como nutriente considere: sales solubles perjudiciales para el cultivo, con referencia a la Capacidad de Intercambio Cationico CIC, la interpretacion es Muy-Alta. (Relacion C/N: 33.96/1)

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y RIEGO

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA
DE AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

[Firma manuscrita]

Calle Saco Olivares 482 Cerro Jull
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa
T: (054) 421138
www.inia.gob.pe
www.misagr.gob.pe



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
PROCEDENCIA	AREQUIPA
MUESTRA	ESTIERCOL
FECHA DE INFORME	23/08/2019

N° Lab	N° Muestra	mg/kg Ca	mg/kg Mg	mg/kg K	mg/kg P	ppm Na.
8708	1	12036.0.0	4864.0	34000.00	28540.0	8000.0

NOTA: - .Determinación efectuada por digestión.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
INIA
DIRECCIÓN NACIONAL DE REGISTRO Y SERVICIOS
EL AREQUIPA - ZONA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
INIA
DIRECCIÓN NACIONAL DE REGISTRO Y SERVICIOS
EL AREQUIPA - ZONA

Anexo 15

Resultados de Análisis de Laboratorio a los 4 Días de Iniciado el Proceso



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIAR
ESTACION EXPERIMENTAL-AREQUIPA-INIA

SOLICITANTE	ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
PROCEDENCIA	Arequipa
MUESTRA	Materia Organica conpuesto
FECHA DE INGRESO	05/09/2019
TERMINO DE ANALISIS	17/09/2019
ANALISIS	Analisis organicos

N° lab	N° Muest.	pH	C.E. mS/cm	% N	% Humed	ppm P2O5	ppm K2O	% M.O	% C	Relación C/N
8758	T1	6.90	15.64	1.71	60.83	2600.0	27103.5	54.33	31.59	18.47/1
8759	T2	7.80	7.48	1.30	51.29	3200.0	19574.8	34.80	20.28	15.60/1
8760	T3	7.30	14.98	1.70	54.14	3350.0	25597.8	44.94	26.15	15.38/1
8761	T4	8.00	12.36	1.53	42.43	2000.0	27103.5	50.98	29.64	19.37/1
8708					26.75					

Nota: Determinación de análisis en muestras Orgánicas.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN NACIONAL DE INNOVACIÓN
INIA
CENTRO LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
CE-AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
INIA
CENTRO LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
CE-AREQUIPA - INIA



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

Anexo 17

Resultados de Análisis de Laboratorio en la Fase Mesofílica 2



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIAR
ESTACION EXPERIMENTAL-AREQUIPA-INIA

SOLICITANTE	ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
PROCEDENCIA	Arequipa
MUESTRA	Residuos organicos
FECHA DE INGRESO	25/10/2019
TERMINO DE ANALISIS	13/11/2019
ANALISIS	Analisis organicos III

N° lab	N° Muestra	pH	C.E.	% N	% Húmedo	Da g/cm2	% M.O	% C	Relación C/N
8938	T1- 25/Oct	7.11	1.22	64.53	24.82	14.43	11.83		
8939	T2- 25/Oct	4.86	1.28	62.81	29.52	17.16	13.41		
8940	T4- 04 /Nov	8.10	1.25	56.60	26.83	15.60	12.48		
8957	T3- 22 /Nov.	9.60	1.27	51.88	22.14	12.87	10.13		

Nota: Determinación de nitrógeno por digestión.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN
AGRIARIA
E.N.C. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
E.E. AREQUIPA - INIA

Anexo 18

Resultados de Análisis Laboratorio del Compost Final



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIAR
ESTACION EXPERIMENTAL-AREQUIPA-INIA

SOLICITANTE	ROBERTO LOAYZA DUEÑAS
PROCEDENCIA	Arequipa
MUESTRA	Residuos orgánicos
FECHA DE INGRESO	06/12/2019
TERMINO DE ANALISIS	16/12/2019
ANALISIS	Análisis orgánicos (Compost) IV

N° lab	N° Muestra	pH	C.E.	% N	% Humed	Da g/cm ²	ppm P2O5	ppm K2O	% M.O	% C	Relación C/N
8958	T1-R1 06 Dic.	8.45	4.30	0.73	36.60		1950.0	13551.75	10.06	5.85	8.01
8959	T1-R2 06 Dic.	8.40	5.36	0.71	37.25		1950.0	15810.38	12.07	7.02	9.89
8960	T1-R3 06 Dic.	8.40	4.80	0.69	37.77		1800.0	16563.25	14.76	8.58	12.43
8961	T2-R1 06 Dic.	8.0	3.80	0.77	40.68		1700.0	13551.75	16.77	9.75	12.66

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA
E.N.C. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
EE. AREQUIPA - INIA

8962	T2-R2 06 Dic.	7.95	4.78	0.72	41.45		1900.0	14304.63	14.08	8.19	11.38
8963	T2-R3 06 Dic.	7.85	4.20	0.77	37.44		1800.0	13551.75	16.10	9.36	12.16
8964	T3-R1 06 Dic.	8.18	7.76	1.30	56.41		3700.0	18821.88	29.52	17.16	13.20
8965	T3-R2 06 Dic.	8.50	8.30	1.15	42.11		3660.0	20327.63	24.15	14.04	12.21
8966	T3-R3 06 Dic.	8.30	9.18	1.15	48.53		3550.0	20327.63	19.45	11.31	9.83
8967	T4-R1 06 Dic.	8.60	7.74	1.04	47.39		1950.0	20327.63	20.79	12.09	11.63
8968	T4-R2 06 Dic.	8.75	7.33	0.88	42.84		2250.0	18069.00	17.44	10.14	11.52
8969	T4-R3 06 Dic.	8.68	7.95	0.84	42.00		1950.0	20327.63	16.10	9.36	11.14
8970	Compost Comercial	7.95	20.55	1.11	36.26		2050.0	24844.88	20.79	12.09	10.89

Nota: Determinación de nitrógeno por digestión. Para hallar el porcentaje del elemento dividir ppm/ 10000, aún falta determinar Ca+Mg en forma disponible.

Anexo 19

Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T1

		INFORME DE ENSAYO 1422 - 2019	
Ciente	: Roberto Loayza Dueñas		
R.U.C.	: -		
Dirección	: Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores – Arequipa		
Ensayo	: Análisis de Calidad en Compost		
Fecha	: 09 de Diciembre del 2019		
PRODUCTO DECLARADO	: Abono Orgánico Sólido – Compost		
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Compost		
CODIFICACIÓN/MARCA	: Compost T1 -1, Compost T1 -2 y Compost T1 -3		
PROCEDENCIA	: Arequipa		
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	: 3 muestras de 1 Kg aproximadamente		
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa Ziplock nueva		
FECHA DE PRODUCCIÓN	: No especificada		
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada		
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: Responsabilidad del Cliente		
REGISTRO DE MUESTREO N°	: No aplicable		
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	: No especificada		
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)		
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica		
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09 de Diciembre de 2019		
CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:			
<ul style="list-style-type: none"> • El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada. • No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos. • En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas. • El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra. • El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. • Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D. • Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos. 			
<small>LABORATORIO I+D E.I.R.L.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tierra 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54326332 RPC 992709628 – 962506250 Correo electrónico: laboratorio@pedregal.com</small>			



INFORME DE ENSAYO 1422 - 2019

Cliente :Roberto Loayza Dueñas
 R.U.C. :-
 Dirección :Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores –
 Arequipa
 Ensayo :Análisis de Calidad en Compost
 Fecha :09 de Diciembre del 2019

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	T 1 - 1	T 1 - 2	T 1 - 3
Recuento de Hongos Totales	UFC/g	80	90	70
Recuento de Hongos Fitopatógenos	UFC/g	<10	<10	<10
Recuento de Coliformes Totales	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Determinación de Salmonella	Presencia/25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos.	N° Org/g	0	0	0
Determinación de Nemátodos Parásitos	Ind/Kg	0	0	0

* Se determinaron hongos de los géneros *Geotrichum* (Protopectinasas), *Mucor* (Solubiliza Potasio), *Penicillium* (Amilasas), *Rhizopus* (Proteasas)

ABREVIATURAS:

- UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo
- NMP/g: Número más probable por gramo
- N° Org/g: Número de Organismos por gramo
- Ind/Kg: Individuos por Kilogramo

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:

Recuento de Hongos Totales : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Hongos Fitopatógenos : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Coliformes Totales : Número más probable por tubos múltiples en caldo Sulfato de Laurilo
 Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales) : Número más probable por tubos múltiples en caldo Brila

Laboratorio i+D
Análisis Biológicos,
Veterinarios y Agrícolas
Majes - Arequipa

INFORME DE ENSAYO 1422 - 2019

Cliente : Roberto Loayza Dueñas
 R.U.C. : -
 Dirección : Calle Jorge Chávez 705 - Miraflores - Arequipa
 Ensayo : Análisis de Calidad en Compost
 Fecha : 09 de Diciembre del 2019

Recuento de *Escherichia coli* : Número más probable por tubos múltiples en caldo E.C.
 Determinación de *Salmonella* : Aislamiento en Agar *Salmonella Shiguelia*
 Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos. : Búsqueda exhaustiva
 Determinación de Nemátodos y Parasitos : Migración Larvaria y Tamizado Modificado de Coob

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 09 - 17 / 12 / 2019

NOTAS IMPORTANTES:

- Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión.

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 17 / 12 / 2019


 R.O. Roberto Loayza Dueñas
 Colección General - 199 4770 i+D
 Laboratorio i+D S.R.L.



LABORATORIO I+D E.I.R.L. - Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo - Pedregal, Arequipa
 Oficina: Avenida Cayroma MZ. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54325332 NPC 902759528 - 962506250
 Correo electrónico: info@laboratorioi+d.com

Anexo 20

Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T2

 <p>Laboratorio i+D Análisis Biológicos, Veterinarios y Agrícolas Majes - Arequipa</p>		<p>INFORME DE ENSAYO 1423 - 2019</p>	
Cliente	:	Roberto Losyza Dueñas	
R.U.C.	:	-	
Dirección	:	Calle Jorge Chávez 705 - Miraflores - Arequipa	
Ensayo	:	Análisis de Calidad en Compost	
Fecha	:	09 de Diciembre del 2019	
PRODUCTO DECLARADO	:	Abono Orgánico Sólido - Compost	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	:	Compost	
CODIFICACIÓN/MARCA	:	Compost T2 -1, Compost T2 -2 y Compost T2 -3	
PROCEDENCIA	:	Arequipa	
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	:	3 muestras de 1 Kg aproximadamente	
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	:	En bolsa Ziplock nueva	
FECHA DE PRODUCCIÓN	:	No especificada	
FECHA DE VENCIMIENTO	:	No especificada	
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	Responsabilidad del Cliente	
REGISTRO DE MUESTREO N°	:	No aplicable	
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	:	No especificada	
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	:	Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)	
PERÍODO DE CUSTODIA	:	No aplica	
FECHA DE RECEPCIÓN	:	09 de Diciembre de 2019	
CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:			
<ul style="list-style-type: none"> • El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada. • No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos. • En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas. • El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra. • El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. • Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D. • Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos. 			
<p>LABORATORIO I+D E.I.R.L. - Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo - Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54326332 RPC 982759520 - 982506250 Correo electrónico: laboratorio.i+d@laboratorioi+d.com</p>			



Laboratorio i+D
Análisis Biológicos,
Veterinarios y Agrícolas
Majes - Arequipa

INFORME DE ENSAYO 1423 - 2019

Cliente : Roberto Loayza Dueñas
R.U.C. : -
Dirección : Calle Jorge Chávez 705 - Miraflores - Arequipa
Ensayo : Análisis de Calidad en Compost
Fecha : 09 de Diciembre del 2019

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	T 2 - 1	T 2 - 2	T 2 - 3
Recuento de Hongos Totales	UFC/g	90	70	100
Recuento de Hongos Fitopatógenos	UFC/g	<10	<10	<10
Recuento de Coliformes Totales	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Determinación de <i>Salmonella</i>	Presencia/25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Huevos y larvas de Helminths, quistes y oocistos de protozoarios patógenos.	N° Org/g	0	0	0
Determinación de Nemátodos Parásitos	Ind/Kg	0	0	0

* Se determinaron hongos de los géneros *Geotrichum* (Protopectinasas), *Mucor* (Solubiliza Potasio), *Penicillium* (Amilasas), *Rhizopus* (Proteasas)

ABREVIATURAS:

- UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo
- NMP/g: Número más probable por gramo
- N° Org/g: Número de Organismos por gramo
- Ind/Kg: Individuos por Kilogramo


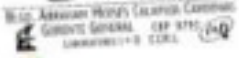
OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:

Recuento de Hongos Totales	: Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
Recuento de Hongos Fitopatógenos	: Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
Recuento de Coliformes Totales	: Número más probable por tubos múltiples en caldo Sulfato de Laurilo
Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales)	: Número más probable por tubos múltiples en caldo Brla

LABORATORIO I+D E.I.R.L. - Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo - Pedregal, Arequipa
Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 982759528 - 962506250
Correo electrónico: info@i+d-lab.com

 <p>Laboratorio i+D Análisis Biológicos, Veterinarios y Agrícolas Majes - Arequipa</p>	INFORME DE ENSAYO 1423 - 2019	
	<p>Recuento de <i>Escherichia coli</i> : Número más probable por tubos múltiples en caldo E.C.</p> <p>Determinación de Salmonella : Aislamiento en Agar Salmonella Shiguelia</p> <p>Huevos y larvas de Helminetos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos. : Búsqueda exhaustiva</p> <p>Determinación de Nemátodos Parásitos : Migración Larvária y Tamizado Modificado de Coob</p>	<p>Cliente : Roberto Loayza Dueñas</p> <p>R.U.C. : -</p> <p>Dirección : Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores – Arequipa</p> <p>Ensayo : Análisis de Calidad en Compost</p> <p>Fecha : 09 de Diciembre del 2019</p>
<p>FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 09 – 17 / 12 / 2019</p>		
<p>NOTAS IMPORTANTES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento. • El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión. 		
<p>FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 17 / 12 / 2019</p>		
 		
		
<p>LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)84328332 RPK 992759528 - 962506250 Correo electrónico: laboratorio.i+d@cepsa.com</p>		

Anexo 21

Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T3

		INFORME DE ENSAYO 1424 - 2019	
Cliente	:	Roberto Loayza Dueñas	
R.U.C.	:	-	
Dirección	:	Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores – Arequipa	
Ensayo	:	Análisis de Calidad en Compost	
Fecha	:	09 de Diciembre del 2019	
PRODUCTO DECLARADO	:	Abono Orgánico Sólido – Compost	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	:	Compost	
CODIFICACIÓN/MARCA	:	Compost T3 -1, Compost T3 -2 y Compost T3 -3	
PROCEDENCIA	:	Arequipa	
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	:	3 muestras de 1 Kg aproximadamente	
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	:	En bolsa Ziplock nueva	
FECHA DE PRODUCCIÓN	:	No especificada	
FECHA DE VENCIMIENTO	:	No especificada	
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	Responsabilidad del Cliente	
REGISTRO DE MUESTREO N°	:	No aplicable	
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	:	No especificada	
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	:	Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)	
PERIODO DE CUSTODIA	:	No aplica	
FECHA DE RECEPCIÓN	:	09 de Diciembre de 2019	
CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:			
<ul style="list-style-type: none"> • El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada. • No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos. • En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas. • El periodo de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra. • El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. • Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D. • Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos. 			
<small>LABORATORIO I+D E.I.R.L.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759628 - 962506250 Correo electrónico: laboratorio.i+d@pedregaldigital.com</small>			

INFORME DE ENSAYO 1424 - 2019

Cliente :Roberto Loayza Dueñas
 R.U.C. :-
 Dirección :Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores –
 Arequipa
 Ensayo :Análisis de Calidad en Compost
 Fecha :09 de Diciembre del 2019

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	T 3 - 1	T 3 - 2	T 3 - 3
Recuento de Hongos Totales	UFC/g	110	100	120
Recuento de Hongos Fitopatógenos	UFC/g	<10	<10	<10
Recuento de Coliformes Totales	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Determinación de Salmonella	Presencia/25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° Org/g	0	0	0
Determinación de Nemátodos Parásitos	Ind/Kg	0	0	0

* Se determinaron hongos de los géneros *Geotrichum* (Protopectinasas), *Mucor* (Solubilizadores Potasio), *Penicillium* (Amilasas), *Rhizopus* (Proteasas)

ABREVIATURAS:

- UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo
- NMP/g: Número más probable por gramo
- N° Org/g: Número de Organismos por gramo
- Ind/Kg: Individuos por Kilogramo

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:

Recuento de Hongos Totales : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Hongos Fitopatógenos : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Coliformes Totales : Número más probable por tubos múltiples en caldo Sulfato de Laurilo
 Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales) : Número más probable por tubos múltiples en caldo Brila

LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa
 Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 962759528 - 962506250
 Correo electrónico: laboratorio.i+d.pe@protonmail.com

Laboratorio i+D
Análisis Biológicos,
Veterinarios y Agrícolas
Majes - Arequipa



INFORME DE ENSAYO 1424 - 2019

Cliente : Roberto Loayza Dueñas
R.U.C. : -
Dirección : Calle Jorge Chávez 705 - Miraflores - Arequipa
Ensayo : Análisis de Calidad en Compost
Fecha : 09 de Diciembre del 2019

Recuento de *Escherichia coli* : Número más probable por tubos múltiples en caldo E.C.
Determinación de Salmonella : Aislamiento en Agar Salmonella Shiguelia
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oocistas de protozoarios patógenos. : Búsqueda exhaustiva
Determinación de Nemátodos y Parásitos : Migración Larvaria y Tamizado Modificado de Coob

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 09 - 17 / 12 / 2019

NOTAS IMPORTANTES:

- Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión.

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 17 / 12 / 2019


Dr. Abelardo Horta Calamón-Castillo
Colegiado General, CP 1991, i+D
Laboratorio i+D E.I.R.L.



LABORATORIO I+D E.I.R.L. - Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo - Pedregal, Arequipa
Oficina: Avenida Caylloma N.º P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 R.P.C 992759528 - 962506250
Correo electrónico: laboratorio@pedregalveterinaria.com

Anexo 22

Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del T4

 LABORATORIO i+D <i>Análisis Biológicos, Veterinarios y Agrícolas</i> <i>Majes - Arequipa</i>		INFORME DE ENSAYO 1425 - 2019	
Cliente	: Roberto Loayza Dueñas	R.U.C.	: -
Dirección	: Calle Jorge Chávez 705 - Miraflores - Arequipa	Ensayo	: Análisis de Calidad en Compost
Fecha	: 09 de Diciembre del 2019		
PRODUCTO DECLARADO	: Abono Orgánico Sólido - Compost		
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Compost		
CODIFICACIÓN/MARCA	: Compost T4 -1, Compost T4 -2 y Compost T4 -3		
PROCEDENCIA	: Arequipa		
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	: 3 muestras de 1 Kg aproximadamente		
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa Ziplock nueva		
FECHA DE PRODUCCIÓN	: No especificada		
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada		
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: Responsabilidad del Cliente		
REGISTRO DE MUESTREO N°	: No aplicable		
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	: No especificada		
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)		
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica		
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09 de Diciembre de 2019		
CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:			
<ul style="list-style-type: none"> • El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada. • No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos. • En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas. • El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra. • El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. • Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D. • Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos. 			
<small>LABORATORIO i+D E.I.R.L.L. - Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo - Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mt. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPD 992759528 - 96206250 Correo electrónico: laboratorio.i+d@comcast.net</small>			

INFORME DE ENSAYO 1425 - 2019

Cliente :Roberto Loayza Dueñas
 R.U.C. :-
 Dirección :Calle Jorge Chávez 705 - Miraflores -
 Arequipa
 Ensayo :Análisis de Calidad en Compost
 Fecha :09 de Diciembre del 2019

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	T 4 - 1	T 4 - 2	T 4 - 3
Recuento de Hongos Totales	UFC/g	50	80	60
Recuento de Hongos Fitopatógenos	UFC/g	<10	<10	<10
Recuento de Coliformes Totales	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de Coliformes Termotolerantes	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de Escherichia coli	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Determinación de Salmonella	Presencia/25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos.	N° Org/g	0	0	0
Determinación de Nemátodos Parásitos	Ind/Kg	0	0	0

* Se determinaron hongos de los géneros Geotrichum (Protopectinazas), Mucor (Solubiliza Potasio), Penicillium (Amilasas), Rhizopus (Proteasas)

ABREVIATURAS:

- UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo
- NMP/g: Número más probable por gramo
- N° Org/g: Número de Organismos por gramo
- Ind/Kg: Individuos por Kilogramo

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:

Recuento de Hongos Totales : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Hongos Fitopatógenos : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Coliformes Totales : Número más probable por tubos múltiples en caldo Sulfato de Laurilo
 Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales) : Número más probable por tubos múltiples en caldo Brila

 <p>Laboratorio i+D Análisis Biológicos, Veterinarios y Agrícolas Majes - Arequipa</p>	INFORME DE ENSAYO 1425 - 2019	
	Recuento de <i>Escherichia coli</i> Determinación de <i>Salmonella</i> Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos. Determinación de Nemátodos Parásitos	: Número más probable por tubos múltiples en caldo E.C. : Aislamiento en Agar <i>Salmonella</i> Shiguelia : : Búsqueda exhaustiva : Migración Larvaria y Tamizado Modificado de Coob
FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 09 – 17 / 12 / 2019		
NOTAS IMPORTANTES: <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento. • El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión. 		
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 17 / 12 / 2019		
 		
		
LABORATORIO i+D E.U.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mt. P. Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RFC 992759528 - 962506290 Correo electrónico: laboratorioi+d@laboratorioi+d.com		

Anexo 23.

Resultados de Análisis Microbiológico de Contenido de Patógenos del Compost Comercial

 INFORME DE ENSAYO 1426 - 2019	
Cliente	: Roberto Loayza Dueñas
R.U.C.	: -
Dirección	: Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores – Arequipa
Ensayo	: Análisis de Calidad en Compost
Fecha	: 09 de Diciembre del 2019
PRODUCTO DECLARADO	: Abono Orgánico Sólido – Compost
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Compost
CODIFICACIÓN/MARCA	: Compost Comercial - 1, Compost Comercial - 2 y Compost Comercial - 3
PROCEDENCIA	: Arequipa – Arequipa – Arequipa
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA	: 3 muestras de 1 Kg aproximadamente
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa Ziplock nueva
FECHA DE PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: Responsabilidad del Cliente
REGISTRO DE MUESTREO N°	: No aplicable
FECHA Y HORA DEL MUESTREO	: No especificada
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Muestra recibida en el Laboratorio (Empaque del Cliente)
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09 de Diciembre de 2019
CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada. • No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos. • En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, Laboratorio i+D no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas. • El período de custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la muestra. • El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. • Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de Laboratorio i+D. • Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos. 	
<small>LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caytoma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54328332 RPC 992759528 - 962506250 Correo electrónico: laboratorio.i+d@investorsinatural.com</small>	

INFORME DE ENSAYO 1426 - 2019

Cliente :Roberto Loayza Dueñas
 R.U.C. :-
 Dirección :Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores –
 Arequipa
 Ensayo :Análisis de Calidad en Compost
 Fecha :09 de Diciembre del 2019

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDADES	Compost Comercial 1	Compost Comercial 2	Compost Comercial 3
Recuento de Hongos Totales	UFC/g	20	30	20
Recuento de Hongos Fitopatógenos	UFC/g	<10	<10	<10
Recuento de Coliformes Totales	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de Coliformes Termotolerantes	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	NMP/g a 44.5 °C	<1.8	<1.8	<1.8
Determinación de <i>Salmonella</i>	Presencia/25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos.	N° Org/g	0	0	0
Determinación de Nemátodos Parásitos	Ind/Kg	0	0	0

* Se determinaron hongos de los géneros *Mucor* (Solubiliza Potasio), *Rhizopus* (Proteasas)

ABREVIATURAS:

- UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo
- NMP/g: Número más probable por gramo
- N° Org/g: Número de Organismos por gramo
- Ind/Kg: Individuos por Kilogramo

OBSERVACIONES:

- Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS:

Recuento de Hongos Totales : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Hongos Fitopatógenos : Determinación en Agar DRBC, PDA, Sabouraud y Claves Taxonómicas
 Recuento de Coliformes Totales : Número más probable por tubos múltiples en caldo Sulfato de Laurilo

		INFORME DE ENSAYO 1426 - 2019	
Laboratorio <i>Análisis Biológicos,</i> Veterinarios y Agrícolas Majes - Arequipa		Cliente :Roberto Loayza Dueñas R.U.C. :- Dirección :Calle Jorge Chávez 705 – Miraflores – Arequipa Ensayo :Análisis de Calidad en Compost Fecha :09 de Diciembre del 2019	
Recuento de Coliformes Termotolerantes (Fecales)	:	Número más probable por tubos múltiples en caldo Brila	
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	:	Número más probable por tubos múltiples en caldo E.C.	
Determinación de Salmonella	:	Aislamiento en Agar Salmonella Shiguelia	
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos.	:	Búsqueda exhaustiva	
Determinación de Nemátodos Parásitos	:	Migración Larvária y Tamizado Modificado de Coob	
FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 09 – 17 / 12 / 2019			
NOTAS IMPORTANTES:			
<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio i+D no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento. • El presente Informe de Ensayos es Válido por 30 días a partir de la fecha de emisión. 			
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 17 / 12 / 2019			
			
LABORATORIO I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa Oficina: Avenida Caylloma Mz. P Lote 1 Tienda 03, Villa Pedregal, Majes, Arequipa T+51(0)54326332 RPC 992759628 - 992506250 Correo electrónico: laboratorio@laboratorioi+d.com			

Anexo 24

Cálculo de la relación C/N

Para obtener la relación de C/N inicial se usó la Ecuación 4, para lo cual se utilizó los resultados de análisis de laboratorio de los insumos de la *Tabla 9*, de donde obtenemos la información de la cantidad en peso de los residuos vegetales y animales, asimismo se usó la información de la *Tabla 14* de los resultados de análisis de laboratorio de los insumos, el cálculo se muestra a continuación:

$$C/N = \frac{Q_1 \times C_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times C_2 \times (100 - M_2) + Q_3 \times C_3 \times (100 - M_3) + Q_4 \times C_4 \times (100 - M_4) + Q_5 \times C_5 \times (100 - M_5)}{Q_1 \times N_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times N_2 \times (100 - M_2) + Q_3 \times N_3 \times (100 - M_3) + Q_4 \times N_4 \times (100 - M_4) + Q_5 \times N_5 \times (100 - M_5)}$$

Donde:

$Q_{(i=1 \rightarrow 5)}$ = es la cantidad en peso del insumo i

$C_{(i=1 \rightarrow 5)}$ = % de Carbono total del insumo i

$N_{(i=1 \rightarrow 5)}$ = % de Nitrógeno total del insumo i

$M_{(i=1 \rightarrow 5)}$ = % de Humedad del insumo i

i = 1 son los restos de verduras

i = 2 son los restos de frutas

i = 3 son los restos de parques y jardines

i = 4 son los restos de flores

i = 5 es el estiércol

Reemplazando los datos de las tablas en la ecuación tenemos:

$$\begin{aligned}
 &= (143.00 \times 31.20 \times (100 - 76.59) + 65.00 \times 39.00 \times (100 - 88.58) + 70.20 \\
 &\quad \times 35.10 \times (100 - 7.22) + 75.40 \times 40.95 \times (100 - 78.24) + 166.40 \\
 &\quad \times 22.41 \times (100 - 26.75)) / (143.00 \times 3.00 \times (100 - 76.59) + 65.00 \\
 &\quad \times 2.31 \times (100 - 88.58) + 70.20 \times 1.48 \times (100 - 7.22) + 75.40 \times 1.85 \\
 &\quad \times (100 - 78.24) + 166.40 \times 0.66 \times (100 - 26.75))
 \end{aligned}$$

Calculando y redondeando a dos decimales

Relación C/N

$$\begin{aligned}
 &= \frac{104\,446.0560 + 28\,949.7000 + 228\,611.7756 + 67\,186.8288 + 273\,272.8960}{10\,042.8900 + 1\,714.7130 + 9\,639.4709 + 3\,035.3024 + 8\,044.6080} \\
 &= \frac{702\,467.2564}{32\,476.9843}
 \end{aligned}$$

Finalmente redondeando a dos decimales obtenemos la relación C/N

$$\text{Relación } \frac{C}{N} = 21.6297 \approx 21.63$$

Anexo 25

Cálculo del Porcentaje de Humedad

Para el cálculo del porcentaje de humedad se usó la Ecuación 5, para lo cual se utilizó los resultados de análisis de laboratorio de los insumos de la *Tabla 9*, de donde obtenemos la información de la cantidad en peso de los residuos vegetales y animales, asimismo se usó la información de la *Tabla 14* de los resultados de análisis de laboratorio de los insumos, el cálculo se muestra a continuación:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{Q1 \times M1 + Q2 \times M2 + Q3 \times M3 + Q4 \times M4 + Q5 \times M5}{Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5}$$

Donde:

$Q_{(i=1 \rightarrow 5)}$ = es la cantidad en peso del insumo i

$M_{(i=1 \rightarrow 5)}$ = % de Humedad del insumo i

$i = 1$ son los restos de verduras

$i = 2$ son los restos de frutas

$i = 3$ son los restos de parques y jardines

$i = 4$ son los restos de flores

$i = 5$ es el estiércol

Reemplazando los datos de la tabla en la ecuación tenemos:

% de Humedad

$$= \frac{143.00 \times 76.59 + 65.00 \times 88.58 + 70.20 \times 7.22 + 75.40 \times 78.24 + 166.40 \times 26.75}{143.00 + 65.00 + 70.20 + 75.40 + 166.40}$$

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{10\,952.3700 + 5\,757.7000 + 506.8440 + 5\,899.2960 + 4\,451.2000}{143.00 + 65.00 + 70.20 + 75.40 + 166.40}$$

Finalmente redondeando a dos decimales obtenemos el porcentaje de humedad

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{27\,567.4100}{520.000} = 53.0143 \approx 53.01$$