



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Escuela de Posgrado

**Evaluación de la calidad de compost producido con diferentes proporciones de
residuos vegetales de mercado y plantas acuáticas, Huacho 2022**

Tesis

**Para optar el Grado Académico de Maestra en Ecología y Gestión
Ambiental**

Autora

Rocío Del Rosario Cancio Arellano

Asesor

Dr. Angel Hugo Campos Díaz

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Rocío del Rosario Cancio Arellano	15744297	29-02-2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Angel Hugo Campos Díaz	15619145	0000-0003-3306-6412
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS-POSGRADO-MAESTRÍA:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Algemirol Julio Muñoz Vilela	15736557	0000-0001-7981-8531
Hector Jorge Castro Bartolomé	15601765	0000-0002-2941-2565
Robert William Ocrosopoma Dueñas	15728953	0000-0002-8312-6359

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMPOST PRODUCIDO CON DIFERENTES PROPORCIONES DE RESIDUOS VEGETALES DE MERCADO Y PLANTAS ACUÁTICAS, HUACHO 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	8%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	dspace.esoch.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A Dios por iluminar mi camino.

A mis padres por su apoyo incondicional y por ser parte de este estudio.

A mi hijo por apoyarme y darme aliento en el desarrollo de este estudio.

A todas las personas y amigos que desinteresadamente apoyaron para llegar a la meta.

Rocío del Rosario Cancio Arellano

AGRADECIMIENTO

Expreso profundamente mi gratitud al Dr. Hugo Campos por su apoyo, preocupación y motivación a este estudio de investigación.

Así también, el agradecimiento a los docentes de la Escuela de Ingeniería Química por su colaboración en esta investigación.

Rocío del Rosario Cancio Arellano

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2 Formulación del problema	17
1.2.1 Problema general	17
1.2.2 Problemas específicos.....	17
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 Justificación de la investigación	18
1.5 Delimitación del estudio	19
1.6 Viabilidad del estudio	19
CAPITULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	20
2.2 Bases teóricas.....	29
2.3 Definición de términos básicos	58
2.4 Hipótesis de investigación	59
2.4.1 Hipótesis general	59
2.4.2 Hipótesis específica	60
2.5 Operacionalización de las variables.....	61
CAPÍTULO III	62
METODOLOGÍA.....	62
3.1 Diseño metodológico	62
3.2 Población y muestra.....	69
3.3 Técnicas de recolección de datos	70
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información	71
CAPITULO IV	72
RESULTADOS	72
4.1 Análisis de resultados	72
4.1.1 Evolución de los parámetros de seguimiento	72
4.1.2 Resultados de análisis del compost.....	74
4.2 Contrastación de hipótesis	78
4.2.1 Análisis de contrastación de parámetros físico-químicos	81

4.2.2	Análisis de contrastación de nutrientes.....	96
CAPITULO V.....		104
DISCUSIÓN.....		104
5.1	Discusión de resultados	104
5.1.1	Relación C/N	104
5.1.2	Materia orgánica (M. O.).....	104
5.1.3	pH	105
5.1.4	Humedad.....	105
5.1.5	Nitrógeno total	105
5.1.6	Potasio	106
CAPÍTULO VI		107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		107
6.1	Conclusiones.....	107
6.2	Recomendaciones	108
REFERENCIAS		109
ANEXOS.....		123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de residuos de alimentos	32
Tabla 2. Características de Elodea	40
Tabla 3. Parámetros óptimos para el desarrollo de compostaje	50
Tabla 4. Operacionalización de variables de estudio	61
Tabla 5. % Elodea potamogeton en compost a base de residuo del mercado	63
Tabla 6. Resultados promedios de la relación C/N	74
Tabla 7. Resultados promedio del % de humedad	75
Tabla 8. Resultados promedio del pH	75
Tabla 9. Resultados promedio del % de materia orgánica	76
Tabla 10. Resultados promedio del % de nitrógeno.....	77
Tabla 11. Resultados promedio del % de potasio	77
Tabla 12. Análisis de varianza de un factor	79
Tabla 13. Análisis de varianza de la relación C/N	81
Tabla 14. Comparación de media de C/N con Tukey ($\alpha=0.05$)	82
Tabla 15. Parámetro de calidad de compost de la relación C/N	83
Tabla 16. Prueba de cola inferior de C/N.....	84
Tabla 17. Prueba de cola superior de C/N.....	84
Tabla 18. Análisis de varianza de la humedad	85
Tabla 19. Comparación de medias de la humedad con Tukey ($\alpha=0.05$)	86
Tabla 20. Parámetro de calidad de compost % de humedad.....	87
Tabla 21. Prueba de cola inferior para %H	88
Tabla 22. Prueba de cola superior para el % H.....	88
Tabla 23. Análisis de varianza de materia orgánica	89
Tabla 24. Comparación de medias de la materia orgánica con Tukey ($\alpha=0.05$)	90
Tabla 25. Parámetro de calidad de compost de materia orgánica	91
Tabla 26. Prueba de cola superior para % M. O.	91
Tabla 27. Análisis de varianza de pH	92
Tabla 28. Comparación de medias del pH con Tukey ($\alpha=0.05$).....	93
Tabla 29. Parámetro de calidad del compost pH.....	94
Tabla 30. Prueba de cola inferior para pH	94
Tabla 31. Prueba de cola superior para pH	95
Tabla 32. Análisis de varianza del % de nitrógeno	96
Tabla 33. Comparación de medias del nitrógeno con Tukey ($\alpha=0.05$)	96
Tabla 34. Parámetro de calidad de compost para nitrógeno.....	97
Tabla 35. Prueba de cola inferior para %N	98
Tabla 36. Prueba de cola superior para %N	99
Tabla 37. Análisis de varianza para el potasio	100
Tabla 38. Comparación de medias del potasio con Tukey ($\alpha=0.05$).....	100
Tabla 39. Prueba de cola inferior para % K.....	102
Tabla 40. Prueba de cola superior para el %K	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales causas de desperdicio de alimento en cadena de suministro	34
Figura 2. Elodea potamegeton en Polabaya Arequipa	39
Figura 3. Evolución del pH, temperatura y oxígeno.....	49
Figura 4. Esquema de la distribución aleatoria de los bloques y tratamientos	64
Figura 5. Ubicación del área experimental	65
Figura 6. Conformación de las unidades experimentales	67
Figura 7. Metodología para el análisis de los parámetros de respuesta	69
Figura 8. Fases del compostaje delimitadas por temperatura en tres tratamientos	72
Figura 9. Variación de pH en tratamientos T1, T2 y T3.....	73
Figura 10. Relación C/N	83
Figura 11. Relación C/N por tratamiento.....	85
Figura 12. % Humedad por cada tratamiento	87
Figura 13. Comparación de la humedad	89
Figura 14. % de materia orgánica por tratamiento.....	90
Figura 15. % de materia orgánica.....	92
Figura 16. pH por cada tratamiento	93
Figura 17. Comparación del pH	95
Figura 18. Comparación de medias para el nitrógeno	97
Figura 19. Comparación para el nitrógeno	99
Figura 20. Comparación de medias para el potasio	101
Figura 21. Comparación para el potasio	103

RESUMEN

Actualmente la población creció determinando que aumente toda demanda de productos y servicios básicos para satisfacer necesidades básicas, la necesidad de cubrir la alimentación de la población hizo que producir alimentos sea el sector de mayor crecimiento, los desechos alimentarios y verdes comprenden más del 50%. Otra fuente de residuos orgánicos son restos de plantas acuáticas que se generan en los humedales costeros de Huacho, actualmente no se están reciclando, en estos humedales se ha podido observar la proliferación excesiva de plantas acuáticas, ocasionando la disminución tanto de las variedades y la población de especies acuáticas, así también dificulta las actividades recreativas en esta laguna, se desconoce la calidad de compost a base de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton*. Por ello como objetivo se evaluó la calidad de compost de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton* con proporciones variadas, se incluyó también corona de piña y estiércol de cuy. Para la evaluación de la calidad fue usada como referente la norma establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Con enfoque metodológico experimental, fue empleado diseño DCA de un factor, con un tratamiento testigo T1 y dos proporciones distintas de *Elodea potamogeton*, para T2 16.67% y T3 33.33%, el tiempo de compostaje fue de 108 días, los datos se procesaron con ANOVA de un factor, comparación de medias de Tukey con 5% de significancia, finalmente con el estadístico Z se evaluó el cumplimiento de la normativa, para los parámetros de relación C/N, humedad, pH, material orgánico, nitrógeno y potasio. Los resultados determinaron que T3 se desempeñaron mejor en el cumplimiento de la relación C/N y no cumplió T1, materia orgánica solo cumplió el tratamiento uno y los nutrientes como nitrógeno y potasio se cumplieron en todos los tratamientos.

Palabras clave: Compost, plantas acuáticas, residuos vegetales.

ABSTRACT

Currently the population grew, determining that all demand for basic products and services to satisfy basic needs increased, the need to cover the population's diet made food production the fastest growing sector, food and green waste comprises more than 50%. Another source of organic waste is the remains of aquatic plants that are generated in the coastal wetlands of Huacho. Currently, they are not being recycled. In these wetlands, the excessive proliferation of aquatic plants has been observed, causing a decrease in both the varieties and the population. of aquatic species, as well as hindering recreational activities in this lagoon, the quality of compost based on market plant waste and Elodea potamogeton is unknown. Objective was to evaluate quality of compost from market vegetable waste and Elodea potamogeton with varied proportions; pineapple crown and guinea pig manure were also included. For quality evaluation, the standard established by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) was used as a reference. With an experimental methodological approach, a one-factor DCA design was used, with a control treatment T1 and two different proportions of Elodea potamogeton, for T2 16.67% and T3 33.33%, the composting time was 108 days, the data were processed with ANOVA of one factor, comparison of Tukey means with 5% significance, finally with the Z statistic, compliance with the regulations was evaluated, for the parameters of C/N ratio, humidity, pH, organic material, nitrogen and potassium. The results determined that T3 performed best in compliance with the C/N ratio and T1 did not comply, organic matter only met treatment one and nutrients such as nitrogen and potassium were met in all treatments.

Keywords: Compost, aquatic plants, plant waste.

INTRODUCCIÓN

Actualmente poblacionalmente hubo crecimiento esto determinó que aumente toda demanda de productos y servicios básicos para satisfacer necesidades de la población, la necesidad de cubrir la alimentación poblacional provocó que el producir alimentos sea el sector de mayor crecimiento (Vargas, 2023). En el 2019 fue estimado una generación de aproximadamente 931 millones de toneladas en cuanto a desperdicios de alimentos, representando el 17% de la producción mundial de alimentos (Zhongming, Linong, Xiaona, Wangqiang y Wei, 2021, p.6), los mercados generan uno de los principales flujos de desechos de alimentos (Jara, 2016).

Los residuos sólidos municipales en Huacho generan en este distrito un per cápita igual a 1,07 Kg/hab./día; generando 72,84 t/día de residuos sólidos; los residuos orgánicos tienen una composición del 50,17% (Minam, 2021). Otra fuente de residuos orgánicos son restos de plantas acuáticas generadas en los humedales costeros de Huacho, actualmente no se están reciclando, en estos humedales se ha podido observar la proliferación excesiva de plantas acuáticas, ocasionando la disminución tanto de las variedades y la población de especies acuáticas, así también dificulta las actividades recreativas en esta laguna.

Siendo técnica sostenible el compostaje pues estabiliza toda materia orgánica, para así obtener beneficios para mejorar la propiedades físico-químicas y biológicas de suelos. El compostaje también puede contribuir a lograr Objetivos de Desarrollo Sostenible propuesto por Naciones Unidas (Hettiarachchi, Bouma, Caucci y Zhang, 2020).

Como objetivo del estudio se propuso evaluar la calidad de compost de residuo vegetales del mercado y *Elodea potamogeton* con proporciones variadas, se incluyó

también corona de piña y estiércol de cuy. Para la evaluación de la calidad fue referente la norma perteneciente a la FAO. Enfoque metodológico experimental, diseño DCA de un factor, con un tratamiento testigo T1 y dos proporciones distintas de *Elodea potamogeton*, para T2 16.67% y T3 33.33%, el tiempo de compostaje fue de 108 días.

Los datos se procesaron con ANOVA de un factor, las medias fueron comparados por Tukey con significancia del 5%, finalmente con el estadístico Z se evaluó el cumplimiento de la normativa, para los parámetros de relación C/N, humedad, pH, materia orgánica, nitrógeno y potasio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Hay demanda según crece la población en cuanto a productos y servicios básicos que satisfacen necesidades de la población, la necesidad de cubrir la alimentación poblacional hizo que producir alimentos sea un sector con mayor crecimiento (Vargas, 2023). La industria de alimentos genera una cantidad considerable de residuos. Al respecto, Kasa et al. (2018) estimaron que los desechos alimentarios y verdes comprenden más del 50 por ciento de desechos en naciones de bajos ingresos o medios (p.17). En 2019 el desperdicio de alimentos estimado que se genera es aproximadamente 931 millones de toneladas, que son 17 % respecto a producción mundial de alimentos (Zhongming, Linong, Xiaona, Wangqiang y Wei, 2021, p.6), los mercados generan uno de los principales flujos de desechos de alimentos (Jara, 2016).

La pérdida de alimentos en toda la cadena no solo es desperdicio de estos, también impacta en cuanto a recursos hídricos, energéticos y terrestres, se convierte así en una carga al medio ambiente (Gao, S., Bao, J., Liu, X. y Stenmarck, 2018, p.2).

La situación en el Perú no es muy diferente, tal es así que se mantiene una tendencia positiva entre el crecimiento demográfico y el generarse residuo orgánico. Al respecto, especialistas del Ministerio Nacional del Ambiente [Minam] (2012), estimaron que se genera residuo orgánico reutilizables en Perú del 2012-2021, resultando un incremento del 14,3%. Todo residuo sólido municipal se compone de 57,2% de residuo orgánico y de total de residuo valorizables los residuos orgánicos valorizados representaron solo el 0.85 % (Minam, 2023).

Los residuos sólidos municipales de Huacho, en el distrito genera per cápita 1,07 Kg/hab./día; generando 72,84 t/día de residuos sólidos; los residuos orgánicos tienen una composición del 50,17% (Minam, 2021). Los mercados generan entre 3.5 a 4 t/día de residuos orgánicos. Este residuo orgánico municipal de Huacho, son llevados al relleno sanitario de Acaray en donde lo tratan mediante el compostaje. Otra fuente de residuo orgánico son resto de plantas acuáticas generadas en los humedales costeros de Huacho, actualmente no se están reciclando, en estos humedales se ha podido observar la proliferación excesiva de plantas acuáticas, ocasionando la disminución tanto de las variedades y la población de especies acuáticas, así también dificulta las actividades recreativas en esta laguna., el control se realiza mediante retiro mecánico, luego es llevado a un botadero, esta disposición produce la contaminación del suelo, agua ya aire.

“Compostaje es la técnica sostenible para tratamiento de residuo orgánico para permitir su estabilización y valorización. Esta técnica es ampliamente usada para tratar residuos agrícolas y recientemente en tratamiento de residuo municipal. El compostaje se efectúa en un medio aeróbico, permitiendo que los compuestos orgánicos se biodegraden, bajo condiciones controladas, lo que facilita la transformación de los compuestos orgánicos en productos estables y sanitizados conocido como compost” (Toledo, Siles, Gutiérrez y Martín, 2018, p.1).

El uso de compost de residuos urbanos mejora calidad del suelo y remedia suelos dañados a plazo largo (Sax, Bassuk, van Es y Rakow, 2017). El compostaje también contribuye a un logro de Objetivo del Desarrollo Sostenible propuesto por Naciones Unidas (Hettiarachchi, Bouma, Caucci y Zhang, 2020). La Agencia de Protección

Ambiental de EE.UU. (EPA, 2020) indica que uno de los desafíos del compostaje es la baja calidad del compost, asegurar la materia prima es una solución posible.

Los residuos vegetales de mercado y las malezas acuáticas (*Elodea potamogeton*) son materia prima para elaboración del compost, pero se desconoce la proporción adecuada y calidad de compost que se obtendría. Por ello, en el presente estudio fue realizado el compostaje de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton* con proporciones variadas, se incluyó también corona de piña y estiércol de cuy. Para la evaluación de la calidad la norma referencial fue la propuesta por la FAO.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál es la calidad del compost producido con diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y plantas acuáticas en el distrito de Huacho, 2022?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué valores presentan los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido a partir de dos diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton*?
- ¿Cuál es la concentración de nutrientes (nitrógeno y potasio) en el compost obtenido a partir de dos diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton*?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la calidad del compost producido con diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y plantas acuáticas en el distrito de Huacho, 2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los valores que presentan los parámetros fisicoquímicos (relación C: N, humedad, pH y materia orgánica) del compost obtenido a partir de dos diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton*.
- Conocer la concentración de nutrientes (nitrógeno y potasio) en el compost obtenido a partir de dos diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton*.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación teórica

Se quiere proporcionar información acerca de calidad fisicoquímica de compost resultante al mezclar diferentes proporciones de residuo vegetal del mercado y *Elodea potamogeton*, empleando el sistema abierto (pilas). Se establecerá un aporte a la literatura, debido a que en el distrito de Huacho no hay una investigación con los materiales de ingreso específico que se realizará en esta investigación.

1.4.2 Justificación práctica

En este estudio se busca demostrar un compostaje de residuo vegetal de mercado y *Elodea potamogeton* como buena opción para dar tratamiento a estos residuos orgánicos en la localidad de Huacho, el compost genera bienestar a la propia localidad al ser utilizado

para mejorar los suelos y la producción de alimentos, además que *Elodea potamogeton* sea incluido en la gestión integral de residuo sólido orgánico municipales del distrito de Huacho.

1.4.3 Justificación metodológica

Los residuos vegetales y las malezas acuáticas pueden reciclarse mediante el compostaje, considerado una de las tecnologías más disponible, siendo el compostaje la técnica con mayor potencial en lo que respecta a valorización de residuo orgánico.

1.5 Delimitación del estudio

En este estudio la población estuvo representada por los residuos vegetales de mercado y la planta acuática *Elodea potamogeton* en el distrito de Huacho, el estudio se desarrolló entre 2022 y 2023.

1.6 Viabilidad del estudio

Este estudio busca dar valor agregado a los residuos vegetales de mercado y a *Elodea potamogeton*, empleando la técnica del compostaje se puede recuperar nutrientes que serán reincorporados al suelo, para así lograr en sus propiedades una mejora, también reducir la contaminación ambiental. La técnica del compostaje es económica y replicable.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Caro, Romero y Lora (2009), estudian sobre “Producción de abono orgánico a partir de Elodea (*Egeria densa*) en la laguna de Fúquene” produjeron abonos orgánicos partiendo de elodea de la laguna de Fúquene. Trataron mediante compostaje tipo Bocashi, diferentes proporciones de: *Elodea*, cal dolomítica, levadura, gallinaza y melaza. Primer tratamiento (t1): 50 kg de *elodea*, 20 kg de cal dolomítica, levadura 5 kg, gallinaza 20 kg, melaza 5 kg; segundo tratamiento: (t2) 60 kg de elodea, 10 kg de cal dolomítica, 3 kg de levadura, 19 kg de gallinaza, 8 kg de melaza; tercer tratamiento (t3): 70 kg de elodea, 15 kg de cal dolomítica, 2 kg de levadura, 10 kg de gallinaza, 3 kg de melaza. Los resultados muestran valores para el contenido de N, P₂O₅ y K₂O para los tres tratamientos, para t1 1,7%, 2,54% y 2,88% respectivamente, para t2 1,6%, 2,96% y 3,40% respectivamente y para t3 1,50%, 2,66% y 3,06 % respectivamente, cumplen los requisitos según NTC-5167 para Colombia, en carbono orgánico t1 y t2 sus valores 15,16% y 18,34% respectivamente ambos tratamientos cumplen requisito de contenido mínimo a 15% a excepción de t3 con 13,3%. La relación C: N presenta valores de 8,9, 11,5 y 8,9 para los tratamientos t1, t2 y t3 respectivamente lo que significa una buena mineralización en el proceso de compostaje. Concluyen que es posible obtener abono orgánico empleando planta acuática *elodea* (*Egeria densa*) y el uso en agricultura es opción buena en la mantención de toda laguna, cumpliendo la normativa colombiana.

Mollinedo Suntura, Z. (2009), en su informe “Determinación de calidad de compost, hecho en base a residuo sólido orgánico en Municipio Puerto Mayor Carabuco,

Provincia Camacho”. Como objetivo el estudio buscó determinar la calidad del compost elaborado partiendo de residuo sólido orgánico en el Municipio referido líneas arriba, para ello realizó el compostaje de los residuos de lago (*Elodea* y *Myriophyllum*), estiércol (de ovino y vacuno), residuo de pasto (cebada y avena) residuo de cosecha (broza de habas y tarwi), realizó cuatro tratamientos con diferentes proporciones de los materiales mencionados. El tratamiento uno: residuo de cocina 4%, residuo de forraje 8%, residuo de lago 32% y estiércol de bovinos 56%. Tratamiento dos: de residuo de forraje 12%, estiércol de bovino y ovino mezclado 40% y residuo en lago 48%. Tratamiento tres: 40% residuo de forraje, estiércol bovino y ovino mezclado 30% y residuo de lago 30%. Tratamiento cuatro: residuo de cosecha 24%, estiércol mezclado de bovino y ovino 18%, residuo de lago 58%. Compostaje realizado en lapso de 129 días de proceso. Con mejor desempeño de la mezcla tres, los resultados del tratamiento son los siguientes: N con valor de 0,92%, P con valor de 0,5%, K con valor de 1,88%. Ca y Mg 2,2 y 0,28% respectivamente. Fe y Mn 0,23 y 0,029 respectivamente. Conductividad 5,07 S/cm. Humedad 53,36%. Materia orgánica 19,41%. Relación C/N 12,21. Logrando obtener compost en 147 días debido a ello mostró 479 kg de compost siendo el mayor rendimiento por cada 1000 kg de material orgánico. El compost a menor tiempo obtenido comparado con otros tratamientos, así también menciona que los residuos del lago, debido a su origen y características, contienen microorganismos que ayudaron en cuanto a descomposición de la materia orgánica.

Reyes de Cabrales (2009), en su estudio titulado “Elaboración de abono orgánico partiendo de planta acuática: *Elodea* (*Hydrilla verticillata*) y Jacinto o Lirio de agua (*Eichhornia crassipes*), originarios de Lago de Coatepeque y Lago de Güija”, empleó la técnica compostaje. Las proporciones empleadas fueron: 100% de *Elodea*, Jacinto de agua 100% mezclando las dos con proporción 50:50. Realizó análisis químicos a los compost

obtenidos, para verificar el concentrado de nutrientes. Analizaron: total nitrógeno y fósforo, potasio, hierro además manganeso. Los resultados para nitrógeno total en Elodea fueron de 1,08%, para el Jacinto de agua fue de 1,12% y para la mezcla 1,16%. Los resultados de fósforo total para Elodea fueron de 0,18%, para el Jacinto de agua fue de 0,24% y para la mezcla 0,33%. Los resultados de hierro para Elodea fueron de 1,82%, para el Jacinto de agua fue de 1,50% y para la mezcla 1,20%. Concluye que tiene mayor porcentaje el abono aquel cuyo peso de nutriente se formuló por la mezcla de las dos plantas, a excepción del hierro.

Martínez-Nieto et al. (2011), en su estudio “Manejo de residuo generado directa o indirectamente a través de cultivo de cebolla en Aquitania (Boyaca-Colombia)”, el objetivo marcado fue producir abonos orgánicos empleando el compostaje, para ello utilizaron como base: residuos de la pelanza de cebolla, elodea brasilera (*Egeria densa* Planch) y gallinazas, utilizaron microorganismo que mejoraron calidad en el compost conclusivo. Además, utilizaron harina de cebada que nivelaría relación de transformaciones carbono/nitrógeno, carbono/fósforo y humedad contenida. Fueron diseñados 6 tratamientos consistentes en emplear 2 mezclas de residuo con y sin adicionar inóculo microbiano. Emplearon biopreparado microbiano, compuesto uno por microorganismo celulolítico, proteolítico y amilolítico (MCPA) y el otro con microorganismos eficientes (EM). Los tres primeros tratamientos consistieron en mezcla de: elodea, cascarilla de arroz, gallinaza, cebolla y harina de cebada. El primer tratamiento con adición de MCPA, el segundo tratamiento con adición de EM y el tercer tratamiento sin adición. Los tres tratamientos siguientes estuvieron constituidos por mezclas de: elodea, cebolla y cascarilla de arroz. El cuarto tratamiento con adición de MCPA, el quinto tratamiento con adición de EM y el sexto tratamiento sin adición. Resultó del análisis realizado en la determinación de

madurez y calidad del compost de diferentes tratamientos muestran que la mayoría cumplió la normativa colombiana, excepto 4, 5 y 6 en relación a fósforo, y 3 y 6 con recuento de coliforme total. Para prueba de fitotoxicidad, mayor porcentaje se observó para germinación en últimos 3 tratamientos; a pesar que todo tratamiento cumplía excepto el 2. Los patógenos humanos estaban en el límite excepto el 3 y 6, respecto a coliforme total. Los autores concluyeron que el compostaje con inóculo microbiano resulta viable, siendo compost de primer tratamiento inoculado con MCPA quien tuvo la mejor característica nutricional y biológica.

Jara (2016), en su informe de doctorado “Oportunidades de valorizaciones por compostaje de residuo orgánico urbano y afines en Ecuador: Gestión propuesta para la provincia de Chimborazo”, un fin específico planteó, el desarrollo y definición de procesos variados en cuanto a compostaje y co-compostaje partiendo del residuo orgánico urbano y similares que se destina a vertederos, incluyéndose residuo orgánico del mercado, resto de poda y jardinería, evaluando integralmente la calidad del compost obtenido. Realizaron tres tratamientos. Tratamiento 1 (T1): constituido por 50% de residuo vegetal del mercado, 33% en poda de árboles y 17% en poda de palma. Tratamiento 2 (T2): constituido por 60% de residuo vegetal procedente del mercado, 30% poda de árbol, 10% poda de palma. Tratamiento 3: constituido por 75% de residuo vegetal del mercado, 25% en poda palma. La relación C/N tuvieron valores de 26,5, 25,8 y 32,9 correspondiente a los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente. Los tres tratamientos alcanzaron la temperatura más alta en la primera semana (60,3, 62 y 57,1, respectivamente para T1, T2 y T3), lo que demuestra la alta actividad de microorganismos. En cuanto a variabilidad del parámetro en calidad de compost como pH fueron en aumento en todas las mezclas, solo el T3 mostró un valor cercano a la neutralidad. Para salinidad, CE minoró durante el proceso (1,42, 1,79 y 2,02

mS/cm, para T1, T2 y T3 del compost final), el compostaje en este estudio fue realizado en sistema abierto, viéndose favorecido por lluvia el lixiviado de sales. La CIC está asociada a la formación de compuestos húmicos, todos los compost incrementaron su valor (149, 155 y 137, para T1, T2 y T3 para el compost final), indicando así un grado aceptable de madurez. La relación C/N fue decreciendo hasta alcanzar valores inferiores a 20 (16,2, 11,9 y 17,5, para T1, T2 y T3 para el compost final). A fin de establecer la calidad del compost se comparó sus características primordiales químicas en cuanto a valores de estas, además el contenido de nutriente, con valores que establecen normas internacionales. En cuanto a MO, todo compost cumple con las directrices, en contenidos de P fueron bajos en consideración con directrices establecidas por la USA, siendo una característica de residuos verdes, acercándose el valor a los compost encontrados de residuos vegetales y abonos. Concluyendo que todas propuestas han presentado una bioestabilización eficiente en cuanto a humificación y mineralización del material orgánico, obtuvieron un compost de característica adecuada para usarse en lo que es agricultura.

García-Ramos, C., Arozarena-Daza, N., Martínez-Rodríguez, F., Hernández-Guillén, M., Pascual-Amaro, J., y Santana-Gato, D. (2019), en su estudio “Obtención de compost por biotransformación del residuo en mercado agropecuario” en la ciudad de la Habana. El objetivo de este estudio fue obtener abono orgánico, para ello emplearon residuos de productos agrícolas provenientes de mercados públicos para la obtención de compost. Los residuos de mercado estaban constituidos básicamente de fruta, hortaliza, vianda, raíces y tubérculo. Realizaron dos tratamientos, con inoculante microbiano (20% de estiércol vacuno) y sin inoculante, el tratamiento A (TA) consistió en 100% v residuo de mercado agropecuario y en tratamiento B (TB) 80% v residuo de mercado agropecuario más 20% v en cuanto a estiércol vacuno, la duración fue de 112 días. Durante el proceso

ambos tratamientos alcanzaron la etapa termófila, garantizando la desinfección del producto final. El compost final obtuvo valores en cuanto al pH se mantuvo próximo al neutro, con una media de 8,99 para TA y 8,62 para TB. Con respecto a la conductividad eléctrica (C.E.), si bien ambos productos se mantuvieron dentro del rango, incorporar el estiércol a proceso permitió que la conductividad eléctrica disminuyera notablemente en orden de 40% con respecto al compost sin inóculo, lo que tendrá un menor impacto sobre el suelo, con una media de 8,02 para TA y 5,32 para TB. Los porcentajes de materia orgánica (M.O.), considerado como un indicador de eficiencia, resultaron mayores a 20%. El contenido de potasio, sodio y magnesio resultan inferior a su correspondiente valor inicial, lo que está relacionado con la pérdida por lixiviación, a través de todo el proceso de compostaje, con valores de Na medio de 0,1 y 0,7 para TA y TB respectivamente, para K con valores medio de 1,87 y 1,31 para TA y TB respectivamente, para Mg con valores medio de 0,17 y 0,25 para TA y TB respectivamente. Con respecto a la madurez del compost se establecieron por ensayo de germinación, con especies con sensibilidad a sustancia fitotóxica, los valores de la media del índice de germinación para el TA fueron de 58,1% y para el TB fue de 69,1%, con una mejor respuesta del TB, aunque ambos valores son aceptados ya que se admite valores desde %50 hasta 80%. Las pruebas de respiración basal se realizaron en términos de CO₂, donde valores menores de 2 mg CO₂ en cada g de muestra corresponde a notable reducción de actividad microbiana, los valores de media obtenidos para el TA fueron de 1,43 y para el TB de 1,81, este resultado afirma que el proceso de compostaje transcurrido en 112 días para TA y menos una semana para el TB. Los autores concluyen que las compostas obtenidas tienen utilidad en la preparación de sustratos de uso agrícola, neutraliza suelos ácidos, de uso confiable ya que no se ve afectado por microorganismos patógenos ni por metales pesados, lo que hace viable el tratamiento mediante compostaje para estos residuos.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Suaña (2013), en “Compostaje de residuo orgánico y Lenteja de agua (*Lemna sp.*) aplicando microorganismo eficaz, Puno”. Cuyo objetivo fue evaluación de influencia de las dosis diversas de Microorganismo Eficaz durante el procesamiento de compost basado en residuo orgánico doméstico y lenteja de agua. Para ello evaluaron el tiempo de descomposición y granulometría del compostaje de residuo orgánico doméstico y lenteja de agua, se evaluó temperatura, pH de producto final y determinaron las concentraciones de micronutrientes como: nitrógeno, potasio, fósforo y sodio. Los resultados muestran temperaturas promedio a partir de lenteja de agua con valor de 26,56 °C y el obtenido partiendo de residuo orgánico doméstico 27,48°C, lo cual indica que los materiales de ingreso del compost no influyen en la temperatura de este, resalta que los valores promedio más altos de temperaturas corresponde a dosis EM (100 y 200 ml), a diferencia del testigo que presenta temperaturas inferiores. Los valores de pH muestran los promedios de pH, para lenteja de agua 6,5 y para residuo orgánico 6,4, el pH no presenta variaciones apreciables para las diferentes dosis de ME. El porcentaje de nitrógeno muestra valores para lenteja de agua un 0,257% y para residuo orgánico 0,217%, la variación no es significativa. El porcentaje de fósforo para la lenteja de agua des de 36,89% y para residuo orgánico de 34,5%. El porcentaje de potasio para la lenteja de agua es 0,557% y para residuo orgánico 0,610%, los valores no varían apreciablemente. El porcentaje de sodio es 781% para la lenteja de agua y 510% de residuo orgánico.

Damián (2018), presentó su informe “Aplicación de tres tratamientos que aceleren la elaboración de compost con residuo del Mercado Los Cedros, en Chorrillos”, su fin estuvo basado en determinar calidad de compost que se obtuvo partiendo de residuo del mercado, proceso con duración de 5 semanas. Este estudio estuvo basado en tratamientos y

testigo (3 y 1 respectivamente), en todos usó residuos de mercado. El testigo (T0) no usaron un acelerador, el tratamiento (T1) usaron levadura; en segundo tratamiento (T2) usaron bacteria de lactobacillus; para tratamiento (T3) usaron estiércol de cuy. Se determinó calidad de compost por norma técnica de Chile y Manual de compostaje de FAO. El autor concluye que, al evaluarse la calidad que se obtuvo basado en tres tratamientos que aceleraron la obtención del compost, para tratamiento basado en estiércol de cuy que cuenta con mejor calidad pues tiene relación adecuada en carbono y nitrógeno (24,96), contenido mayor de nutriente como N, P y K (1,58%, 1,7% y 3,09%) y 82,37 % de materia orgánica.

Márquez (2019), en la tesis “Evaluación de calidad en compost con especie acuática invasora *Eichhornia crassipe* (Jacinto de agua) y *Pistia stratiotes* (Lechuga de agua) en el Humedal Santa Rosa-Chancay y el efecto en crecimiento de *Raphanus sativus* (Rábano). Como objetivo planteó: determinarse la calidad del compost Jacinto de agua y Lechuga de agua, comparar la calidad entre ambas y determinar el efecto del compost referido en el crecimiento del rábano. Realizó 4 tratamientos, sistema jacinto de agua, con y sin melaza además sistema de lechuga con presencia y sin presencia de melaza. Al determinar la calidad del compost lo comparó con NCh 2880, NTC 5167 y OMS. Concluyó no cumple en cuanto a calidad el compost jacinto de agua sin y con melaza con NCh 2880 y NTC 5167, solo cumple lo normado por OMS y más parámetros cumple jacinto de agua con melaza. Para evaluación lechuga de agua concluyó que en ambos casos solo cumple el parámetro de Hd para la NCh 2880, con respecto a la NTC 5167 no cumple ningún parámetro, de otro lado en ambos casos cumple los parámetros de la OMS. La comparación del cumplimiento de parámetros de calidad jacinto de agua, así como lechuga

de agua fue el último que presentó mayor calidad. En cuanto al efecto en el crecimiento del rabanito tuvo mayor incidencia el compost de jacinto de agua.

Mancha (2018), presentó su informe pregrado “Elaboración de compost de diversa proporción y evaluaciones de calidad en San Jerónimo de Tuna”, este estudio presentó como objetivo determinar el tipo de compost de diversas fuentes y proporción que mejor se desempeñan en cuanto a evaluación de calidad físico – química. Para ello, empleó el compostaje en pilas estáticas con una duración del proceso de tres meses. Los materiales de entrada fueron: restos de vegetales (verdura, frutas, hojarasca y flores) y excremento de cuy y vacuno ambos en proporciones disímiles. Con un total de 5 tratamientos, un testigo y en 4 de ellos se mezclaron con excremento de cuy t de ganado vacuno en proporciones diferentes. Los resultados lo obtuvieron de los análisis físico-químico, la información permitirá hacer la comparación con las normas legales y evaluar el compost en cuanto a calidad según humedad, temperatura, carbono, potencial de hidrógeno y nitrógeno. Los resultados mostrados para la humedad fueron que los agregados con guano vacuno y de cuy tuvieron un mejor desempeño que el testigo, de la misma manera para la tempera el mejor desempeño lo tuvieron los agregados con guano vacuno y de cuy, para el pH los resultados mostraron que en lo que respecta a compost normal su desempeño resulta menor comparado con el compost que tienen agregados de excremento de cuy y vacuno, el contenido de carbono y nitrógeno tuvo la concentración más alta en el tratamiento testigo seguido del tratamiento con abono de cuy, la relación C/N tiene un mayor valor para el tratamiento con abono de cuy en proporción 1:1. Finalmente concluye que el compost con residuos vegetales y excremento vacuno con proporción 1:2, con desempeño mejor en lo que concierne a evaluación de la calidad físico química, en cumplimiento a parámetros de calidad establecidos según FAO.

Suni (2018), en su tesis de posgrado titulado “Aprovechamiento del residuo sólido orgánico para compostaje en Mercado Mayorista Metropolitano Río Seco – La Parada, en Cerro Colorado, Arequipa”. Este estudio consistió en aprovechar el residuo sólido orgánico mediante el compostaje. Para elaborar el compost recolectó desechos orgánicos que provienen de camal, mercado y jardines aledaños; en cantidades de 1,35 t de vegetales, 0,87 t de césped, 0,03 t de cartón y papel, 1,35 de residuo ruminal además de 0,45 de excremento vacuno. Empleó el método de pila o parva, apilando 1,2 t de materia orgánica por pila, el compost fue obtenido a las 12 semanas sumando a ello el posterior proceso correspondiente a maduración en 9 semanas con 21 semanas en total. Los parámetros que evaluaron fueron carbono orgánico, pH, conductividad eléctrica, N, materia orgánica, relación C/N, P, K, Ca además Mg. Sus resultados a las 12 semanas mostraron valores para el pH de 7,6, materias orgánicas 37,88%, C.E. 1,04 dS/m, nitrógeno 0,99%, carbono orgánico 21,97%, relación C/N 22,19, K igual 1,25%, Ca igual 1,27%, fósforo 0,56% y Mg igual 0,31%. Los resultados a los que se llegó en la 21 semana mostraron valores para pH 7,6, materia orgánica 36,04%, C.E. 1,08 dS/m, nitrógeno 0,95%, relación C/N 22,00, carbono orgánico 20,90%, potasio 1,23%, fósforo 0,58%, calcio 1,29% y magnesio 0,33%. Se obtuvo un compost de calidad terminando a las 21 semanas del proceso de maduración clasifica como A, conforme a lo que norma en Chile además lo que regla la FAO.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Residuo vegetal de mercado

Estos son considerados como aquellos residuos orgánicos biodegradables aptos para ser transformados en compost. Al respecto el Real Decreto 506/2013 define a los residuos orgánicos biodegradables como: “residuo o sub producto cuyo origen puede ser animal o vegetal que se utiliza como materia prima”, así, forman parte los residuos

municipales, incluido fracciones selectivamente recogidas (residuos de mercado de origen vegetal y animal) (p.73).

En la actividad agrícola los restos de vegetales ha pasado a formar el principal residuo procedente de esta actividad, generándose tanto en sus etapas productivas como de transformación, estos residuos lo componen principalmente restos de plantas, además se incluyen los frutos que no poseen la estética o calidad no se pueden comercializar (Blázquez, 2003). En este estudio los residuos vegetales de mercado estarán representados por restos de frutas, verduras, tubérculos.

2.2.1.1 Pérdida y desperdicio de alimento.

Estos términos han sido utilizados en la diferenciación de fases donde en la cadena de suministro ocurre el desperdicio (Jeswani et al., 2021).

Pérdida de alimentos

Se define como disminución de la masa o calidad del alimento que puede ocurrir en la cadena de suministro resultado de decisiones y acciones de proveedores (agricultura y manufactura), excluyendo al minorista, al proveedor de servicios alimentarios y consumidores (Food and Agriculture Organization [FAO], 2019, p. 6).

Desperdicio de alimento

Disminución de masa o calidad de alimento según manejo de minoristas, servicios alimentarios y consumidores (FAO, 2019, p. 6).

Otra definición propuesta por Vittuari et al. (2016) indicaron que, cualquier alimento incluyendo la parte no comestible desviados de la cadena de alimentos para su eliminación o recuperación, incluye los siguientes destinos: “compostaje, cultivos sembrados (no cosechados), digestión anaeróbica, producción de bioenergía, cogeneración, incineración, eliminación en alcantarillado, vertedero o desechado en el mar”, pero no incluye al alimento o la parte no comestible de este que se usa como alimento de animales o que se utiliza para la producción de material de base biológica y procesamiento químico (p.25).

Este estudio sigue la definición de Vittuari et al. (2016), en este estudio se considera que el desperdicio de alimentos es sinónimo de residuos vegetales.

2.2.1.2 Características de los residuos de alimento.

Chang y Hsu (2008), mencionan: las características de los residuos de alimentos pueden cambiar considerablemente de acuerdo al lugar de donde proceden y además del hábito que tiene la población en cuanto a consumo. Así mismo Fisgativa, Tremier y Dabert (2016) indican que el 24% de esta variabilidad esta influenciada por el lugar de procedencia, el sistema de recolección y la temporada de recolección.

En la investigación realizada por Adhikari, Trémier, Barrington y Martinez (2013) donde caracterizaron los residuos de alimentos constituidos por frutas y verduras principalmente, hallaron las características siguientes en lo que es residuo de alimentos:

Tabla 1*Característica de residuos de alimentos*

Parámetro	
Materia seca (%)	21,3
Carbono total (% ms)	42,4
DQO (g/kg dm)	1205
TKN (G/kg dm)	21,0
Relación C:N	20,2
pH	5,3
Materia orgánica (% ms)	82,1
Relación materia orgánica: carbono total	1,94
Fracciones orgánicas	
Soluble (% de materia orgánica)	65,7
Hemicelulosa (% de materia orgánica)	19,2
Celulosa (% de materia orgánica)	12,0
Lignina (% de materia orgánica)	3,1

Nota: DQO demanda química de oxígeno, TKN nitrógeno Kjeldahl total

Fuente: Adhikari et al. (2013)

Cabe mencionar que estos valores se deben considerar en forma general, como se mencionó anteriormente estos residuos son muy variables y no mencionan consideraciones como el sistema de recolección, la temporada de recolección entre otros.

En otros estudios presentaron valores más amplios, Thi et al. (citado en Cerda et al., 2018) mencionaron que el residuo de alimentos puede contener entre 74 y 90% de humedad y tener una relación de sólidos volátiles a sólidos totales (VS/TS) de 80 a 97%, y una relación C/N de 14,7 a 36,4.

Un parámetro de importancia es el pH, al respecto Fisgativa et al. (2016) indicaron un valor promedio de pH de 5,1. Tucker (como se citó en Quevedo, 2017) indica “el material que podría ser compostado tendrían que estar en un rango tolerante entre 5.5 a 9, a pesar que se prefiere un rango que se halle entre 6,5 a 8,0” (p. 8).

2.2.1.3 Causas del desperdicio en la cadena de suministro de alimentos

Gao et al., (2018) manifestaron que un desperdicio de alimentos es producido en toda etapa del suministro de alimentos, se inicia en el cultivo, manipulación postcosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, venta mayorista y minorista y consumidor final en restaurantes y domicilios. La pérdida del alimento en toda la cadena no solo es desperdicio de estos, también impacta en el recurso hídrico, energéticos y terrestres, tornándose una carga para el medio ambiente (p.2).

La causa del desperdicio de alimento depende de la etapa de suministro, aunque algunas causas son comunes, por otro lado, las razones de la generación de desechos de los tipos de alimentos tienen muy pocos puntos en común (Jeswani, Figueroa-Torres y Azapagic, 2021, p. 533).

Causas	Grupo de alimentos			
	Cereales	Frutas y vegetales	Carne y pescado	Huevo y le
Producción primaria				
Infestación y daños causados por roedores, pájaros, etc.	√	√		
Especificaciones estéticas.		√		
Sobre producción		√		
Mortalidad/enfermedad			√	√
Contaminación por drogas				√
Cosecha inadecuada/gestión deficiente de la cosecha	√	√		
Variabilidad climática	√	√		
Condiciones de almacenaje	√	√		
Procesamiento y fabricación				
Ineficiencia del proceso	√	√	√	√
Rechazo por estándares de calidad/seguridad	√	√	√	√
Precisión de previsión baja		√	√	√
Variaciones de temperatura		√		
Distribución				
Caducidad de la fecha de consumo preferente	√	√	√	√
Embalaje dañado	√			√
Previsión y gestión de errores		√	√	
Deterioro/daño del producto		√		√
Control de temperatura		√	√	√
Consumo (hogares y hostelería)				
Alimentos no utilizados a tiempo	√	√	√	√
Sobrepresión producción	√	√	√	√
Porciones grandes, sobras	√	√	√	√
Embalaje grande	√	√	√	√
Compras en exceso	√	√	√	√
Contaminaciones, deterioro	√	√	√	√

Figura 1. Principales causas de desperdicio de alimento en cadena de suministro

Pérdida como desperdicio del alimento en naciones en desarrollo, especialistas de FAO (2014) indicaron lo siguiente:

existen cierta pérdida postcosecha significativas en fase primaria de toda cadena de suministro, principalmente debido a limitaciones financieras y estructurales en las técnicas de cosecha, las infraestructuras de almacenamiento y transporte, combinadas con las condiciones climáticas favorables al deterioro de los alimentos.

2.2.1.4 Aspectos ambientales de los residuos o desperdicio de alimentos.

Desde la producción del alimento hasta su eliminación se generan importantes externalidades ambientales por lo recursos energéticos, recursos naturales empleados y los gases de efecto invernadero asociados a las actividades (FAO, 2014, p. 8).

Impacto en la Tierra

En un escenario de intensificación de siembras, los suelos que no son abonados naturalmente para restituir nutrientes o dejados en barbecho para ser utilizados posteriormente, pierden propiedades físico químicas de importancia para continuar con los ciclos agrícolas (Cervantes, 2021). Teniendo en consideración que se pierde el tercio de producción global de alimentos, los suelos sufren innecesaria presión y disminución de fertilidad, esta situación conlleva a acudir a los insumos sintéticos, que causan contaminación y pérdidas de tierras cultivables (FAO, 2013).

Las hectáreas empleadas para el cultivo de alimentos que no se consumieron fue estimada en 1400 millones en el 2007, los productos que ocuparon mayor superficie de

tierras fueron la carne y la leche, los cuales tiene un aporte del 11% del despilfarro de alimentos (FAO, 2014).

Impacto en el Agua

Desperdicio de agua

Los especialistas de la World Wide Fund for Nature wide [WWF] (2021) estimaron que se utiliza 760 Km³ de agua dulce para la pérdida de alimento en la etapa de cultivo (p. 11). Este valor es superior al estudio de la “huella hídrica azul” (consumo de recursos de agua superficial y subterránea) de 250 Km³ en el informe de huella de desperdicio de alimentos de la FAO (2013).

Eutrofización

La eutrofización es un proceso en el que los cuerpos de agua se enriquecen con exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo, ocasionado por la escorrentía de suelos agrícolas en el que se aplica fertilizantes, la eutrofización se manifiesta con la presencia de nitratos (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺), fósforo y nitrógeno en el agua (WWF, 2021, p. 11).

Cambio Climático

Las actividades agrícolas y del sector alimentario generan un gran movimiento, para ello requieren energía que se obtiene principalmente de los combustibles fósiles como el petróleo, desde la producción de fertilizantes hasta el transporte. Sumado a ello los alimentos desechados que se vierten en un relleno se descompone anaeróbicamente, liberando metano. No considerando el cambio en cuanto a uso de tierras, la huella mundial de carbono, fue estimada en 3,3 gigatoneladas de CO₂ equivalente en el 2007 (FAO, 2013).

Los especialistas de la FAO (2022) mencionaron que tanto pérdida como desperdicio de alimentos emiten 8 % hasta 10% de gas de efecto invernadero, lo cual generaría climas variables y a fenómenos meteorológicos extremos como pueden ser sequias e inundaciones.

Pérdida de Biodiversidad

La necesidad de cubrir la demanda de alimentos ha llevado a la intensificación de las prácticas agrícolas o la expansión de la tierra utilizada para la agricultura, acciones que tienen impactos significativos en la biodiversidad, la intensificación requiere cultivar más en la misma tierra, o aumento de rendimientos, esto puede afectar la biodiversidad como resultado de: los monocultivos, el aumento del uso del agua, mayores usos de fertilizantes y pesticidas, la expansión de las tierras de cultivo puede amenazar la biodiversidad debido a la parcelación del hábitat, específicamente donde la agricultura invade las áreas biodiversas restantes (WWF, 2021, p, 12).

2.2.2 Plantas acuáticas

Wersal y Madsen (2012) definen a las plantas acuáticas como plantas que crecen dentro del agua en forma parcial o total y que se pueden fijar o flotar libremente en la superficie del agua. Carpenter y Lodge 1986 (como se citó en Ban et al., 2018) mencionan que las plantas acuáticas tienen un rol en los ecosistemas, por ejemplo, las macrófitas acuáticas mejoran la calidad del agua y proporcionan áreas de desove y proporciona un ambiente adecuado para las crías de peces que habitan el área litoral, por ello es importante que se mantenga en equilibrio la cantidad de macrófitas para mantener un ecosistema acuático sano.

Los especialistas de la FAO (2002) indicaron que las plantas nativas cumplen un papel específico beneficioso, cuando sobrepasan sus fronteras, accidental o intencionalmente, pueden convertirse en malezas, las malezas en sistemas acuáticos provocan pérdida de agua a través de evapotranspiración, aumento de sedimentación, reducción de la actividad pesquera, obstrucción de la navegación, cambios de las características del agua afectando a los organismos vivos, y afectan directamente la salud humana al proporcionar las condiciones adecuadas para el crecimiento de plagas y vectores contaminantes. Little ed.1968 (como se citó en Mitchell, D. S. ed., 1974) menciona que las malezas acuáticas han sido utilizadas para hacer abono, mantillos y fertilizantes orgánicos.

Cook y Urmi-König 1985 (como se citó en Galán, Linares y Montoya 2021) sobre *Elodea* se trata de un género americano el mismo va a agrupar 5 hidrófitos como especies.

En cuanto a la distribución de *Elodea* los autores mencionaron lo siguiente:

Elodea bifoliata H.St. John (S de Canadá, W como centro en EE.UU.), *E. callitrichoides* (Rich.) Casp. (a partir de Paraguay a SE en Argentina, introducida en Europa), *E. nuttallii* (Planch.) H. St. John (área templada en América del Norte, introducida en Europa, SE en Asia y Japón), *E. canadensis* Michx. (área templada que se tiene en América del Norte, que se introduce en Asia, Europa, N de África, Nueva Zelanda y Australia) y *E. potamogeton* (Bertero) Espinosa (Andes de Ecuador a Chile). Perú solo se conoce únicamente *Elodea potamogeton* (= *E. peruviana* H. St. John; *E. titicacana* H. St. John) este caracterizado conjuntamente con otras especies, por su dioecia, pero a la vez va a diferenciarse ya que nos están sus hojas

imbricadas, en general son lanceoladas a elípticas, y parte de estas forman un conjunto en cada nudo de 4. (Galán et al., 2021, p.524)

Galán et al. (2021) manifiesta que en Perú la distribución de *Elodea potamogeton* abarca a partir de Amazonas hasta Tacna. Aponte y Cano (2013) en el estudio florístico de humedales de la costa de Lima, registraron la presencia de *Elodea potamogeton* (Bertero) Espinosa como una especie nativa.

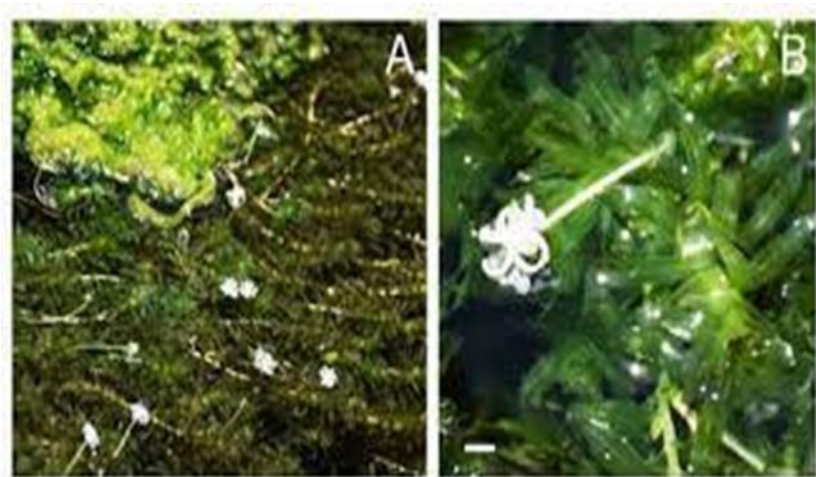


Figura 2. Elodea potamogeton en Polabaya Arequipa

Fuente: Galán et al. (2021)

2.2.3 Características de Elodea.

Elodea en su composición posee la característica para su uso en la obtención de fertilizantes orgánicos (Muñoz, Voyevoda, Fühner y Zehnsdorf, 2011, Martínez-Nieto et al., 2011).

Tabla 2*Característica de Elodea*

Parámetros	
N (%)	2,94
C (%)	43,7
P (%)	0.15
C/N	14,9
C/P	291,3
Humedad (%)	63,13
Densidad (g/cm ³)	0,15

Fuente: Martínez-Nieto et al. (2011)

Muñoz et al., (2011) realiza su estudio donde los resultados en cuanto a composición de *Elodea nuttalli*, en porcentaje de materia seca, mostraron valores promedio de N: 2,8%, P: 0,4% y K: 2,9%. Otros elementos principales fueron encontrados en los siguientes porcentajes: Mg: 0,24%, Ca: 5,3%, Fe: 0,37% y S:0,26%. También se identificaron los oligoelementos cobalto (Co) 11 ppm, cobre 26 ppm y zinc 305 ppm. El autor también manifiesta que, *Elodea nuttalli* contiene los elementos de un fertilizante orgánico, se confirma el uso de la biomasa como fertilizante orgánico, sin embargo, debido al alto contenido de celulosa, la degradación de la materia orgánica fue lenta, por ello no es recomendable su uso para compostaje. Podraza et al., (2008) mencionó: debido a la excesiva humedad y la rápida biodegradación, a fin de mejorar el proceso de compostaje de *Elodea nuttalli* debe mezclarse con material estructural adecuado que no presente actividad biológica como residuos de madera triturados.

2.2.4 Corona de piña

La corona de piña es un residuo vegetal de mercado que puede ser utilizado en el proceso del compost como material de soporte. Al respecto Quevedo (2017) menciona que aquel residuo en cuanto a corona de piña presenta la característica para que se use en conjunto como insumo con algunos residuos lo cual va a propiciar la condición para un adecuado compostaje.

Usar el material de soporte o bulking agents como si fuera cascarilla de arroz, aserrín y restos de cascara de maní; favorece el proceso de compostaje al actuar como adsorbente de la humedad, generar espacios libres, minimizar olores, evitar la pérdida de nitrógeno y mantener la relación C/N. Estos componentes generan una mejora en lo que es biodegradación de resto de alimento alcanzando el compost (Batham et al., 2013, como se citó en Quevedo, 2017).

Dentro de las propiedades fisicoquímicas de la cascara de piña, Quevedo (2017) mencionó valores promedio de: humedad de 86,43%, además 300% en cuanto a capacidad de absorción de agua, pH 4,54, conductividad eléctrica 1,096 dS/m, densidad aparente 272,22 Kg/m³, FAS 67,7% y relación C/N de 45,15 %.

2.2.5 Estiércol de cuy

Uno de los materiales importantes en la elaboración de abono orgánico es el estiércol, al darle un manejo adecuado, puede aportar nutrientes al suelo además mejora propiedades químicas y físicas (Fries y Tapia, 2007). Un forraje consumido por los animales les provee alimento, aumento de peso y producción, solo una quinta parte se utiliza para este fin el resto es eliminado en las excretas y orinas (Fries y Tapia, 2007).

El guano de cuy tiene la siguiente composición química: materia seca 14%, N 0,6%, K₂O 0,18%, P₂O₅ 0,03%, CaO 0,55%, MgO 0,18% (SERPAR, 2004, citado por Fries y Tapia, 2007). La composición del estiércol puede variar un factor de variación es la especie animal, la alimentación, estado y del manejo que se le ha dado (Fries y Tapia, 2007).

En la ciudad de Huacho es común que las personas críen en pequeños espacios a los cuyes, el guano de cuy mayormente es desechado, por lo antes mencionado será utilizado como un insumo en el compostaje.

2.2.6 Calidad de compost

Soliva y López (2004) mencionaron conceptualizar la calidad de compost se torna complicado debido a que se debe considerar más de un aspecto asimismo podría tornarse muy subjetivo. Para grados de calidad se establece diferentes requisitos dependiendo del mercado a que se destine, pero siempre se tendrá requisitos mínimos que cumplir para toda aplicación. Factores importantes para determinar la calidad son: uso previsto, cuidado del medio ambiente y las exigencias del mercado. Lin, Xu, Ge y Li (2019) citado por Parihar y Choudhary (2022) indicaron que “el principal objetivo de la calidad del compost está relacionado con los nutrientes presentes en el compost que las plantas necesitan para su crecimiento, estos nutrientes son generalmente nitrógeno, carbono, fósforo y potasio” (p. 3).

El compost en cuanto a calidad puede encontrarse en dos panoramas: agronómico y legal. Al respecto Ansorena (2016), menciona:

Desde un punto de vista legal, se garantiza que el producto que en el mercado se ha colocado haga cumplimiento en cuanto a etiquetado, el contenido total, diversos parámetros para valor comercial (humedad, impurezas, materia orgánica, nutrientes minerales ...) además de reducir el impacto al medio ambiente y salud humana, vegetal y animal (contaminantes orgánicos, contenido en metales pesados, bacteriológicos...).

(p.15)

Desde un panorama agronómico, el interés es conocer el efecto del compost en las plantas, importa conocer la biodisponibilidad de los nutrientes o contaminantes; es decir, la fracción asimilable para las plantas, como resultado del accionar en conjuntos de propiedades biológicas, físicas y químicas, a producirse en la mezcla de compost con otros materiales (Ansorena, 2016, p.15).

Soliva y López (2004) indicaron que el conjunto de propiedades y características física, química y biológica determina la calidad de compost, según se menciona a continuación:

Calidad física: capacidad en que se retiene agua, granulometría, olor, humedad, extrañas partículas.

Calidad química, donde se tiene tres vertientes: contenido y velocidad de mineralización del nutriente vegetal con presencia de contaminantes orgánicos, contenido y estabilidad de materia orgánica.

Calidad biológica: presencia de patógeno primario, así como secundario y semilla además de hierba.

Lista de parámetros para evaluar la calidad de compost puede ser amplia, pero no es posible determinar todos los parámetros, para la selección de los parámetros que nos interesan o nos dan más información se debe considerar la viabilidad de la aplicación (Soliva y López 2004).

2.2.7 Compost

Bajo el enfoque legal Ansorena (2016) define compost el Real Decreto 506/2013 como: “producto estabilizado e higienizado, que se obtiene por descomposición biológica aeróbica (incluye la fase termófila), bajo controladas condiciones, condiciones material orgánico biodegradable, que se recogen por separado”

Otras definiciones de compost:

El compost es un producto estable que se puede aplicar directamente al suelo, tiene propiedades de las características del suelo ya que aumenta la infiltración del agua, su retención y la inercia térmica; actúa como un natural controlador de plaga y aporta nutriente para crecimiento de la planta (Wei y Liu, 2005).

Parihar y Choudhary (2022) mencionaron que la calidad del compost determina su uso, así también, resaltaron la necesidad de identificar qué tipo de residuos orgánicos producen compost con contenidos de nutrientes adecuados para las plantas y también para la obtención de una mejor calidad de compost, diferente tipo de residuo orgánico difieren en la calidad del compost, debido a que los componentes orgánicos son diferentes, variando también la calidad de nutrientes contenidos en el compost.

Zakarya, Suhaimi, y Kamaruddin (2020) indicaron que, el compost puede ser usado con seguridad, en la agricultura o como enmienda, si cumple ciertos criterios de calidad. Oviedo-Ocaña et al. (2015) manifestaron que estos criterios “están relacionados con el contenido de patógenos, metales pesados, materia orgánica, contenido de nutrientes, estabilidad y madurez” (p. 1). Parihar y Sharma (2021) indicaron que para el compostaje los parámetros influyen en madurez como en estabilidad.

2.2.7.1 Efecto de aplicación de compost.

La aplicación de compost en el suelo o como parte de este, tiene un efecto positivo que puede ser de forma indirecta o directa en cuanto a propiedades física, química y biológica del suelo empleado para agricultura y pastoreo, Al respecto Bohórquez (2019) mencionó: las propiedades físicas de suelos se favorecen con disminución de compactación, la estabilidad de agregados, retención y almacenamiento del agua y evita la erosión hídrica de suelos, el mejoramiento de las propiedades químicas se refleja en el aumento del pH en valores cercanos a neutralidad, retención de bases, mejora de capacidad de intercambio catiónico y suministra nutriente a los suelos, el factor biológico se destaca por el efecto del metabolismo microbiano, control de plagas, defensa de microorganismos patógenos y resistencia.

2.2.8 Sistemas de compostaje

Un análisis de diversos sistemas de compostaje resulta necesario que se inicie de manera genérica con dos modos de división: sistema abierto y sistema cerrado (Docampo, 2013).

2.2.8.1 Sistema abierto o en pila.

Docampo (2013) mencionó que un sistema abierto es a aire libre o ambientes cerrados parcialmente. Román et al. (2013) manifestaron un sistema se puede llevarse a cabo cuando la cantidad de residuos orgánicos es considerable y variable, superando un m³. Este sistema resulta más popular debido a su viabilidad económica y técnica, así como sencillez y pueden distinguirse dos fundamentales sistemas, pila estática y de pila móvil (Tortosa, 2015).

Pilas móviles (windrow)

En este sistema se acumula el material en pilas largas con altura de dos a cuatro metros, estando protegidas o no de la intemperie. El suministro de aire a las pilas se realiza por natural convección asistida volteados periódicamente. Cuya frecuencia está sujeta a factores como textura, humedad y estabilidad de la mezcla. Estas rotaciones se realizan con el objetivo de controlar los olores, acelerar las reacciones de transformación y control de insectos. En este método el consumo de energía es mínimo por ello es económico (Álvarez, 2014)

Pilas estáticas

En el sistema de pilas estáticas la aireación es alcanzada por introducción de flujo de aire que atraviesa la pila empleando uno o más ventiladores que operan bajo presión negativa o positiva (Docampo, 2013)

2.2.8.2 Sistemas cerrados

Tortosa (2015) manifestó que en este sistema se logra mayor control de proceso y emisiones, el inconveniente mayor son el alto costo en inversión, mano de obra y energía,

además uso de digestor o reactor horizontal o vertical, una primera fase se lleva a cabo dentro del reactor y la fase de maduración se puede realizar fuera del reactor. El mezclado de los materiales en el sistema cerrado no se produce a diferencia de los dinámicos donde sí existe mezcla.

2.2.9 Proceso de Compostaje.

Álvarez (2014) define:

Biodegradación y estabilización de materia orgánica, donde sus condiciones permitan el desarrollo biológico, se produce un incremento en la temperatura (termofílica), para obtener producto final estable, sin patógeno sin semilla de mala hierba y al aplicarse al suelo se obtiene beneficios (p.6).

Toledo et al. (2018) manifestó sobre compostaje “es aquel proceso aeróbico que se degrada biológicamente realizado en condiciones controladas para transformar los desechos orgánicos, dando como resultado una enmienda orgánica estable y desinfectada, ampliamente conocida como compost” (p. 266).

El compostaje requiere de condiciones esenciales, pH, temperatura, humedad, aireación y relación C/N, para el desarrollo óptimo de los microorganismos en cada una de las etapas del proceso (Rudnik, 2019).

Durante el compostaje, se degrada microorganismo y materia orgánica ante presencia de oxígeno, produciendo agua, dióxido de carbono, compost y calor (Rudnik, 2019).

Materia orgánica + microorganismos + O₂ (aire) → H₂O + CO₂ + compost + calor

La cantidad de calor generado se puede cuantificar mediante la temperatura, cambiante en el tiempo, e indica la actividad de los microorganismos al descomponer el C y N presentes en la materia orgánica, según la temperatura en el proceso, han podido identificar para compostaje 3 fases diferenciadas, y maduración como cuarta fase (Román et al., 2013).

2.2.10 Fases del compostaje.

Fase mesófila

Se inicia el proceso con descomposición de materia orgánica más simple entre ellas monosacáridos, almidón además de lípidos, esta acción es realizada por las bacterias mesófilas y los hongos, estas bacterias producen ácido orgánico y disminuye el pH ente 5-5,5 (Rudnik, 2019). Asimismo, Román et al. (2013) indicaron puede bajar el pH hasta llegar a 4.0 o 4.5 y aumenta la temperatura hasta 45°C causada por actividad microbiana. Esta fase dura de 2 a 8 días.

Fase termófila o de higienización

Inicia al superarse los 45°C de temperatura, microorganismos mesófilos son reemplazado por las bacterias termófilas, partiendo de 60 °C surgen bacterias los cuales originan actinobacterias y esporas, que se encargan de descomponer compuestos C complejos como hemicelulosa y ceras; los microorganismos actúan al transformar en amoniaco el nitrógeno debido a ello sube el pH; al llegar a temperaturas por encima de los 55°C se eliminan las semillas de malezas, huevos de helmintos, esporas de hongo y fitopatógeno, que se halla en el material de partida, este producto es sanitizado, tiene

duración esta fase entre días a meses, por la variabilidad del residuo orgánico, el clima., el lugar entre diversos factores (Román et al., 2013).

Fase de enfriamiento o Mesófila II

Se inicia cuando hay descenso de temperatura de nuevo hasta 40 a 45 °C, continuando que la celulosa se degrade y los hongos se tornan visibles; cuando baja a 40 °C microorganismos mesófilos vuelven a colonizar y desciende el pH, pero mantiene la alcalinidad. La fase podría durar semanas y no se percibe fácilmente de la etapa de maduración (Román et al., 2013).

Fase de maduración

Ocurre ante temperatura ambiente, puede perdurar varios meses, produciéndose alguna reacción secundaria como condensación y polimerización de compuesto carbonatado cuando se forman ácidos húmicos y fúlvicos (Román et al., 2013).

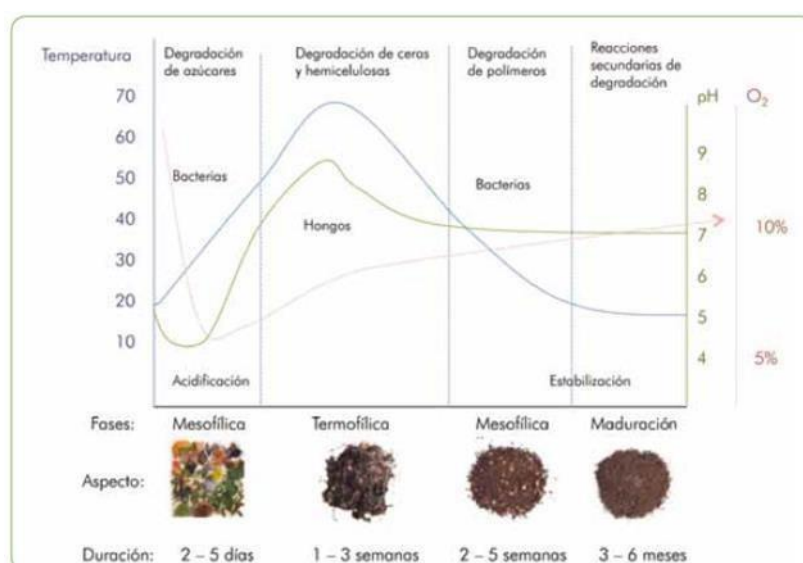


Figura 3. Evolución del pH, temperatura y oxígeno

Fuente: Román et al. (2013)

2.2.11 Parámetros de compostaje

Jeris y Regan (citado en Fuertes y Jarrín, 2015) mencionaron que los parámetros o variables de seguimiento que se miden por procesos influyen el sistema de compostaje, entonces deben permanecer sus valores dentro de límites apropiados en cada etapa de compostaje.

Tabla 3

Parámetros óptimos para desarrollo de compostaje

Parámetro	Rango ideal al Inicio (2-5 días)	Rango ideal en compost en fase Termófila (2-5 semanas)	Rango ideal compost maduro (3-6 meses)
Parámetros	Rango ideal inicial (2-5 días)	Rango ideal en compost fase termófila (2-5 semana)	Rango ideal para compost maduro (3-6 meses)
C/N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
Oxígeno concentrado	- 10%	- 10%	- 10%
Tamaño de partícula	<25 cm	<15 cm	<1.6 cm
pH	6.5 – 8.0	6.0 - 8.5	6.5 – 8.5
T°	45 - 60 °C	45°C – Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250 – 400 Kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (base seca)	50% - 70%	>20%	>20%
Total Nitrógeno (base seca)	2.5 – 3%	1 – 2%	- 1%

Fuente: Román et al. (2013)

Parámetros de puesta en marcha

Azim et al. (2017) manifestaron que se puede lograr un compostaje efectivo con las condiciones óptimas, los parámetros de importancia para la puesta en marcha son: humedad, relación carbono/nitrógeno (C/N), y tamaño de partícula.

a) Relación carbono-nitrógeno (C/N).

Es importante factor esta relación, afecta al proceso de compostaje, también de cuanto a propiedades del producto final (Kumar, Ou y Lin, 2010). La relación C/N es un indicador crucial tanto para puesta en marcha como para la calidad, el carbono se utiliza como fuente de energía para microorganismos y nitrógeno para síntesis de aminoácido, ácidos nucleicos y proteínas (Azim et al., 2017).

Los microorganismos utilizan C y N en determinadas proporciones, mayormente por 30 partes de carbono se consume una de N, teóricamente han considerado un óptimo intervalo de relación C/N en compostaje entre 25 a 35 (Choi, 1999; Márquez, Blanco y Capitán, 2008; Román y Pantoja, 2013). Sin embargo, otros estudios han indicado que se puede llevar a cabo un compostaje efectivo con relaciones C/N menores a 20 (Huang, Wong, Wu y Nagar, 2004; Kumar et al., 2010).

Si es superior la relación C/N de entrada a 35, los microorganismos tomarían más tiempo en degradar todo el exceso de carbono en la tasa de descomposición aeróbica se ve limitada por la disponibilidad de nitrógeno. Por otro lado, si es baja la relación C/N, las pérdidas de nitrógeno a la atmosfera resulta mayor, de no cumplir el proceso de compostaje con éxito, puede conducir a la toxicidad (Azim et al., 2017).

Composición del residuo vegetal es muy variable en su relación C/N, para calcular la mezcla ideal en cuanto a relación C/N y humedad hay diseño de hojas de cálculo apropiadas, entre ellas las pertenecientes a la Universidad de Cornell. Otra forma de hacer el cálculo es empleando fórmula, según Universidad de Cornell citado en Román et al. (2013) es:

$$R = \frac{Q_1(C_1x(100 - M_1)) + Q_2(C_2x(100 - M_2)) + Q_3(C_3x(100 - M_3)) + \dots}{Q_1(N_1x(100 - M_1)) + Q_2(N_2x(100 - M_2)) + Q_3(N_3x(100 - M_3)) + \dots}$$

En el que:

Q_n : masa de material de ingreso

C_n : carbono (%)

N_n : nitrógeno (%)

M_n : contenido de humedad (%) de material

R: objetivo (relación C/N)

b) Humedad

Es básica el agua en todo ser vivo, microorganismos usan agua en el transporte de elementos y nutrientes energéticos por membranas celulares (Román y Pantoja, 2013, p. 27). El óptimo rango de humedad fue determinado desde 45 a 50% de los residuos sólidos urbanos (Razmjoo, P., Pourzamani, H., Teiri, H.y Hajizadeh, Y. (2014). Román y Pantoja (2013) indicaron que una óptima humedad para compost es de alrededor de 55%, pero la humedad podría variar según el tamaño de partícula, el estado físico y sistema que se empleó para hacer el compostaje.

El valor de humedad es menor a 30%, el compost podría deshidratarse por consiguiente el proceso biológico se detiene y proporciona un compost físicamente estable pero biológicamente inestable. Por otro lado, si es superior el valor de la humedad a 80% se generarán condición anaeróbica en el compost (De Bertoldi, Vallini y Pera, 1983; Azim et al., 2017).

c) Tamaño de partícula

Este tiene relación con la actividad microbiana, partícula con menor tamaño tendrá una mayor superficie de contacto, esta interacción facilita el acceso al sustrato (Román et al, 2013). Sin embargo, si es muy pequeño el tamaño de partículas, podrían evitar que el aire circule libremente a través de la pila (EPA, 2023). El tamaño inicial adecuado de los materiales oscila entre 5 hasta 20 cm. (Román et al., 2013).

Se relaciona con otros parámetros como densidad de material, retención de humedad o aireación de pila, iniciando el proceso hay rango del valor de densidad de 150-250 kg/m³, al final del proceso disminuye tamaño de la partícula y aumenta así la densidad entre 600 a 700 kg/m³ (Román et al., 2013).

2.2.12 Factores de control de proceso de compostaje

Partiendo con degradación de material orgánico realizada por microorganismos, cualquier factor que pueda condicionar su crecimiento también sería limitante para el proceso en sí. La condición debe ser adecuada para que microorganismos se desarrollen garantizando que la transformación se produzca en condiciones controladas propiciando ambientes aeróbicos y termófilos (Barrena, 2006).

Strom (1985) mencionó que el control del proceso de compostaje a nivel microbiológico puede realizarse con cuatro factores interrelacionados: temperatura, generación de calor metabólico, ventilación y contenido de humedad. Román et al. (2013) incluye otros factores como relación C/N, pH, exteriormente un proceso de compostaje va a depender de la condición ambiental, las materias primas, método que se utilizó y otros elementos, ello explica la variabilidad de los valores de los parámetros, la vigilancia de estos es necesario para que se mantengan dentro de los límites establecidos.

a) Temperatura

La temperatura es un factor clave para determinar la velocidad de descomposición en el compostaje. La temperatura de la pila se incrementa con la actividad microbiológica, el incremento de la temperatura se contrarresta con el calor perdido mediante la aireación controlada, el enfriamiento de la superficie y la pérdida de humedad (EPA, 1994). Las temperaturas óptimas permitirán lograr objetivos entre ellos: rápida degradación, saneamiento, humidificación y evaporación del agua (Mustin, 1987, como citó Azim et al., 2017). El control de la temperatura evitará incrementos indeseados que provocarían la baja actividad microbiana y biodiversidad consecuentemente la disminución de velocidad en cuanto a descomposición de materia orgánica (Prado García-Blásquez, 2017).

Román et al. (2013) indicaron que se inicia el compostaje con temperatura ambiente y podría alcanzar 65 °C por acción natural, y posteriormente nuevamente llegar a una temperatura ambiente, lo mejor es que las máximas temperaturas se mantengan por un tiempo determinado para una mayor higienización y mayor descomposición. Los especialistas de la organización Amigos de la Tierra en un trabajo en conjunto con el Ministerio del Ambiente de España (2009) manifestaron que los organismos termófilos

actúan entre 60 y 70 °C, la temperatura alcanzada durante siete días garantizaría higienización y eliminación de gérmenes, patógenos, semillas y larvas. Azim et al. (2017) indicaron que la actividad microbiana es mayor a temperaturas inferiores a 58 °C, pero la temperatura del compost óptima es de 55 °C durante tres a cinco días.

b) Potencial de hidrógeno pH

El pH influye directamente en cuanto a compostaje pues actúa en la actividad del proceso microbiano (Bueno, Díaz y Cabrera, 2008). Durante el compostaje el rango de pH varía entre 3 a 11, sin embargo, el valor óptimo está desde 5,5 y 8, estas bacterias se desarrollan en pH cercanos a neutro y hongos en pH ácido (De Bertoldi et al., 1983). Para Román et al. (2013) un pH oscilará desde 4,5 hasta 8,5, el pH óptimo de creciente actividad bacteriana está entre 6,0 y 7,5 y el pH de mayor actividad fúngica es de 5,5 a 8,0.

Residuos vegetales como frutas o restos de cocina pueden contener ácido orgánico y va a tender a acidificarse el medio, no es recomendable valores de pH menores 4,5, la solución está en la adición de materiales ricos en nitrógeno, para una adecuada relación C/N. Si se tiene en el material de inicio excesivo nitrógeno, además inadecuada humedad, relación C/N y temperaturas altas va a producirse amoníaco y debido a ello el pH aumenta, valores de pH superior a 8,5 se pueden neutralizar adicionando material seco con mayor contenido de carbono (Román et al., 2013).

c) Oxígeno y aireación

Para generar condiciones aeróbicas adecuadas y minimizar olores, se debe garantizar que la pila de abono mantenga la cantidad de oxígeno adecuada. El oxígeno contenido en la pila debe tener al menos el 10%, si llegase a caer por debajo del 5%, la pila

se volverá altamente anaeróbica. De diversas maneras el contenido de oxígeno se va agotando, por microorganismos consumidores de oxígeno mientras realizan la degradación, por el contenido elevado de la humedad, el agua puede reemplazar al oxígeno en los espacios porosos lo que genera condiciones anaeróbicas, por la compactación el oxígeno escapará de la pila [New York City Department of Sanitation] (NYC, 2012). Un exceso de aireación provocará que baje la temperatura y se pierda humedad a través de la evaporación, se detiene el proceso de descomposición (Román et al., 2013).

Si en la pila se generan condiciones de anaerobiosis debido a la baja aireación, la adición de material estructurante permitirá elevar el porcentaje de aireación. En cuando se tenga aireación excesiva, el picado del material busca la reducción de tamaño del poro y así reduce aireación, humedad se debe regular, por adición de agua o uso de material fresco (Román et al., 2013).

d) Humedad

Los valores óptimos de humedad están en un peso de materia base entre 45% a 60% de agua, un método sencillo para monitoreo de humedad de compost se da aplicando técnica de puño; cuando la humedad está por debajo del 45% el proceso de compostaje puede detenerse, debió a la falta de humedad, para regular el contenido de humedad se puede adicionar agua directamente o añadiendo material fresco. Cuando la humedad es mayor al 60% habrá menor oxígeno disponible, para bajar el nivel de pH se debe realizar volteos o añadir material que tenga contenido bajo de humedad y contenido alto de carbono como hojas secas y paja (Román et al., 2013).

2.2.13 Parámetro de calidad de compost

Es posible determinar calidad de compost, en este estudio de referencia se tomó parámetros según FAO.

Tabla 4

Parámetro de Calidad de Compost

Parámetro	Rango ideal en compost maduro (3-6 meses)
C:N	10:1 - 15:1
Humedad	30% a 40%
Oxígeno concentrado	~ 10%
Tamaño de partícula	<1,6 cm
pH	6,5 - 8,5
T°	Temperatura ambiente
Densidad	<700 Kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	~ 1%

Fuente: Román et al. (2013)

2.2.14 Bases filosóficas

Filosofía es amor por la sabiduría, o la búsqueda de la sabiduría, el conocimiento de los hechos y sus causas. La filosofía es la acción del hombre de conocer las verdades fundamentales sobre sí mismas, preguntarse sobre el mundo en el que viven y como se relacionan e interaccionan con el mundo que los rodea (Diccionario OE, 2020).

La búsqueda del hombre de conocimientos nuevos y fiable sobre el objeto de investigación, ha desarrollado un nuevo sistema de pensamiento conocido como la filosofía de la investigación científica. Al respecto, Žukauskas, Vveinhardt, y Andriukaitienė (2018)

afirmaron que la filosofía científica “es base de una investigación, implicando elegir la estrategia de investigación, formulación de problema, recopilación, procesamiento y análisis de los datos”.

2.3 Definición de términos básicos

- **Abono inorgánico o abono mineral:** Abono que ha sido resultado de un proceso operacional de aspecto físico o químico, se concentran los nutrientes de forma mineral. Por convenio, la urea, cianamida cálcica y nutrientes complejados o quelados clasificados como abono inorgánico (Real Decreto 506/2013).

- **Abono orgánico:** Producto que resulta cuando hay natural descomposición de alguna materia orgánica, este proceso lo realizan los microorganismos presentes en el medio, los cuales degradan la materia orgánica a sustancias más simples las que contribuyen con aportar nutrientes al suelo y se mejora aquellas plantas que crecen en este (Ramos y Terry, 2014).

- **Compostaje aerobio:** Proceso exotérmico en el que se biodegrada y estabiliza la materia orgánica con requerimiento del oxígeno, acción de determinados microorganismos asociados al factor ambiental, que resulta del metabolismo biológico se obtiene dióxido de carbono, calor y agua (Arce, 2014).

- **Enmienda orgánica:** Real Decreto 506/2013 definió “enmienda que procede a partir del material carbonatado de origen vegetal o animal, fundamentalmente se utiliza cuando el contenido de materia orgánica se mantiene o aumenta en el suelo,

mejora su propiedad física y mejora además su actividad química o biológica y también sus propiedades”

- **Nutriente principal:** Se refiere en exclusivo a elementos como nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P) [Real Decreto 506/2013].
- **Relación C/N:** Índice del sustrato orgánico en suelo en cuanto a calidad, indicando tasa de nitrógeno que se dispone en la planta, valor entre 10 y 14 es un indicador que se tiene suficiente nutriente para vegetales y microorganismos (Gamarra, Díaz, Vera, Galeano y Cabrera, 2017).
- **Residuo orgánico biodegradable:** Subproducto animal o vegetal usado como insumo principal (Real Decreto 506/2013).
- **Valorización:** Cualquier operación para aprovechar todo residuo y sea para un fin de utilidad al reemplazar insumos en el proceso productivo. Puede ser la valorización material o energética. El compostaje constituye una operación de valorización material (NTP 201.208, 2021).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

Ho: El compost de diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton* en el distrito de Huacho 2022, no cumplen los requisitos de calidad.

Ha: El compost de diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton* en el distrito de Huacho 2022, cumplen los requisitos de calidad.

2.4.2 Hipótesis específica

- Los parámetros fisicoquímicos (relación C: N, humedad, pH, y materia orgánica) del compost con mezclas de residuos vegetales de mercado y *Elodea Potamogeton* se encuentran dentro de los rangos establecidos de calidad.
- La concentración de nutrientes (nitrógeno y potasio) del compost con mezclas de residuos vegetales de mercado y *Elodea Potamogeton* se encuentran dentro de los rangos establecidos de calidad.

2.5 Operacionalización de las variables Variables

Variable independiente (X)

Proporción de residuo vegetales del mercado y *Elodea potamogeton*.

Variable dependiente (Y) Calidad de

compost.

Variable Interviniente

Ambiente y experimentación

Tabla 4*Operacionalización de las variables de estudio*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala
Residuos vegetales de mercado y <i>Elodea potamogeton</i> X	Materia orgánica biodegradable, con contenido de nutrientes que pueden reincorporarse al suelo, mediante el compostaje, obteniéndose un producto estable con componentes húmicos, llamado compost.	Se mezclará para la entrada a compostar: 33,33% de residuos vegetales y 16,67 % de <i>Elodea potamogeton</i> .	Masa de 33,33% de residuos vegetales y 16,67% de <i>Elodea potamogeton</i> .	%	Razón
		16.67% de residuos vegetales y 33,33% de <i>Elodea potamogeton</i> .	Masa de 6,67% de residuos vegetales y 33,33% de <i>Elodea potamogeton</i>	%	Razón
Calidad de compost Y	Compost con contenido de nutrientes que puede ser aprovechado por las plantas, libre de: impurezas, fitotoxicidad, metales pesados y sanitizado.	Se determinará mediante el contenido de nutrientes, y parámetros físico-químicos, lo cual lo podremos medir mediante análisis físico-químicos y contenido de metales pesados.	Parámetros físico-químicos Nutrientes	-Humedad (%) -Materia orgánica (%) -pH -C/N -Nitrógeno (%) -Potasio (%)	Razón

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Se considera aplicada. Al respecto, Behar (2008) manifestó que la investigación aplicada tiene como característica la búsqueda del uso y aplicación de conocimientos adquiridos, además buscan confrontación de lo real con lo teórico, es estudiar y aplicar la investigación a específicos problemas en condiciones concretas y está orientada a dar soluciones (p. 20).

3.1.2 Nivel de investigación

Se aplicó el descriptivo, pues describe toda propiedad que tiene el compost producido con variadas proporciones de restos orgánicos.

Los estudios descriptivos determinan propiedades, características de procesos, objetos o fenómenos sometidos a análisis, esto es, mide o recoge información de forma conjunta o independiente acerca de variables o conceptos de interés (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.80).

3.1.3 Método de investigación

Método aplicado fue experimental. Se considera experimento “a la investigación en la cual deliberadamente se manipula una o más variables que son independientes analizando toda consecuencia que esta ocasiona sobre una o más variables dependientes, en una situación de control para un investigador” (Moraleda, 2016, 0:40).

En este estudio, dos proporciones distintas de residuos vegetales de mercado y de *Elodea potamogeton*, fueron sometidos a proceso de compostaje, previamente el material fue reducido en tamaño y mezclado y se ajustó la relación C/N. Se realizó el monitoreo donde se registraron las variables de proceso y, las acciones de control se realizaron basado en lo que requiere la unidad experimental.

3.1.4 Diseño del experimento

Aplicado el Diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), debido a que cada uno de los 3 tratamientos (incluido el testigo) y 4 bloques fueron dispuestos de forma aleatoria.

Tratamientos

Fueron 3 tratamientos, producto de combinar dos proporciones diferentes de *Elodea potamogeton* y residuos vegetales más el testigo, al que no contenía la planta acuática, esto se considera en la tabla 6.

Factor de estudio

En este estudio el factor es el % de elodea empleado al instante de efectuar la mezcla con residuo vegetal de mercados, para la cantidad de *Elodea potamogeton* adicionada se tomó en consideración los valores establecidos en la bibliografía.

Tabla 5

% de Elodea potamogeton en compost basado en residuo de mercado

Tratamientos	% <i>Elodea potamogeton</i> en compost	
T1	Residuos vegetales 50%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg).	0%

T2	Residuos vegetales 33,33%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg).	<i>Elodea</i> <i>potamogeton</i> 16,67%
T3	Residuos vegetales 16,67%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg).	<i>Elodea</i> <i>potamogeton</i> 33,33%

Características de las unidades experimentales

El área de trabajo fue nivelada y limpiada. El área empleada en la instalación de las unidades experimentales fue de 19,20 m², cada unidad tenía 1,2 m de largo por 1,0 m de ancho. Se realizó las separaciones y se colocó la pila contactando directamente al suelo.

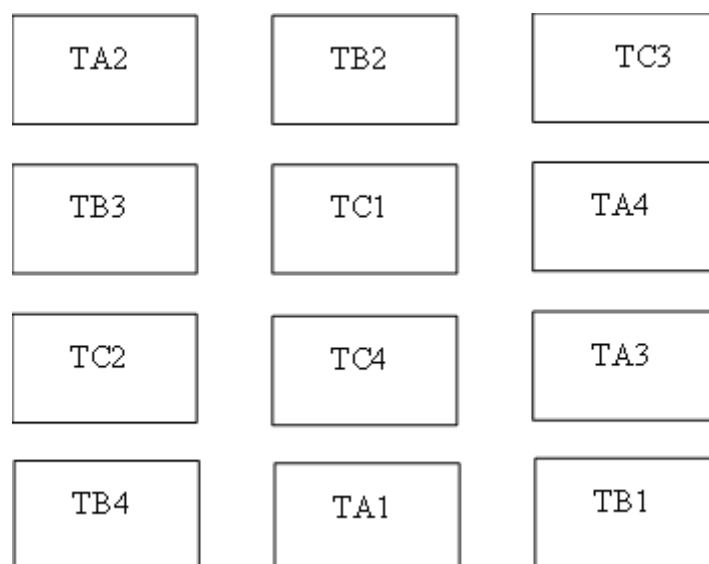


Figura 4. Esquema de la distribución aleatoria de los bloques y tratamientos

3.1.5 Procedimiento experimental

Antes del inicio del proceso de compostaje se realizó una gestión para solicitar al Municipio de Huacho (área de valorización) los residuos vegetales, y el estiércol de cuy, así

también se solicitó la autorización de la propietaria de la laguna El Cisne para la extracción de la *Elodea potamogeton*.

Instalación de pilas.

a) Localización

El presente estudio se realizó en un terreno particular, ubicado en la Av. Esteban Pichilingue s/n, del distrito de Hualmay, Provincia Huaura, Departamento Lima. Sus coordenadas UTM son: 18 L 215318.08, E 8772247.43 y elevación 47 m.



Figura 5. Ubicación del área experimental

Fuente: Google Earth

b) Preparación del terreno

El terreno fue limpiado y nivelado para ello se utilizó rastrillo y escoba, luego se realizó el nivelado de suelo así lograr mínima pendiente del 4% tal como lo indica Román et al. (2013) a fin de minimizar los problemas de lixiviados y erosión.

c) Pretratamiento de residuos orgánicos

Residuos vegetales

Estos fueron trasladados desde el mercado de abastos de Huacho hasta el área de compostaje, estos estaban conformados por restos de frutas, verduras, hortalizas, cascaras y corona de piña, estos restos vegetales no fueron vendidos por su mal estado o porque no son comestibles. Se procedió a separar las impurezas o residuos inorgánicos como: vidrio, rafia, piedras, plásticos, envases de Tecnopor, tierra, etc. Luego se procedió con el picado entre 5 hasta 20 cm conforme lo recomendó Román et al. (2013), el picado se realizó manualmente utilizando un hachas y palas, luego se mezclaron de manera que se consiga la homogeneidad.

Elodea potamogeton

La planta fue extraída de la laguna el Cisne, utilizando rastrillos, mallas y tinas. La *Elodea* se trasladó al área de compostaje en donde fue picada y se procedió inmediatamente a formar las pilas debido a que es una planta húmeda y que se deshidrata en poco tiempo.

Estiércol de cuy

El estiércol de cuy fue proveído por la municipalidad de Huacho, se decepcionó en el área de compostaje, se procedió a remover las impurezas como restos de caña, pelos y tierra.

d) Conformación de las pilas

Teniendo el terreno adecuado y materia prima pretratada, se empleó sistema de compostaje de pilas dinámicas aireadas por volteo. Se conformaron 12 pilas en las que se

colocó por capas intercaladas, en el siguiente orden: corona de piña, guano de cuy, residuos vegetales y *Elodea potamogeton*, llegando a una altura de 60 cm aprox. Inicialmente no se regó la pila debido a que presentaba humedad. Se cubrió con una capa de hojas secas para proteger de la intemperie.



Figura 6. Conformación de las unidades experimentales

e) Monitoreo y control de proceso

En el parámetro de temperatura, se monitorearon las pilas usando termómetro digital, la toma se realizó en el centro superior de cada pila, para ello el centro fue introducido en lados de la pila de 30 cm, se tomaron al azar 4 puntos al mismo nivel (Del Pozo, 2007 como se citó en Quevedo, 2017).

Para el monitoreo de la humedad en las pilas su valor fue estimado por medio de la prueba del puño, que es coger la muestra con la mano provista de un guante, cerrarse la mano, apretar y abrir, si quedase superficialmente película de mano de agua y se mantiene unida la muestra es decir no se desmorona, es un indicador que la humedad es suficiente de lo contrario hay que agregarla (Vicencio-De et al., 2011).

Para el monitoreo del potencial de iones hidrógeno (pH), fue pesado 1 g de compost, colocado luego en el vaso, luego se adicionó con una pipeta agua destilada 5 ml., agitándose y dejando reposar por 10 min., finalmente hacer la lectura con el potenciómetro.

f) Volteo de las pilas

El primer volteo de la pila se realizó a los 7 días, luego se realizó según el requerimiento de la pila. La demanda de oxígeno durante el proceso es variable y está en función de la temperatura, al inicio y en la fase termófila se requiere de una mayor oxigenación debido al rápido crecimiento de las poblaciones microbiana (Tortosa, 2013). Las pilas se voltearon 15 días en el lapso de 3 meses con el fin de tener una mezcla homogénea y verificarse temperatura, si hay exceso de calor eliminarse, control de humedad y aumento de porosidades así se mejora ventilación.

g) Riego de compost

El riego fue realizado según la humedad de las pilas de compost, esta se verificó al realizarse la prueba de puño, el riego se realizó con una regadera.

h) Cosecha de compost

Luego transcurrido 108 días de compostaje, se consideró lo manifestado por Román et al. (2013), se pudo evidenciar organolépticamente el olor a tierra y color oscuro, se realizó prueba de puño y constatándose ausencia de exceso de humedad, no pudo reconocerse ningún resto orgánico depositado inicialmente en las pilas, se mantenía a temperatura ambiente con todas estas evidencias se procedió con la toma de muestra.

i) Toma de muestra

Antes de tomar la muestra se realizó el tamizaje, para ello se construyó una zaranda de orificios aproximados de 10 mm, tomando muestra por método del cuarteo, se colectó 1 kg de muestra por cada unidad experimental, fue embolsada y rotulada para su envío al laboratorio.

j) Etapa de laboratorio

Muestras adecuadamente rotuladas se llevaron a laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), para su análisis en los parámetros físico-químicos, como son: relación C/N, pH, humedad, nitrógeno, materia orgánica, potasio y fósforo.

ENSAYO	METODOLOGÍA
pH	NTP 214.029.2015, 3er Edición. CALIDAD DE AGUA. Determinación de pH en agua. Método electrométrico
Materia Orgánica	Método de calcinación
Nitrógeno	Método micro-Kjeldahl. Digestión y determinación por destilación y titulación manual
Potasio	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego-INIA Ed. 1era.2017. ítem 6.4.1. Pag. 83-84
C/N	A partir del C y del N

Figura 7. Metodología para análisis de parámetros de respuesta

Fuente: INIA (2023)

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Fueron 3.5 ton/día aproximadamente de residuo orgánico vegetal proveniente del mercado de abasto ubicado en Huacho como: resto de frutas y verduras, corona de piña; planta acuática *Elodea potamogeton*, y estiércol de cuy.

3.2.2 Muestra

Este estudio estuvo compuesto de 12 unidades experimentales que se denominó compostera o pila, una pila de 50 kg de materia orgánica lo que hará en total 600 Kg de residuo orgánico. Finalizado el proceso de compostaje se enviará al laboratorio compost de cada tratamiento en cantidad de 1 kg.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Constituida por la observación, que se realizó específicamente en el campo. Un estudio experimental implica una serie de manejos, procedimientos y acciones de control de la cual se obtienen información válida sobre las variables de estudio, es decir como la variable de trabajo produce un cambio sobre la variable de respuesta (Ramírez, 2013). Así también se empleó la técnica del fichaje, los valores que mostraban los instrumentos (termómetro y potenciómetro) fueron anotados en los formatos elaborados para este fin.

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

Termómetro

Potenciómetro

Materiales o insumos

- Residuos de mercado (corona de piña, restos de frutas y verduras) y guano de cuy que fueron proveídos por la municipalidad de Huacho.
- Agua
- Vasos de plástico
- Agua destilada

- Bolsas plásticas
- Pipeta

Materiales diversos

- Bidon
- Estacas
- Palas, machetes, escoba.
- Carretilla
- Mantas
- Balanza
- Guantes de nitrilo
- Materiales de escritorio
- Libreta de apuntes
- Carteles
- Costales
- Zaranda

3.4 Técnica para procesamiento de información

Datos obtenidos mediante monitoreo de proceso de reportes del laboratorio, fueron procesados empleando el método de Análisis de Varianza (ANOVA) en cuanto a contrastación de hipótesis, establecida por prueba F al 5% de significancia.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Evolución de parámetros de seguimiento

a) Comportamiento de la Temperatura

Se midió este parámetro cada dos días por el lapso de 108 días que duró el compostaje. En la figura 8 se puede ver las delimitaciones de cada etapa del proceso en función de las temperaturas monitoreadas de los 3 tratamientos en el periodo de tiempo indicado. Los valores registrados son indicados en el anexo 1.

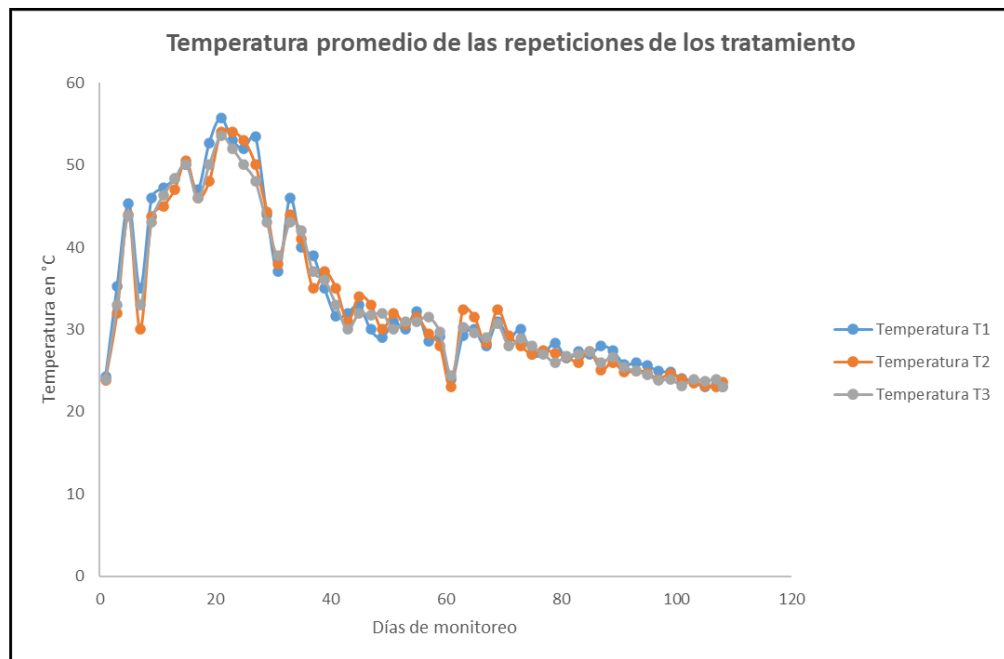


Figura 8. Fases del compostaje delimitadas por la temperatura en los tres tratamientos

Las temperaturas máximas fueron 55,7 °C, 54 °C y 53.5 °C respectivamente para tratamientos T1, T2 y T3. Duración de la fase mesófila fue de 5 días, se puede apreciar que hubo una baja en la temperatura en los tres tratamientos debido que se hizo al primer volteo a los 7 días, a partir del día 9 se puede evidencia la fase termófila en donde la temperatura va superando los 45°C, la duración fue de 19 días, a partir del día 28 las temperaturas

empezaron a disminuir hasta por debajo de los 45°C, evidenciando la segunda fase mesófila en donde la temperatura va decayendo hasta el día 73, a partir de ese día en adelante se evidenció una estabilidad entre 27 y 23 °C se acercó a la temperatura ambiente, valores que evidencian una fase de maduración.

Concordando estos datos con Román et al. (2013), quien indica que en fase mesófila aumenta la temperatura a 45°C. Pero, debe mencionarse se obtuvo promedio de temperaturas en pilas de los TB y TC menor de 60°C, tal es así que no lograron alcanzar los 55°C por más de 3 días para lograr la eliminación de patógenos.

b) Comportamiento del pH

En la primera fase se puede apreciar que el pH se encuentra entre 4 a 5.

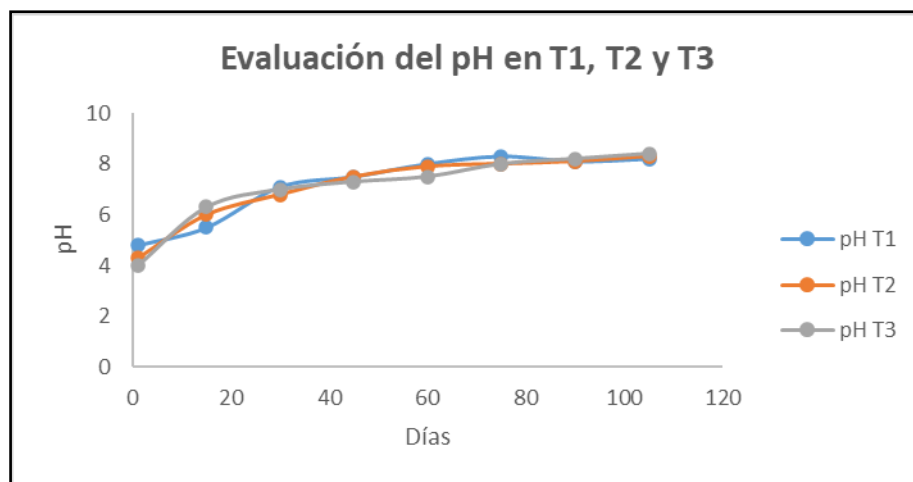


Figura 9. Variación de pH en tratamientos T1, T2 y T3

La medición para pH fue realizada cada 15 días, los valores promedios de estas mediciones para cada tratamiento se muestra en el anexo 3. La figura 9 muestra variación del pH en el tiempo, donde se evidencia que el pH se mantuvo entre 4 a 6 en la fase mesófila, Tortosa (2015) indicó que esto se debe que se formaron ácidos grasos al descomponerse la parte más

lábil presente en la materia orgánica. Puede evidenciarse que en la fase termófila el pH va en aumento en todos los tratamientos, según Tortosa (2013) valor de pH mayores a 7,5 favorece la descomposición de compuestos nitrogenados por pérdida de dicho nutriente por volatilización de amoníaco. Los valores registrados son indicados en el anexo 2.

4.1.2 Resultados de análisis del compost

Se aplicó el método de cuarteo para toma de muestra del compost, es decir se divide la totalidad en cuatro partes aproximadamente iguales y se toma un cuarto para el respectivo análisis (Funes, 2012). La muestra final de 1 kg de peso se llevó al laboratorio del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) ubicado en Huaral. En el anexo 03 se muestra el resultado de los análisis.

Resultado de análisis de relación C/N

Tabla 6 detalla promedios de la relación carbono/nitrógeno en compost final del tratamiento experimental y del factor de estudio.

Tabla 6

Resultados promedios de relación C/N

Tratamiento	% <i>Elodea potamogeton</i> en compost	C/N
T1	Residuos vegetales 50%, corona de piña	9.83
	33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg). 0% <i>Elodea</i>	
T2	Residuos vegetales 33,33%, corona de piña	11.03
	33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 16,67% <i>Elodea</i> .	
T3	Residuos vegetales 16,67%, corona de piña	11.91
	33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 33,33% <i>Elodea</i> .	

Resultados de análisis de la Humedad

La tabla 7 muestra valores promedios en cuanto a humedad de compost final del tratamiento experimental y del factor de estudio en esta investigación.

Tabla 7

Resultados promedio del % de humedad

Tratamientos	% de <i>Elodea potamogeton</i> en compost	%H
T1	Residuos vegetales 50%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg). 0% <i>Elodea</i>	40.83
T2	Residuos vegetales 33,33%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 16,67% <i>Elodea</i> .	41.52
T3	Residuos vegetales 16,67%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 33,33% <i>Elodea</i> .	39.15

Resultados de análisis de pH

La tabla 8 demuestra valores promedios en cuanto a pH de compost final del tratamiento experimental y del factor de estudio en esta investigación.

Tabla 8.

Resultados promedio de pH

Tratamientos	% de <i>Elodea potamogeton</i> en compost	pH
T1	Residuos vegetales 50%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg). 0% <i>Elodea</i>	8.12

T2	Residuos vegetales 33,33%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 16,67% <i>Elodea</i> .	8.15
T3	Residuos vegetales 16,67%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 33,33% <i>Elodea</i> .	8.05

Resultado de análisis de M. O.

Tabla 9 muestra valores promedios en este estudio en cuanto a materia orgánica de compost final de tratamiento experimental y factor de estudio.

Tabla 9

Resultados promedio % de materia orgánica

Tratamientos	% de <i>Elodea potamogeton</i> en compost	M. O.
T1	Residuos vegetales 50%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg). 0% <i>Elodea</i>	17.00
T2	Residuos vegetales 33,33%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 16,67% <i>Elodea</i> .	15.78
T3	Residuos vegetales 16,67%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 33,33% <i>Elodea</i> .	17.13

Resultado de análisis de nitrógeno

Tabla 10 muestra valores promedios de macronutriente N de compost final del tratamiento experimental y del factor de estudio en esta investigación.

Tabla 10*Resultados promedio % de nitrógeno*

Tratamientos	% de <i>Elodea potamogeton</i> en compost	N
T1	Residuos vegetales 50%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg). 0% <i>Elodea</i>	0.99
T2	Residuos vegetales 33,33%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 16,67% <i>Elodea</i> .	0.83
T3	Residuos vegetales 16,67%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 33,33% <i>Elodea</i> .	0.84

Resultado de análisis de potasio

La tabla 11 demuestra valores promedios de macronutriente K de compost final del tratamiento experimental y del factor de estudio en esta investigación.

Tabla 11*Resultados promedio de % de potasio*

Tratamientos	% de <i>Elodea potamogeton</i> en compost	K
T1	Residuos vegetales 50%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg). 0% <i>Elodea</i>	0.81
T2	Residuos vegetales 33,33%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 16,67% <i>Elodea</i> .	0.82
T3	Residuos vegetales 16,67%, corona de piña 33,33% y guano de cuy 16,67% (50 kg), 33,33% <i>Elodea</i> .	0.7

4.2 Contrastación de hipótesis

Con el objeto de responder las preguntas de investigación anteriormente planteadas se sometió a prueba la hipótesis, para ello el resultado obtenido del análisis de laboratorio se procesaron mediante análisis de varianza de un factor. Determinando el empleo del análisis estadístico el efecto de diferentes proporciones en cuanto a *Elodea potamegoton* y residuos vegetales de mercado en la composición físico-química y macronutrientes del compost. A continuación, se da a conocer un modelo aditivo lineal mientras la tabla 13 se tienen a componente del análisis de varianza de un factor (Martínez, 2015).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Cuya representación:

y_{ij} = respuesta que se observa con tratamiento i en repetición j

μ = media general

τ_i = efecto de tratamiento i ; $i= 1,2,\dots, t$

ε_{ij} = término del error asociado a tratamiento i repetición j

Análisis de varianza

Se realizó la prueba ANOVA que determina si medias, de cada parámetro de respuesta, son diferentes entre los tratamientos, seguidamente se procedió a la prueba (Anderson *et al* 2008, p.501):

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

H_a : No son iguales todas las medias poblacionales

Estadístico de prueba

$$F = \frac{CMTR}{CME}$$

Regla de rechazo: Método de valor-p: Rechazar H_0 si $\text{valor-p} \leq \alpha$

Con esta inferencia se determinará que las proporciones de *elodea potamogeton* han tenido influencia en parámetros de respuesta.

Tabla 12

Análisis varianza de un factor

Fuente de variación	Grado de libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor-p
Tratamiento	$k - 1$	SCTR	$CMTR = \frac{SCTR}{k - 1}$	$\frac{CMTR}{CME}$	
Error	$n_T - k$	SCE	$CME = \frac{SCE}{n_T - k}$		
Total	$n_T - 1$	SCT			

Fuente: Anderson *et al* (2008), “Estadística para administración y economía” (p. 502)

Prueba de Tukey

Una vez realizado el análisis de varianza mediante ANOVA, en donde se conoció que al menos un tratamiento es diferente, para identificar cual o cuales son los grupos que difieren, el paso posterior se realizó con prueba de Tukey con nivel de significancia 5%, en esta prueba se evalúa todos los pares de media para decidir cuáles muestran una diferencia significativa, o dicho de otra manera, en esta prueba va a determinarse diferencias entre medias de muestras comparándose con “Diferencia honestamente significativa” (HSD), presentándose fórmula según lo indicado por Abdi y Williams (2010):

$$HSD = q_{A,\alpha} \sqrt{\frac{MS_{s(A)}}{S}}$$

Donde:

$q_{A,\alpha}$: Valor según Tabla Tukey

$MS_{s(A)}$: Cuadrado medio del error (media cuadrática en los grupos)

S : Tamaño de muestra de grupos (igual en todos los grupos).

Inferencia de la media

Por último, para probar que los tratamientos cumplen con parámetros de calidad establecidos por FAO, se usará inferencia de medias empleando el enfoque del valor P , para un valor Z_0 que se calculó de estadístico de la prueba, valor P enunciado por Montgomery (2005), es como el que se presenta a continuación:

Estadístico de prueba:
$$Z_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$$

El valor P :

$$P = \begin{cases} 2[1-\Phi(|Z_0|)] & \text{para prueba de 2 colas} & H_0: \mu = \mu_0 & H_1: \mu \neq \mu_0 \\ 1-\Phi(Z_0) & \text{para prueba de cola superior} & H_0: \mu \leq \mu_0 & H_1: \mu > \mu_0 \\ \Phi(Z_0) & \text{para prueba de cola inferior} & H_0: \mu \geq \mu_0 & H_1: \mu < \mu_0 \end{cases}$$

Donde:

$\Phi(Z_0)$: función de distribución normal estándar acumulada

μ_0 : parámetro de calidad de la FAO

Para intervalo de confianza de media el estadístico sería (Montgomery 2005):

$$\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Con nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, es rechazada hipótesis nula si $P \leq \alpha$.

Se realizó inferencia empleando las pruebas de cola inferior y cola superior para cada parámetro de calidad.

4.2.1 Análisis de contrastación de parámetros físico-químicos

4.2.1.1 Relación C/N

Con respecto al análisis de varianza realizado a relación C/N, como muestra la tabla 13, determinando que existe significancia entre los tratamientos, así, las diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton* influye en el porcentaje de la relación C/N.

Prueba de ANOVA

Tabla 13

Análisis de varianza relación C/N

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	8.723	4.3616	14.05	0.002
Error	9	2.793	0.3104		
Total	11	11.517			

Nota: p valor menor a la significancia

Con p valor < 0.05 , la hipótesis nula se rechaza y se determina que al menos un tratamiento en la relación C/N es significativamente diferente.

Prueba de Tukey

Se tiene 95% de confianza respecto a esta prueba en la relación C/N, según tabla 14, hay diferencia entre medias de los tratamientos, media de tratamiento T1 resultó significativamente diferente con respecto a la media de los tratamientos 2 y 3. Lo que se puede evidenciar con las letras asignadas a los tratamientos, así, letras diferentes indican diferentes medias de tratamientos.

Tabla 14

Comparación de medias C/N con Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	4	11.9075	A
T2	4	11.030	A
T1	4	9.828	B

Nota: Medias que no comparten una letra son diferentes significativamente.

Según figura 10 se visualiza a mayor % en peso de *Elodea potamogeton* en el tratamiento T3 mayor es la relación C/N. Por lo que quiere decir que existe una relación directa entre el % en peso de *Elodea potamogeton* y la relación C/N.

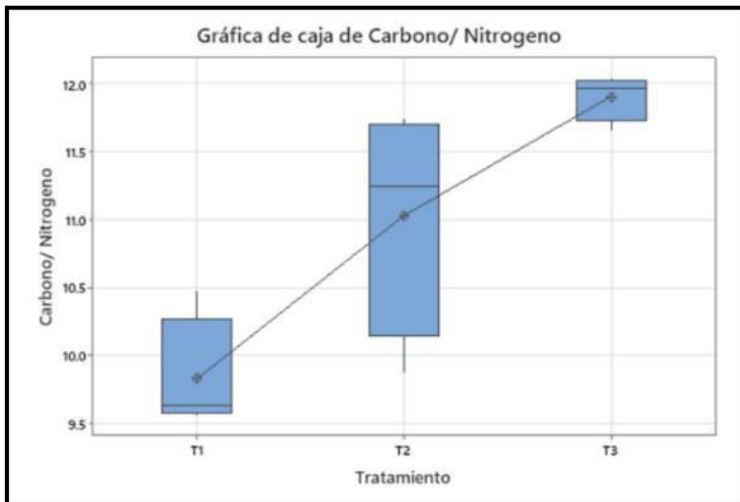


Figura 10. Relación C/N

Inferencia de la media

Se realizó la prueba de inferencia de la media para de evaluar el parámetro de calidad específico con respecto al determinado por la normativa de la FAO.

Tabla 15

Parámetro calidad de compost de la relación C/N

Parámetro	%
C/N	10-15

Fuente: FAO (2013)

Prueba de hipótesis

Cola inferior:

Ho: $\mu \geq 10$ (cumple requisito de calidad)

Ha: $\mu < 10$ (no cumple requisito de calidad)

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 16*Prueba de cola inferior C/N*

Muestra	Valor T	Valor P
T1	-2.29	0.049
T2	2.45	0.954
T3	21.73	1.000

Nota: $p < 0.05$ entonces hipótesis nula se rechaza

De la tabla 16 se puede inferir que para T1 se acepta la hipótesis alterna (no cumple el valor mínimo de calidad), a diferencia de T2 y T3 hipótesis nula es aceptada (cumple el valor mínimo de calidad).

Cola superior:

H0: $\mu \leq 15$ (cumple requisito de calidad)

H1: $\mu > 15$ (no cumple requisito de calidad)

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 17*Prueba cola superior de C/N*

Muestra	Valor T	Valor P
T1	-44.31	1.000
T2	-9.43	0.999
T3	-35.25	1.000

Nota: $p < 0.05$ entonces hipótesis nula se rechaza

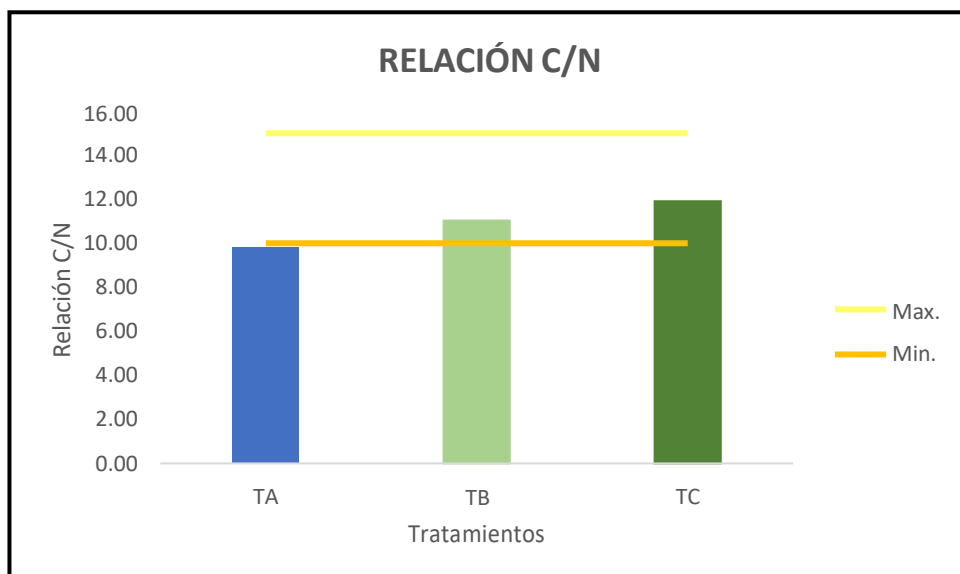


Figura 11. Relación C/N por tratamiento

4.2.1.2 Análisis de contrastación de la humedad

Con respecto al análisis de varianza realizado a la humedad, como se muestra según tabla 18, que determinó entre tratamientos no hay significancia, esto explica que diferentes proporciones de *Elodea potamogeton* no influye significativamente en los valores límites para humedad.

Prueba de ANOVA

Tabla 18

Análisis de varianza para humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	7.991	3.995	0.73	0.507
Error	9	49.062	5.451		
Total	11	57.053			

Con un p valor mayor a 0.05, se evidencia que hay homogeneidad en todos los tratamientos.

Prueba de Tukey

Con respecto a prueba de Tukey con 95% de confianza para la humedad, como se muestra en la tabla 19, se observa que en los tratamientos no hay significativa diferencia entre las medias obtenidas.

Tabla 19

Comparación de medias de humedad con Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2	4	40.93	A
T1	4	40.83	A
T3	4	39.153	A

Nota: Medias compartiendo una letra no son diferentes significativamente

Según figura 12, a mayor % en peso de *Elodea potamogeton* en el compost (T3), el valor de la humedad se comporta de mejor manera.

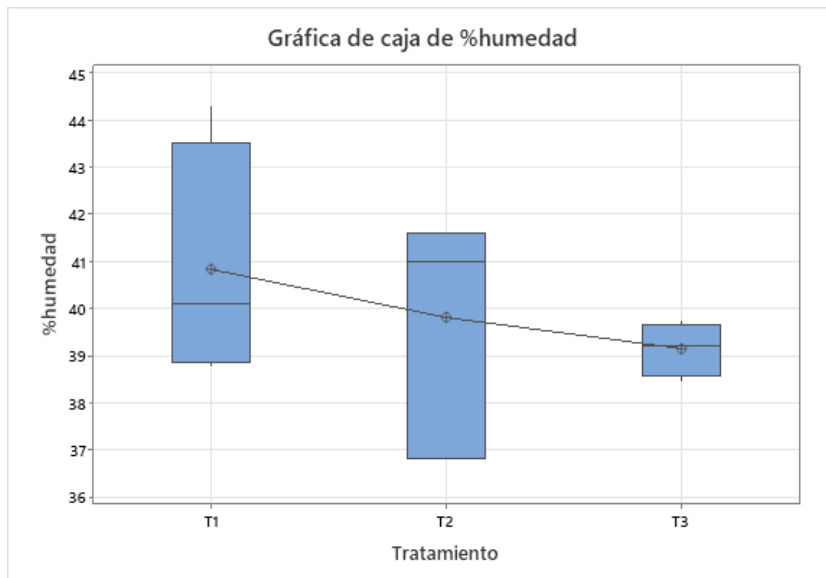


Figura 12. % Humedad por cada tratamiento

Inferencia de la media

Se realizó para de evaluar el parámetro de calidad específico con respecto al determinado por la normativa por la FAO

Tabla 20

Parámetro de calidad de compost % de humedad

Parámetro	%
Humedad	30 - 40

Fuente: FAO (2013)

Prueba de hipótesis

Cola inferior:

H0: $\mu \geq 30$ (cumple requisito de calidad)

H1: $\mu < 30$ (no cumple requisito de calidad)

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 21*Prueba de cola inferior para %H*

Muestra	Valor T	Valor P
T1	8.57	0.998
T2	7.08	0.997
T3	31.99	1.000

Nota: $p < 0.05$ hipótesis nula se rechaza

Se infiere según tabla 21 un p valor de los tratamientos mayores a 0.05, entonces es aceptada la hipótesis nula, lo que prueba que todos los tratamientos cumplen al valor máximo de calidad.

Cola superior:H0: $\mu \leq 40$ H1: $\mu > 40$ Nivel de significación, $\alpha = 0.05$ **Tabla 22***Prueba de cola superior para % H*

Muestra	Valor T	Valor P
T1	0.65	0.281
T2	0.6	0.294
T3	-2.96	0.970

Nota: $p < 0.05$ hipótesis nula se rechaza

En la tabla 22 observamos p valor mayor a 0.05 por lo que se aceptó hipótesis nula de todos los tratamientos.

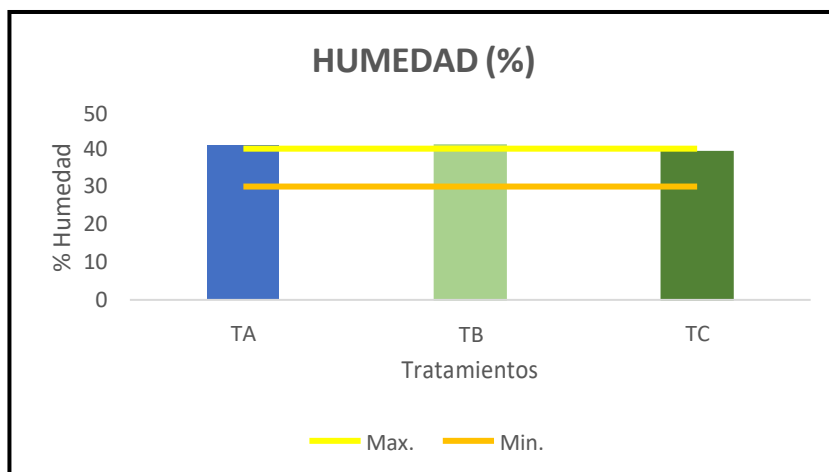


Figura 13. Comparación de la humedad

4.2.1.3 Análisis de contrastación de materia orgánica (M.O.)

Con respecto al análisis de varianza realizado a la M.O, como se muestra según tabla 23 determina que entre tratamientos no hay significancia, entonces las diferentes proporciones de residuos vegetales de mercado y *Elodea potamogeton* no influye en el porcentaje de la M.O. Lo que se puede apreciar en el p valor mayor a 0.05.

Prueba de ANOVA

Tabla 23

Análisis de varianza en materia orgánica

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	4.444	2.222	0.29	0.757
Error	9	69.681	7.742		
Total	11	74.125			

Prueba de Tukey

Con 95% de confianza respecto a esta prueba fue analizado en cuanto al parámetro materia orgánica, según tabla 24, no se observa significativa diferencia entre medias en tratamientos.

Tabla 24

Comparación de medias en materia orgánica con Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	4	17.130	A
T1	4	17.000	A
T2	4	15.78	A

Nota: Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente

Según figura 14 se aprecia que diferentes % en peso de *Elodea potamogeton* en el compost no influyen en el porcentaje de materia orgánica. El tratamiento T3 se distinguió ligeramente con respecto a los demás.

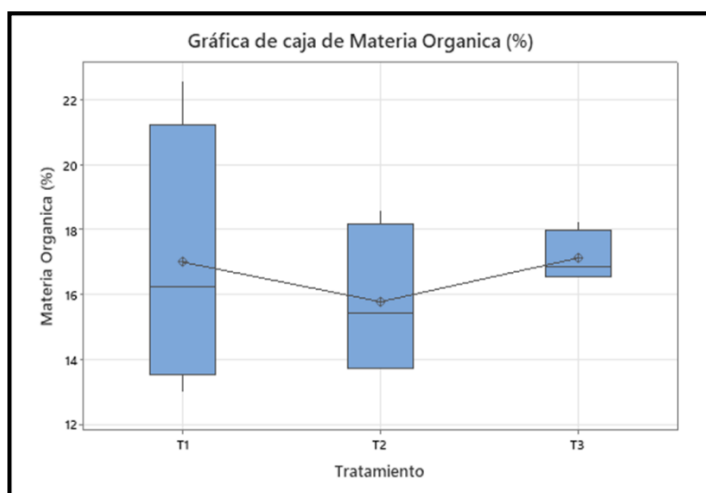


Figura 14. % de materia orgánica por tratamiento

Inferencia de la media, se realizó para evaluar el parámetro de calidad específico con respecto al determinado por la normativa por la FAO.

Tabla 25

Parámetro de calidad de compost de la materia orgánica

Parámetro	%
Materia orgánica	>20

Fuente: FAO (2013)

Prueba de hipótesis

Cola inferior:

H0: $\mu \geq 20$

H1: $\mu < 20$

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 26

Prueba de cola superior para %M. O.

Muestra	Valor T	Valor P
T1	-1.46	0.120
T2	-3.53	0.019
T3	-7.16	0.003

Nota: $p < 0.05$ la hipótesis nula se rechaza

La tabla 26 muestra para T1 p valor es mayor a 0.05, entonces es aceptada la hipótesis nula se cumple entonces con el parámetro mínimo de calidad establecido por FAO. En tratamientos T2 y T3 no cumplen con el valor mínimo de calidad aceptándose la hipótesis alterna.

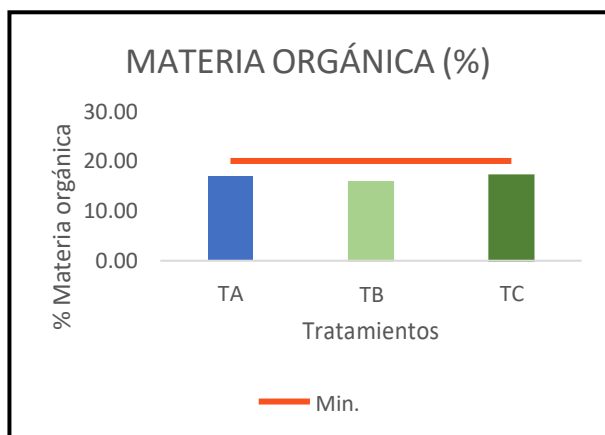


Figura 15. % de materia orgánica

4.2.1.4 Análisis de contrastación del pH

Con respecto al análisis de varianza realizado al pH, como se muestra según tabla 20, determina que entre tratamiento no hay significancia, entonces las diferentes proporciones *Elodea potamogeton* no influye significativamente en los valores límites del pH.

Prueba de ANOVA

Tabla 27

Análisis de varianza pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.02167	0.01083	0.52	0.611
Error	9	0.18750	0.02083		
Total	11	0.20917			

Prueba de Tukey

Con un p valor mayor a 0.05, se evidencia que hay homogeneidad en todos los tratamientos.

Con respecto al 95% de confianza en esta prueba se analizó pH, según tabla 28, no hay diferencia entre medias de tratamientos.

Tabla 28

Comparación de medias pH con Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2	4	8.1500	A
T1	4	8.125	A
T3	4	8.050	A

Nota: Medias compartiendo una letra no son diferentes significativamente

Se aprecia según figura 16 que a mayor % en peso de *Elodea potamogeton* en el compost (T3), el pH tiene menor valor promedio.

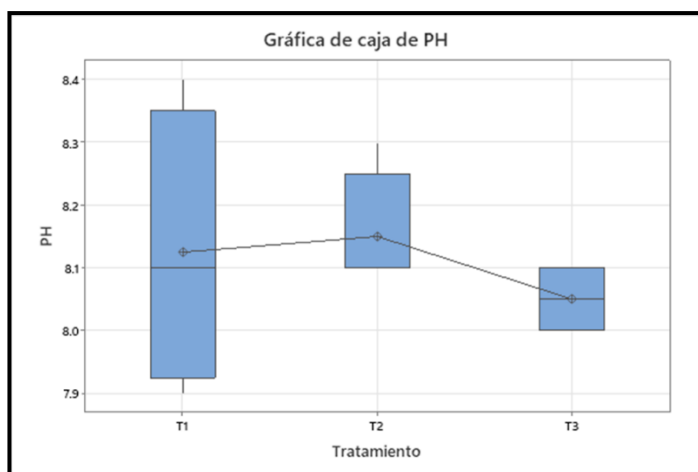


Figura 16. pH por cada tratamiento

Inferencia de la media

Se realizó para de evaluar el parámetro de calidad específico con respecto al determinado por la normativa por la FAO

Tabla 29

Parámetro de calidad del compost pH

Parámetro	
pH	6.5 – 8.5

Nota: FAO (2013)

Prueba de hipótesis

Cola inferior:

H0: $\mu \geq 6.5$

H1: $\mu < 6.5$

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 30

Prueba de cola inferior para pH

Muestra	Valor T	Valor P
T1	14.66	1.000
T2	33.00	1.000
T3	53.69	1.000

Nota: $p < 0.05$ hipótesis nula se rechaza

De la tabla 30 se puede inferir que el p valor > 0.05 en todo tratamiento por ello hipótesis nula se acepta, lo que quiere decir que todos los tratamientos cumplen con el valor mínimo.

Cola superior:

H0: $\mu \leq 8.5$

H1: $\mu > 8.5$

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 31

Prueba de cola superior para pH

Muestra	Valor T	Valor P
T1	-3.38	0.978
T2	-7.00	0.997
T3	-15.59	1.000

Nota: $p < 0.05$ hipótesis nula se rechaza

Según tabla 31 se infiere que p valor en todo tratamiento es > 0.05 por ello hipótesis nula se acepta, lo que quiere decir que todos los tratamientos cumplen con el valor máximo.

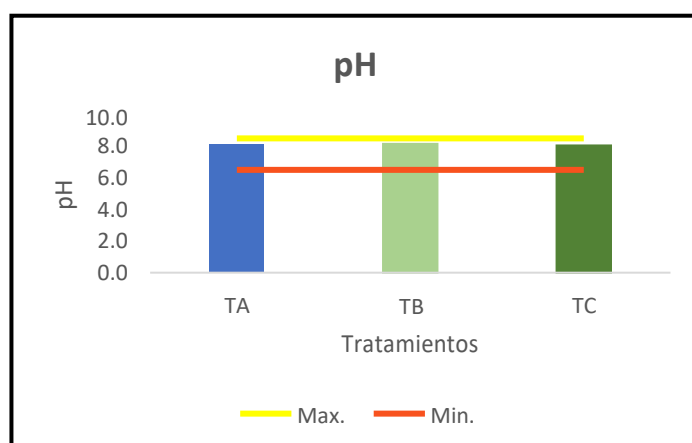


Figura 17. Comparación del pH

4.2.2 Análisis de contrastación de nutrientes

4.2.2.1 Análisis de contrastación del nitrógeno total

Con respecto al análisis de varianza realizado al nitrógeno, como se muestra según tabla 32 determinó que entre tratamientos no hay significancia, es decir las diferentes proporciones de *Elodea potamogeton* no influye significativamente en los valores límites del porcentaje de nitrógeno.

Tabla 32

Análisis de varianza del % nitrógeno

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.07047	0.03523	1.85	0.213
Error	9	0.17162	0.01907		
Total	11	0.24209			

Con un p valor mayor a 0.05, se evidencia que hay homogeneidad en todos los tratamientos.

Con respecto a 95% de confianza en prueba de Tukey en parámetro nitrógeno, según tabla 33, se observa que no hay diferencia entre medias de tratamientos.

Tabla 33

Comparación de medias en nitrógeno con Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1	4	0.9975	A
T3	4	0.8375	A
T2	4	0.8325	A

Nota: Medias que comparten una letra no son diferentes significativamente

Según figura 18, el compost con mayor % de residuos vegetales tiene un mayor valor promedio de nitrógeno.

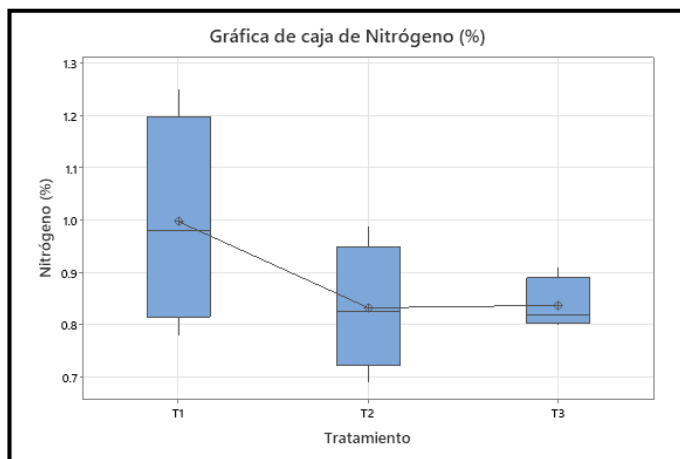


Figura 18. Comparación de medias para el nitrógeno

Inferencia de la media

Se realizó para de evaluar el parámetro de calidad específico con respecto al determinado por la normativa por la FAO.

Tabla 34

Parámetro calidad de compost para el nitrógeno

Parámetro	%
Nitrógeno total	0.3 – 1.5

Fuente: Castillo (2019)

Prueba de hipótesis

Cola inferior:

$$H_0: \mu \geq 0.3$$

$$H_1: \mu < 0.3$$

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 35

Prueba de cola inferior para %N

Muestra	Valor T	Valor P
T1	10.25	0.999
T2	8.67	0.998
T3	21.54	1.000

Nota: $p < 0.05$ hipótesis nula se rechaza

De la tabla 35 se puede observar que el p valor > 0.05 de todo tratamiento, hipótesis nula se acepta, es decir que todos los tratamientos cumplen con el mínimo valor de calidad.

Cola superior:

$$H_0: \mu \leq 1.5$$

$$H_1: \mu > 1.5$$

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 36

Prueba de cola superior para %N

Muestra	Valor T	Valor P
T1	-8.75	0.998
T2	-10.87	0.999
T3	-26.54	1.000

Nota: $p < 0.05$ hipótesis nula se rechaza

Según tabla 36 p valor > 0.05 , se acepta por ello hipótesis nula, es decir que todos los tratamientos cumplen con el máximo valor de calidad.

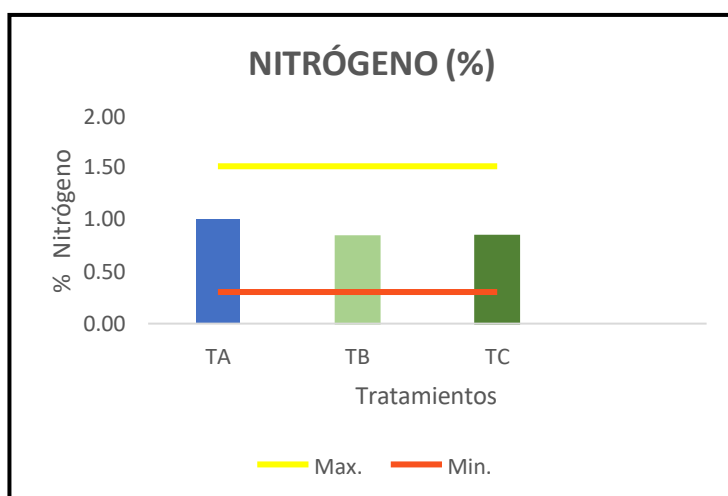


Figura 19. Comparación para el nitrógeno

4.2.2.2 Análisis de contrastación potasio

Con respecto al análisis de varianza realizado al potasio, como se muestra según tabla 35, determina que no hay significancia entre tratamientos, esto indica que diferentes proporciones de *Elodea potamogeton* no influye significativamente en los valores límites del porcentaje de potasio.

Prueba de ANOVA

Tabla 37

Análisis de varianza para el potasio

Fuente	GL	SC Ajust.	MCAjust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.004317	0.002158	0.14	0.869
Error	9	0.135775	0.015086		
Total	11	0.140092			

Con un p valor mayor a 0.05, se evidencia que hay homogeneidad en todos los tratamientos.

Prueba de Tukey

Con respecto a prueba de Tukey con 95% de confianza para potasio, según tabla 38, se observa entre las medias no hay diferencia significativa.

Tabla 38

Comparación de medias de potasio con Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2	4	0.8200	A
T1	4	0.8075	A
T3	4	0.7750	A

Nota: Medias que comparten una letra no son significativamente diferentes

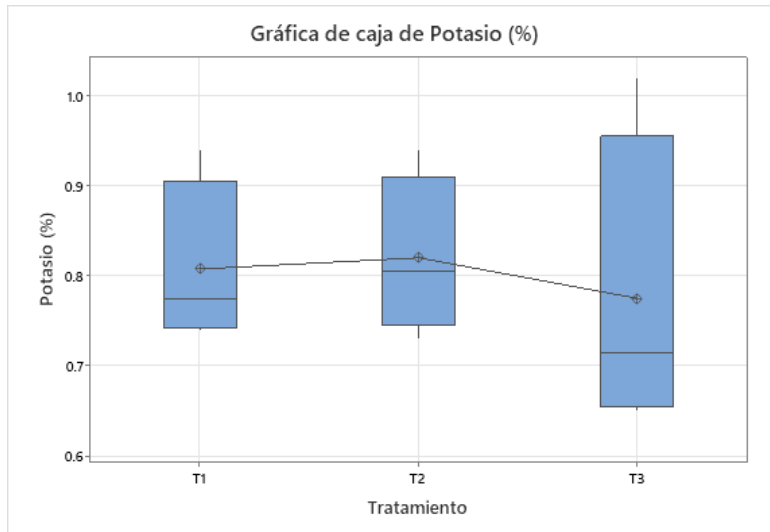


Figura 20. Comparación de medias para el potasio

Inferencia de la media

Se realizó para de evaluar el parámetro de calidad específico con respecto al determinado por la normativa por la FAO

Tabla 39

Parámetro calidad de compost para %K

Parámetro	%
Potasio	0.3 – 1

Fuente: Castillo (2019)

Prueba de hipótesis

Cola inferior:

$$H_0: \mu \geq 0.3$$

$$H_1: \mu < 0.3$$

Nivel de significación, $\alpha = 0.05$

Tabla 40*Prueba de cola inferior para % K*

Muestra	Valor T	Valor P
T1	11.01	0.999
T2	11.78	0.999
T3	5.58	0.994

Nota: $p < 0.05$ hipótesis nula se rechaza

De la tabla 39 se puede observar p valor mayor a 0.05 por lo que es aceptada hipótesis nula para todos los tratamientos, se prueba que todos los tratamientos son mayores que el valor mínimo establecido para el potasio.

Cola superior:H0: $\mu \leq 1$ H1: $\mu > 1$ Nivel de significación, $\alpha = 0.05$ **Tabla 41***Prueba de cola superior para el %K*

Muestra	Valor T	Valor P
T1	-4.18	0.988
T2	-4.08	0.987
T3	-2.64	0.961

Nota: $p < 0.05$ se rechaza hipótesis nula

De la tabla 40 se puede observar p valor mayor a 0.05 por lo que se aceptó hipótesis nula para todos los tratamientos, se prueba que todos los tratamientos son menores que el valor máximo establecido para el potasio.

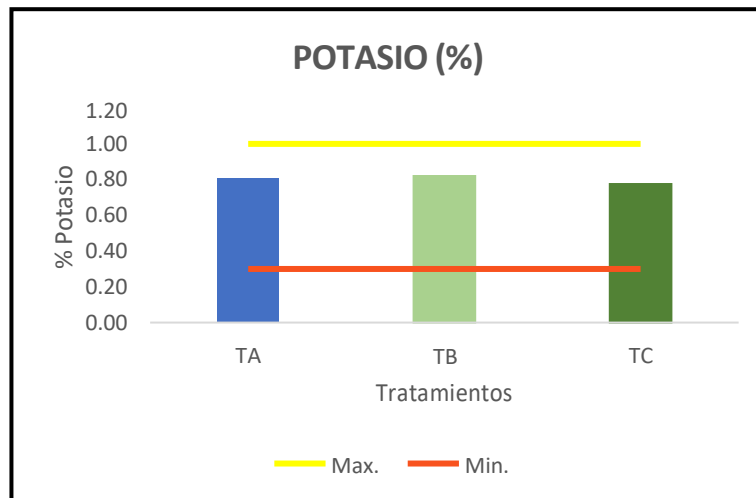


Figura 21. Comparación para el potasio

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

5.1.1 Relación C/N

Respecto al análisis estadístico realizados de la relación C/N el promedio del T3 y T2 fueron de 11.03 y 11.91. La relación C/N es un indicador crucial tanto para puesta en marcha como para la calidad, el carbono se utiliza como fuente de energía para microorganismos y nitrógeno como síntesis de proteínas, aminoácidos además de ácidos nucleicos (Azim et al., 2017), a excepción del T1 (sin dosis de *Elodea*) los tratamientos T2 y T3 están en optimo rango recomendado (Román et al., 2013), lo que resultó fue similar a lo que presentó Caro et al. (2009) donde realizaron compostaje con 60 kg de elodea, 10 kg de cal dolomítica, 3 kg de levadura, 19 kg de gallinaza, 8 kg de melaza, obteniendo una relación de 11.5%, si bien los resultados son similares en este estudio no se utilizaron insumos como levadura, cal y melaza.

5.1.2 Materia orgánica (M. O.)

Con respecto a resultados de materia orgánica el valor promedio obtenido en tratamientos T1 T2 y T3 fue 16.64%. Los resultados se asemejan a lo que obtuvo Mollinedo (2009), realizó el compostaje empleando residuos de lagos en porcentajes de 32%, 48%, 30% y 58%, obtuvo resultados promedio de 14.69%. Sullivan (2018) indicó que valores bajos de materia orgánica frecuentemente se debe a que el compostaje se realizó directamente en contacto con el suelo y es en la etapa de volteo donde el compost se mezcla con el suelo, en este estudio y en el de Sullivan (2018) el compostaje se realizó en la misma condición.

5.1.3 pH

Con respecto al pH, los valores promedios de todos los tratamientos se mantuvieron cercano a 8, para T1 8.13, para T2 8.15 y T3 8.05, el pH influye directamente en cuanto a compostaje pues actúa en la actividad de procesos microbianos (Bueno, Díaz y Cabrera, 2008), son parecidos al resultado de Martínez-Nieto (2011), en donde la composición del compost fue de 28,66 % de Elodea, cascarilla de arroz 14.35% y restos de cebolla 57.23%, reportó un valor promedio de pH 8. Los resultados reportados por Mancha (2018) fueron mayores, el compostaje realizado fue de residuos vegetales y guano de cuy (50% y 60% porcentaje en peso), el tratamiento testigo sin guano de cuy no paso de pH 8, a diferencia de los tratamientos que tenían en su composición estiércol de cuy, con valores finales de 9.68 y 9 respectivamente, la diferencia en la composición es que no estuvo compuesto por Elodea y con mayor % de estiércol de cuy.

5.1.4 Humedad

En mención a la humedad, este parámetro fue medido empleando a técnica del puño, tal como se explicó anteriormente, los valores promedio de las humedades se encuentran para T1 en 40.83%, para T2 40.93% y para T3 39.15%, estos valores fueron analizados estadísticamente y se determinó que se hallan los valores dentro del rango recomendado según Román et al. (2013).

5.1.5 Nitrógeno total

Con respecto al nitrógeno total, 0.95% corresponde al T1, 0.83% al T2 y 0.84% al T3, siendo el T1 quien no presenta dosis de Elodea fue el que obtuvo mayor valor. Son similares los resultados a los de Mollinedo (2009), quien obtuvo en cuanto a composición del compost fue de 40% en forraje, 30% mezcla estiércol de bobino y ovino y 30% residuo

de lago, el promedio obtenido fue de 0.92%. Así también son cercanos a los valores reportados por Martínez-Nieto (2011), en donde la composición del compost fue de 28,66 % de Elodea, cascarilla de arroz 14.35% y restos de cebolla 57.23%, reportó un valor promedio de 1,05%. Si bien los resultados fueron ligeramente menores la razón pudo ser las diferentes proporciones de los materiales de ingreso.

5.1.6 Potasio

Con respecto al potasio 0.81% corresponde al T1, 0.82% al T2 y 0.78% al T3, resultados que son análogos a lo reportado por Martínez-Nieto (2011), realizó el compostaje de Elodea 28,66 %, cascarilla de arroz 14.35% y restos de cebolla 57.23%, reportó 0,74% como valor promedio.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Compost elaborado según proporción 1:2 (T2) y 2:1 (T3) de residuo vegetal del mercado y *Elodea potamogeton* cumplen normativa de calidad según FAO en cuanto a la relación C/N, pH, %humedad, %nitrógeno y %potasio.
- El parámetro físico-químicos relación C/N del testigo T1 no cumple la normativa de calidad de la FAO, siendo el T3 el tratamiento con mayor % de Elodea el que lo cumple en mejor medida. Para los demás parámetros como humedad y pH todos los tratamientos cumplen los valores establecidos por la FAO. En cuanto al parámetro materia orgánica solo el tratamiento uno cumple con la normativa.
- Los nutrientes como son nitrógeno y potasio para todos los tratamientos cumplen con la normativa de la FAO, siendo el T1 el que lo cumple en mejor medida para nitrógeno y T2 para potasio.

6.2 Recomendaciones

- *Eldoea potamogeton* se deshidrató rápidamente por lo que su estructura se volvió quebradiza, ello dificultó su hidratación por ello que fue necesario protegerla del sol con hojas secas y gras seco.
- Durante el proceso de compostaje debe tenerse cuidado en cuanto a humedad, los primeros días la humedad varió rápidamente y fue necesario realizar el primer volteo a los 7 días para que la oxigenación sea adecuada. Así también, el cuidado en las etapas de volteo para evitar que la tierra se mezcle con el compost.
- Es necesario realizar otras investigaciones para determinar el efecto que tendría el compost a base de *Elodea potamogeton* como enmienda para suelos y cultivos.
- El reciclaje de *Elodea potamogeton* podría darse también empleando otras tecnologías como en biodigestores u otros.
- Se empleó corona de piña como material de soporte por su efecto y disponibilidad es posible utilizar otros materiales como aserrín o cascarilla de arroz o mezclas con corona de piña para obtener un mejor resultado.
- Es necesario el estudio del compostaje con otras proporciones de *Elodea* y microorganismos eficaces para un mejor resultado.

REFERENCIAS

- Abdi, H. & Williams, L. J. (2010). Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test. *Encyclopedia of Research Design*, 3(1), 1-5.
- Adhikari, B., Trémier, A., Barrington, S., y Martínez, J. (2013). Biodegradability of Municipal Organic Waste: A Respirometric Test. *Waste Biomass Valor*, (4), 331-340. DOI 10.1007/s12649-012-9135-5
- Alshehrei, F. & Ameen. F. (2021). Vermicomposting: A management tool to mitigate solid waste. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28 (6), 3284-3293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.072>.
- Álvarez, J. (2014). Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. Junta de Andalucía. España. Recuperado de: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/COMPOSTAJE_2014_OK_BAJA.pdf
- Amigos de la Tierra y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). Manual de Compostaje. Madrid, España. Recuperado de: https://www.ciaorganico.net/documypublic/751_librosagronicos.blogspot.com-Manual_de_compostaje.pdf
- Anderson, D., Sweeney, D. & Williams, T. (2008). Estadística para administración y economía. Recuperado de: <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-13-Estadistica-para-administracion-y-economia.pdf>
- Ansorena, J. (2016). *Compost de biorresiduos: normativa, calidad y aplicaciones*. Ediciones Mundi-prensa. Recuperado de <https://www.ebooks7-24.com:443/?il=13437>

- Arce, S. (2014). Actividad microbiana en proceso de compostaje aerobio de residuo sólido orgánico. *Revista de Investigación Universitario*, 3(2). 76. Recuperado de:
<https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/680>
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S. y Alami, T. (2017). Composting parameters and compost quality. *Organic Agriculture*, 8, 141-158.
Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Ban, S., Toda, T., Koyama, M., Ishikawa, K., Kohzu, A. y Imai, A. (2018). Modern lake ecosystem management by sustainable harvesting and effective utilization of aquatic macrophytes. *Limnología*, 20, 93-100.
- Barrena Gómez, R. (2006). *Compostaje de residuo sólido orgánico. Aplicación de técnica respirométrica en seguimiento de proceso*. [Tesis de doctorado, Ingeniería química, Universidad Autónoma de Barcelona]. Recuperado de:
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Behar, D. (2008). Metodología de la investigación. Recuperado de
<http://187.191.86.244/rceis/wp-content/uploads/2015/07/Metodolog%C3%ADa-de-la-Investigaci%C3%B3n-DANIEL-S.-BEHAR-RIVERO.pdf>
- Blázquez, M. (2003). *Residuos agrícolas y de origen animal*. Recuperado de:
http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion_ambiental/EducamIV/publicaciones/rua15.pdf
- Bohórquez, W. (2019). *Proceso de compostaje*. 1, p. 24. Recuperado de:
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=libros>
- Bueno, P., Díaz, M. y Cabrera, F. (2008). Factores que afectan un proceso de Compostaje. Recuperado de:
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=APuzwas6rrcC&oi=fnd&pg=PA94&>

[dq=+Factores+que+afectan+al+proceso+de+Compostaje+&ots=BSWrQ-rvW2&sig=0VERSnQvJohL-mQ_Mg96d-fH7Kc](#)

Caro, I., Romero, Z., y Lora, R. (2009). Producción de abono orgánico con uso de Elodea (Egeria densa) presente en laguna de Fúquene. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 12 (1), 91-100. Recuperado de:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262009000100010&lng=en&tlng=es.

Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea y Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes. *Bioresource Technology*, 248, 57-67. Recuperado de:

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>.

Cervantes, O. (2021). Suelos están Cansados: Historia Agroecológica de Cantones

Costarricenses de Mora y Puriscal en las Primeras Cinco Décadas de Siglo XX.

Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC) *Revista De La Solcha*,

11(3), 318–353. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2021v11i3.p318-353>

Chang, J. y Hsu, T. (2008). Effect of compositions on food waste composting. *Tecnología*

Bioambiental, 99 (17), 8068-8074. doi:10.1016/j.biortech.2008.03.043

Choi, K. (1999). Optimal operating parameters in the composting of swine manure with

wastepaper. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 34 (6), 975-987.

Recuperado de:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03601239909373240>

Damián, L. (2018). Aplicación de tres tratamientos que aceleran la elaboración de compost

de residuo de Mercado Los Cedros, en Chorrillos, 2018. (Tesis de grado,

Universidad Cesar Vallejo]. Recuperado de:

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5011/T-1335.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- De Bertoldi, M., Vallini, G. & Pera, A. (1983). The Biology of composting: A review. *Waste Management & Research*, 1(2), 157-176. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/0734-242X\(83\)90055-1](https://doi.org/10.1016/0734-242X(83)90055-1)
- Diccionario, OE (2020). Filosofía. Editorial de la Sociedad Nacional de Filósofos de Uzbekistán. Recuperado de: <http://www.lamolina.edu.pe/Postgrado/cienciambientales/default.htm>
- Docampo, R. (2013). Compostaje y compost. *Revista INIA*, 35, 63-67. Recuperado de: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>
- Environmental Protection Agency (1994). Composting Yard Trimmings and Municipal Solid Waste. EPA 530-R-94-003. Office of Solid Waste and Emergency Response. Recuperado de: <https://archive.epa.gov/composting/web/pdf/cytmsw.pdf>
- Environmental Protection Agency. (2020). *Best practices for solid waste management: A guide for decision makers in developing countries*. Obtenido de página US EPA https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-02/documents/swm_guide-spanish-reducedfilesize_pubnumber_october.pdf
- Environmental Protection Agency. (abril de 2023). *Sustainable Food Management: Types of Composting and Understanding the Process*. Obtenido de página US EPA <https://www.epa.gov/sustainable-management-food/types-composting-and-understanding-process>
- FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. Guía de bolsillo para oficiales de extensión. *Food & Agriculture Org.*. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- FAO. (2002). *Management of problematic aquatic weeds in Africa*. Recuperado de: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/b5c8e37c-5572-582f-832a-7546b8a49f20/>

- FAO. (2013). *Huella del despilfarro de Alimento*. Recuperado de:
<https://www.fao.org/3/ar428s/ar428s.pdf>
- FAO. (2014). *Food Wastage footprint: Impact on natural resources*. Recuperado de:
<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>
- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y alimentación. Progresos de la lucha contra la pérdida y desperdicio de alimentos*. Recuperado de:
<https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- FAO. (29 de setiembre de 2022). *Hacer frente a la pérdida y desperdicio de alimentos: una oportunidad de ganar por partida triple*. Recuperado de:
<https://www.fao.org/newsroom/detail/FAO-UNEP-agriculture-environment-food-loss-waste-day-2022/es>
- Fisgativa, H., Tremier, A. y Dabert, P. (2016). Characterizing the variability of food waste quality: A need for efficient valorisation through anaerobic digestion. *Waste Management*, 50, 264-274. Recuperado de:
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.041>.
- Fries, A. & Tapia, M. (2007). Guía de campo de cultivos andinos. Recuperado de:
<https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Biodiversidad/71.pdf>
- Funes, J. (2012). Muestreo y análisis de desechos de talla. Un caso de estudio: Capa 2 Peñas de la Cruz 1.1 (Antofagasta de la Sierra, Catamarca).
- Fuertes, J. & Jarrín, F. (2015). *Mejoramiento del estado nutricional del suelo a través de la adición de compost enriquecido con bacterias fosfato solubilizadoras en la finca Denmmar. Tabacundo-Ecuador*. (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9404>

- Gamarra, C., Díaz, M., Vera, M., Galeano, M. y Cabrera, A. (2017). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), p.7. Recuperado de:
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-4.pdf>
- Galán, A., Linares, E y Montoya, J. (2021). Distribución de *Elodea potamogeton* (Bertero) Espinosa (Hydrocharitaceae) en Perú: Nueva localidad, biología floral y fitosociología. *Amaldoa*, 28(3), 523-530. Recuperado de:
<https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28303>
- Gao, Si., Bao, J., Liu, X. & Stenmarck, A. (2018). Life cycle assement on food waste and its application in China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 108 (4), 1-8. Recuperado de: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/108/4/042037/pdf>
- García-Ramos, C., Arozarena-Daza, N., Martínez-Rodríguez, F., Hernández-Guillén, M., Pascual-Amaro, J., y Santana-Gato, D. (2019). Obtención de compost por biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultivos Tropicales*, 40(2), Recuperado de:
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000200002&lng=es&tlng=pt.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000200002&lng=es&tlng=pt)
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill
- Hettiarachchi, H., Bouma, J., Caucci, S. & Zhang, L. (2020). *Organic Waste Composting Through Nexus Thinking: Linking Soil and Waste as a Substantial Contribution to Sustainable Development*. *Organic Waste Composting through Nexus Thinking*. 1-12

- Huang, F., Wong, C., Wu, T. & Nagar, B. (2004). Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management*, 24 (8), 805-813. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.03.011>.
- Jara, L. (2016). *Oportunidad de valorización por compostaje de residuo orgánico con origen urbano y afines en Ecuador: Propuesta de gestión para Chimborazo*. (Tesis de doctorado, Universidad Miguel Hernandez de Elche). <http://dspace.umh.es/handle/11000/2770>
- Jeswani, H. K., Figueroa-Torres, G. & Azapagic, A. (2021). Alcance de generación de desperdicios de alimentos en Reino Unido y sus impactos ambientales. *Producción y consumo sostenibles*, 26, 532–547. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.021>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank Publications.
- Kumar, M., Ou, YL. & Lin, JG. (2010). Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Management*, 30 (4), 602-609. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X0900525X>
- Mancha, M. (2018). *Elaboración de compost con diferentes fuentes, proporciones y evaluación de calidad en distrito de San Jerónimo de Tunán*. (Tesis de pregrado, Universidad Continental, Huancayo, Perú). Recuperado de: http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4693/1/IV_FIN_107_TE_Mancha_Mulato_2018.pdf
- Márquez, C. (2019). *Evaluación de calidad de compost de especie acuática invasoras Eichhornia crassipe (Jacinto de agua) y Pistia stratiotes Lechuga de agua) de Humedal Santa Rosa-Chancay y efecto en crecimiento de Raphanus sativus (Rábano)*. (Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión). <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4209>

Márquez, P., Blanco, M. & Capitán, F. (2008). 4. Factores que afectan al proceso de

compostaje. *Compostaje*. Recuperado de:

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=APuzwas6rrcC&oi=fnd&pg=PA94&dq=Factores+condicionantes+del+proceso+de+compostaje.&ots=BSUvO1mqO5&sig=QCRr7EYlvEiqCX3Pu7lautqizF4#v=onepage&q=Factores%20condicionantes%20del%20proceso%20de%20compostaje.&f=false>

Martínez-Nieto, P., García-Gonzales, D., Silva-Bonilla, P., Vargas-Chaparro, G. y

Valderrama-Escallón, F. (2011). Manejo de residuos generados directa o

indirectamente por cultivo de cebolla en Aquitania (Boyaca-Colombia). *Revista*

AIDIS de ingeniería y Ciencias Ambientales, 4 (2), 23-34. Recuperado de:

<http://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/3/26654>

Martínez, C. (2015). Análisis y diseño de experimentos [presentación en PowerPoint].

Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/55527325.pdf>

MINAM. Ministerio del Ambiente. (2012). Informe Anual de Residuo sólido Municipal y

No Municipal en Perú. Recuperado de:

<http://redrrss.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>

MINAM. Dirección General de Residuos Sólidos. (2021). Indicadores R.S.S. 2020.

Recuperado de:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZmU4ZmYyZjEtZmEzZi00YzJlThiNzktMWEwMmJlMDFjMzdhlwidCI6IjBlMmFiZjRILWEwZjUtNDFlZi0iOWE0LWM5YWE2ZGQ1NTE4MCJ9&pageName=ReportSection>

MINAM. (2023). Indicador 3.2: Porcentaje de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales valorizados. Recuperado de:

<https://www.youtube.com/watch?v=YGSOhUMGfGs>

- Mitchell, D. (1974). Aquatic vegetation and its use and control. Unesco Paris. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000007263>
- Mollinedo, Z. (2009). *Determinación de calidad de compost, elaborado por residuo sólido orgánico del municipio de Puerto Mayor Carabuco, Provincia de Camacho*. (Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés).
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5011>
- Montgomery, D. (2005). Control Estadístico de la Calidad. Limusa Wiley. p. 94-99.
- Moraleda, R. [Bureau Veritas Formación]. (06 de junio del 2016). *Diseños de Investigación Cuantitativa en Educación bajo los modelos de Campbell y Stanley*. [Archivo de video]. Recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=CoV7rHeaO40>
- Muñoz, M., Voyevoda, M., Fühner, C. & Zehnsdorf, A. (2011). Potential uses of *Elodea nuttallii*-harvested biomass. *Energy, Sustainability and Society*, 1, 1-8. doi:
<https://doi.org/10.1186/2192-0567-1-4>
- New York City Department of Sanitation NYC. (2012). New York City Master Composter Manual. Department of Sanitation NYC. Recuperado de:
<https://www.nyc.gov/assets/dsny/docs/nyc-master-composter-manual-mcm.pdf>
- Oviedo-Ocaña, E., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellon, L., Hoyos, L., Gonzales, S., Barrena, R., Komilis, D. y Sanchez, A. (2015). Stability and maturity of biowaste composts derived by small municipalities: Correlation among physical, chemical and biological indices. *Waste Management*, 44, 63-71. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.034>
- Parihar, P. y Choudhary. (2022). Quality Assessment of Composts from different Organic sources. *Earth and Environmental Science*, 1084. doi: 10.1088/1755-1315/1084/1/012070.

- Parihar, P. & Sharma, S. (2021). Composting: a better alternative of chemical fertilizer. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 795(1), doi:10.1088/1755-1315/795/1/012038
- Podraza, P., Brinkmann, T., Evers, P., Felde, D., Frost, U., Klopp, R., Knotte, H., Markus, F., Kuk, M., Lipka, P., Nusch, E., Stengert, M., Wessel, M., Weyer, K. (2008). Recuperado de: https://www.ruhrverband.de/fileadmin/pdf/elodea_abschlussbericht.pdf
- Prado, X. (2017). *Tratamiento de residuo sólido generados en sanitarios ecológicos por uso de microorganismos eficientes en proceso de compostaje*. (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú). Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2823>
- Quevedo, M. (2017). *Uso de materiales de soporte en la eficiencia del proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado* (tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3130>
- Ramírez, E. (s/f) *Método experimental*, Recuperado de: <https://www4.ujaen.es/%7Eeramirez/Descargas/tema6>
- Ramos, D. y Terry, E. (2014). Generalidades de abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&tlng=es.
- Razmjoo, P., Pourzamani, H., Teiri, H. & Hajizadeh, Y. (2014). Determination of an empirical formula for organic composition of mature compost produced in Isfahan-Iran composting plant in 2013. *International Journal of Environmental Health*

Engineering, 4(1). Recuperado de:

https://ijehe.mui.ac.ir/article_27062_8d9417a20e0bb3ddc0925a6eb5407a1a.pdf

Real Decreto 506/2013, del 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Boletín oficial del*

Estado, 164, 7540 (2013), 51119-51207. Recuperado de:

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/06/28/506/dof/spa/pdf>

Reyes de Cbrales, C. E. (2009). Elaboración de abono orgánico a partir de plantas

acuáticas: Elodea (*Hydrilla verticillata*) y Jacinto o Lirio de agua (*Eichhornia crassipes*), procedentes del Lago de Coatepeque y Lago de Guija. REDICCES.

Recuperado de:

<http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/474/1/Abono%20organico%20plantas.pdf>

Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor

experiencias en America Latina. FAO. Recuperado de:

<https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>

Rudnik, E. (2019). Composting methods and legislation. *Compostable Polymer Materials*

(pp. 127-161). Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099438-3.00005-](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099438-3.00005-7)

[7](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099438-3.00005-7)

Sax, M., Bassuk, N., Van Es, H. y Rakow, D. (2017). Long-term remediation of compacted

urban soils by physical fracturing and incorporation of compost. *Urban Forestry &*

Urban Greenig, 24, 149-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.023>

Soliva, M., & López, M. (2004). Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales

tratados y de las condiciones del proceso. *Escola Superior d'Agricultura de*

Barcelona. España, 2004, 1-17. Recuperado de:

https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres3_Calidad+del+compost

+influencia+del+tipo+de+material+tratado+y+delas+condiciones+del+procesopdf/80b5b931-0521-426b-a733-6be0ac2d3a68

Strom, P. (1985). Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting. *Applied and Environmental Microbiology*, 50(4), 899-905. doi: <https://doi.org/10.1128/aem.50.4.899-905.1985>

Suaña, E. (2013). Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*Lemma sp.*) con aplicación microorganismos eficaces. (Tesis posgrado, Universidad Nacional del altiplano). Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/446>

Sullivan, D., Bary, A., Miller, R. & Brewer, L. (2018). Interpreting Compost Analyses. Corvallis, O.R., EE. UU.: *Oregon State University Extension Service*. 1-10. Recuperado de: <https://michiganrecycles.org/wp-content/uploads/2022/09/em9217.pdf>

Suni, L.. (2018). *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en compostaje del mercado mayorista metropolitano Río Seco-La Parada, Cerro Colorado*. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú). Recuperado de: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/6a24f6fd-5767-475f-874c-8fc2d159be14>

Toledo, M., Siles, J. A., Gutiérrez, M. C. y Martín, M.A. (2018). Monitoring of the composting process of different agroindustrial waste: Influence of the operational variables on the odorous impact. *Waste Management*, 76, 266-274. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.042>.

Tortosa, G. (10 de febrero de 2015). *Sistemas de compostaje*. Compostando Ciencia. Recuperado de: <http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>

Tortosa, G. (10 de febrero de 2015). Factores que influyen el proceso de compostaje.

Compostando Ciencia. Recuperado de:

<http://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/>

Vargas, G. (2023). *Precipitación de estruvita a partir de la orina humana: Un análisis de prefactibilidad para su implementación como alternativa de fertilizante*. (Tesis de

Maestría, Universidad de los Andes). Recuperado de:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/67629>

Vicencio-De la Rosa, M., Pérez-López, M., Medina-Herrera, E. & Martínez-Prado, M.

(2011). Producción de compost y vermicomposta a partir de lodo de la planta de tratamiento de aguas residuales del rastro. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(3), 263-270.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000300011)

[49992011000300011](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000300011)

Vittuari, M., Azzurro, P., Gaiani, S., Gheoldus, M., Burgos, S., Aramyan, L., ... & Bos-

Brouwers, H. (2016). Recommendations and guidelines for a common European policy framework on food waste. FUSIONS. Recuperado de:

<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/392296>

Wei, Y. & Liu, Y. (2005). Effects of sewage sludge compost application on crops and

cropland in a 3-year field study. *Chemosphere*, 59 (9), p. 1257-1265. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.052>

Wersal, R. y Madsen, J. (2012). Aquatic plants their uses and risks: A review of the global status of aquatic plants. Recuperado de:

<https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9051en> <https://bit.ly/UNEP-FWI-report>

WWF-UK. (2021). Driven to waste: The global impact of food loss and waste on farms.

Reuperado de:

https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_uk_driven_to_waste_the_global_impact_of_food_loss_and_waste_on_farms.pdf

Zakarya, I., Suhaimi, N. & Kamaruddin, A. (2020). Benchmarking of compost quality, process and organic materials and adoption potential to complement the Compost Quality Index (CQI). *En Serie de conferencias IOP: Earth and Environmental Science*, 616 (1), p. 012042. Recuperado de:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/616/1/012042/meta>

Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. (2021). UNEP Food Waste Index Report 2021.

Žukauskas, P., Vveinhardt, J. & Andriukaitienė, R. (2018). Filosofía y paradigma de la investigación científica. *Cultura de gestión y responsabilidad social corporativa*, 121, 139. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/chapters/58890>

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de medición de temperatura promedio monitoreada durante el proceso de compostaje

N° de días	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Temperatura T1	24.3	35.3	45.3	35	46	47.2	48.3	50	47	52.7
Temperatura T2	23.8	32	44	30	43.7	45	47	50.5	46	48
Temperatura T3	24	33	43.8	33	43	46.3	48.3	50.1	46	50

N° de días	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
Temperatura T1	55.7	53	52	53.4	44	37	46	40	39	35
Temperatura T2	54	54	53	50	44.3	38	44	41	35	37
Temperatura T3	53.5	52	50	48	43	39	43	42	37	36

N° de días	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59
Temperatura T1	31.6	32	33	30	29	31	30	32.2	28.6	29.2
Temperatura T2	35	31	34	33	30	32	30.6	31.5	29.5	28
Temperatura T3	33	30	32	31.7	32	30	31	31	31.5	29.7

N° de días	61	63	65	67	69	71	73	75	77	79
Temperatura T1	24	29.3	30	28	31	29	30	26.2	27.1	28.4
Temperatura T2	23	32.4	31.5	28.3	32.4	29.3	28	26.4	27.5	27.1
Temperatura T3	24.4	30.3	29.6	29	30.7	28	28.9	26	27	26

N° de días	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
Temperatura T1	26.5	27.3	27	28	27.5	25.8	26	25.6	25	24.8
Temperatura T2	26.7	26	27.3	25.1	26	24.8	25	24.7	24	24.6
Temperatura T3	26.8	27	27.3	26	26.7	25.4	25	24.5	23.8	24

N° de días	101	103	105	107	108
Temperatura T1	24.1	23.8	23	23.3	23
Temperatura T2	24	23.5	23.2	23	23.6
Temperatura T3	23.2	24	23.7	24	23.1

Anexo 2. Tabla de medición pH monitoreado durante proceso de compostaje

N° de días	1	15	30	45	60	75	90	105
pH T1	4.8	5.5	7.1	7.5	8	8.3	8.1	8.2
pH T2	4.3	6	6.8	7.5	7.9	8	8.1	8.3
pH T3	4	6.3	7	7.3	7.5	8	8.2	8.4

Anexo 03: Análisis del compost de T1, T2 y T3



INFORME DE ENSAYO N° 05096-23/AO/ LABSAF - DONOSO

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ROCIO DEL ROSARIO GANCIO ARELLANO
Propietario / Productor : ROCIO DEL ROSARIO GANCIO ARELLANO
Dirección del cliente : URB. LAS PALMAS MED-HUALMAY-HUALAURA
Solicitado por : ROCIO DEL ROSARIO GANCIO ARELLANO
Muestrado por : Cliente
Número de muestra(s) : 12 muestras
Producto declarado : Abono orgánico
Presentación de las muestra(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestra : Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) : HUALMAY-HUALAURA
Fecha(s) de muestreo : 04/05/2023 (*)
Fecha de recepción de muestra(s) : 04/05/2023
Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Follares - LABSAF Donoso
Fecha(s) de análisis : Del 04/05/2023 al 25/05/2023
Cotización del servicio : 004-23-00
Fecha de emisión : 25/05/2023

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	AO034-DO-23	AO035-DO-23	AO036-DO-23	AO037-DO-23	AO038-DO-23	AO039-DO-23		
Matriz Analizada	Abono org.	Abono org.	Abono org.	Abono org.	Abono org.	Abono org.		
Fecha de Muestreo	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	9:00 (*)	09:05 (*)	09:10 (*)	09:15 (*)	09:20 (*)	09:25 (*)		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	TA1	TB1	TC1	TA2	TB2	TC2		
Ensayo	Unidad	LO	Resultados					
pH	unif. pH	--	7,9	8,1	8,0	8,4	8,1	8,1
conductividad eléctrica	dSm	--	2,7	0,9	1,2	1,7	1,4	1,5
Humedad	%	--	41,12	36,83	38,43	44,32	41,00	36,74
M. Org.	%	--	17,24	13,87	17,10	22,58	18,82	16,05
N	%	--	1,04	0,86	0,83	1,05	0,99	0,81
P ₂ O ₅	%	--	4,58	3,90	3,93	5,81	5,48	4,43
K ₂ O	%	--	0,74	0,79	1,02	0,94	0,94	0,78
CaO	%	--	1,52	1,91	2,54	2,85	2,05	2,40
MgO	%	--	0,97	0,92	0,84	0,97	1,07	2,40
C/N	%	--	9,82	11,54	11,95	10,08	10,98	11,98
Análisis de Microelementos								
Hierro (Fe)	mg/kg	-	10900,16	9888,13	7313,20	8929,06	7994,14	7571,52
Zinc (Zn)	mg/kg	-	135,88	125,20	112,41	147,89	148,82	128,29
Cobre (Cu)	mg/kg	-	27,23	25,24	23,74	29,93	28,82	24,53
Manganeso (Mn)	mg/kg	-	382,11	356,16	296,84	363,45	381,35	314,02
ITEM	7	8	9	10	11	12		
Código de Laboratorio	AO040-DO-23	AO041-DO-23	AO042-DO-23	AO043-DO-23	AO044-DO-23	AO045-DO-23		
Matriz Analizada	Abono org.	Abono org.	Abono org.	Abono org.	Abono org.	Abono org.		
Fecha de Muestreo	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)	03/03/2023 (*)		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	09:30 (*)	09:35 (*)	09:40 (*)	09:45 (*)	09:50 (*)	09:55 (*)		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	TA3	TB3	TC3	TA4	TB4	TC4		

INFORME DE ENSAYO
N° 05096-23/AO/ LABSAF - DONOSO

Ensayo	Unidad	LO	Resultados					
pH	unif. pH	—	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0
Conductividad eléctrica	dSm	—	1,5	2,5	0,8	2,4	1,0	2,5
Humedad	%	—	39,10	44,30	39,45	30,73	41,00	30,99
M. Org.	%	—	15,21	13,93	10,27	12,96	16,90	16,50
N	%	—	0,92	0,02	0,91	0,78	0,03	0,90
P ₂ O ₅	%	—	4,58	4,42	4,01	4,83	4,89	4,00
K ₂ O	%	—	0,80	0,73	0,67	0,75	0,62	0,85
CaO	%	—	1,09	1,96	2,26	3,23	2,35	2,11
MgO	%	—	1,04	0,91	0,84	0,94	0,96	0,84
C/N	%	—	9,58	9,87	11,85	9,05	11,75	12,04
Análisis de Microelementos								
Hierro (Fe)	mg/kg	—	11956,50	7659,54	7362,73	137,08	7239,03	7905,02
Zinc (Zn)	mg/kg	—	148,57	126,81	117,26	137,00	129,40	117,21
Cobre (Cu)	mg/kg	—	30,81	24,04	22,95	28,01	24,07	21,91
Manganeso (Mn)	mg/kg	—	403,78	315,00	286,15	391,04	316,03	289,88

Anexo 04: Recolección de Elodea



Anexo 05: Recolección de residuo orgánico del mercado



Anexo 06: Estiércol de cuy



Anexo 07: Conformación de las unidades experimentales



Anexo 08: Medición del pH



Anexo 09: Volteo de las pilas



Anexo 10: Riego de pilas



Anexo 11: Tamizado



Anexo 12: Muestras para su análisis

