



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Eficiencia del Método Takakura y Bocashi en el Compostaje de
Residuos Orgánicos de Restaurantes en la Urbanización Enace
Ayacucho, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA:

Beingolea Medina, Katia Melissa (ORCID: 0000-0003-0778-9692)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA — PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado salud. A mis padres Rómulo y Juana con eterna gratitud y cariño, como fiel testimonio de reconocimiento por su abnegación, sacrificio e invaluable apoyo en mi vida y formación profesional.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por ser mi guía espiritual, bendecir mi camino dándome fuerzas. Agradezco a mis padres, por impulsarme a perseguir mis sueños con su ejemplo de perseverancia y constancia.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.2 Variables y operacionalización.....	25
3.3 Población, muestra y muestreo.....	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5 Procedimientos	29
3.6 Método de análisis de datos.....	39
3.7 Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS	55
AXNEOS.....	57

Índice de tablas

Tabla 1: Valor nutricional de los abonos orgánicos.....	13
Tabla 2: Relación de insumos a diferentes escalas para el método Takakura.....	18
Tabla 3: Operacionalidad de variables.....	26
Tabla 4. Características físicas del compost según método empleado.....	40
Tabla 5. Características químicas del compost según método empleado.....	42
Tabla 6. Rendimiento del compostaje según método.....	47
Tabla 7. Comparación de calificación de eficiencia.....	47
Tabla 8. Análisis estadístico ANOVA.....	48
Tabla 9. Prueba estadística HSD TUKEY.....	48

Índice de figuras

Figura 1: T°, oxígeno y pH en el proceso de compost.....	14
Figura 2; Diagrama del proceso de degradación de la materia orgánica.....	19
Figura 3: Preparación de compostadoras Takakura.....	30
Figura 4: Solución dulce y salina para el Método Takakura.....	31
Figura 5: Lecho de fermentación Takakura.....	32
Figura 6: Mezcla de la solución fermentativa y el lecho de fermentación.....	32
Figura 7: Protección de lecho con papel y tela.....	33
Figura 8: Proliferación de microorganismos.....	33
Figura 9: Triturado de residuos orgánico manualmente y mezclados.	34
Figura 10: Aporte de residuos orgánicos a las compostadoras.	34
Figura 11: Compost final del método Takakura.	35
Figura 12: Preparación de compostadora bocashi.	35
Figura 13: Polvo bocashi.	36
Figura 14: Residuos orgánicos recolectados.	36
Figura 15: Triturado de residuos orgánico manualmente y mezclado.	37
Figura 16: Instalación del balde para el inicio del compostaje bocashi.	37
Figura 17: Mescla en capas de los residuos orgánicos y el polvo bocashi.	38
Figura 18: Proceso del compostaje bocashi.	38
Figura 19: Compost final del método bocashi.	38
Figura 20: Contenido de humedad muestra Bocachi y Takakura.	40
Figura 21: pH de la muestra Bocachi y Takakura.	41
Figura 22: Conductividad eléctrica de la muestra Bocachi y Takakura.	42
Figura 23: % de materia orgánica de la muestra Bocachi y Takakura.	43
Figura 24: % de nitrógeno de la muestra Bocachi y Takakura.	44
Figura 25: % de óxido de fósforo de la muestra Bocachi y Takakura.	44
Figura 26: % de óxido de potasio de la muestra Bocachi y Takakura.	45
Figura 27: % de óxido de calcio de la muestra Bocachi y Takakura.	45
Figura 28: 28. % de óxido de magnesio de la muestra Bocachi y Takakura.	46
Figura 29: % de óxido de azufre de la muestra Bocachi y Takakura.	46

Índice de anexos

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

Anexo 3: Panel fotográfico

Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación es determinar la eficiencia del método Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho, el nivel de investigación es aplicativo y el diseño es experimental, para esto se realiza 2 tratamientos al T1 se empleó el método Bocashi (polvo Bocashi) y el tratamiento T2 fue el método de Takakura se empleó elementos (aserrín, afrecho, harina, hojarasca) en la solución salina se empleó (agua, sal, cascaras picadas de naranjas, uva, papaya, manzana, lechuga, pepino y col), solución dulce (agua, azúcar, queso, levadura, yogurt) . Después de la elaboración del compostaje con estos 2 tipos de tratamiento. Se analiza los parámetros fisicoquímicos de los 2 tratamientos, para T1 (bocashi), se obtiene humedad (39,2%), pH (8,89), C.E (47,28 mS/cm), MO (51.63 %), N (2,87%) ,P(3,64%) , K (0.68%). Para T2 (Takakura), se obtiene humedad (53,1%), pH (9,79), C.E (21,05 mS/cm), MO (62.62 %), N (2,12%) ,P(1,61%) , K (0.16%)

La calificación de la eficiencia alcanzó un valor alto por el método de Bocashi (7,9 puntos) en comparación con el método Takakura (7,4 puntos), resultando en el análisis estadístico ANOVA diferencias significativa ($p > 0.05$), además en la prueba de Tuckey se demuestra que el método de Bocashi resulto el mejor método para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes de los restaurant de la urbanización Enace Ayacucho.

Palabras clave: Bocashi, Takakura, compost, eficiencia

Abstract

The objective of this research work is to determine the efficiency of the Takakura and Bocashi method in composting organic waste from restaurants in the Enace Ayacucho urbanization, The research level is applicative and the design is experimental, for this, 2 treatments are carried out at T1 The Bocashi method was used and the T2 treatment was the Takakura method, elements were used (agricultural lime, molasses, yeast, ground coal, sawdust, bran and organic residues). After the elaboration of the 2 types of treatment that lasted 14 days, the physicochemical parameters of the 2 bocashi treatments are analyzed and T1 humidity (39.2%), pH (8.89), EC (47.28 mS / cm), MO (51.63%), N (2.87%), P (3.64%), K (0.68%). For T2 (Takakura), humidity (53.1%), pH (9.79), EC (21.05 mS / cm), MO (62.62%), N (2.12%), P (1 , 61%), K (0.16%).

The efficiency rating reached a high value for the Bocashi method (7.9 points) compared to the Takakura method (7.4 points), resulting in significant differences in the ANOVA statistical analysis ($p > 0.05$), and the Tuckey test showed that the Bocashi method was the best method for the production of compost from organic waste from the restaurants of the Enace Ayacucho urbanization.

Keywords: Bocashi, Takakura, compost, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos se han convertido en un gran problema que afecta a la población mundial debido a las enormes cantidades que se producen, estos van a parar a un botadero abarcando tierras e impidiendo otros usos, estos son grandes focos de contaminación y propagación de enfermedades de igual manera producen lixiviados dañando suelos y aguas subterráneas que eventualmente son utilizadas para riego o consumo. Liberando gases que contaminan el aire. Una alternativa de solución de gran beneficio para la reducción de la materia orgánica es la elaboración de abonos orgánicos mediante el composteo siendo una necesidad para vivir de forma sostenible con el medio ambiente. Sustituyendo así los abonos químicos, aportando compost devolvemos materia orgánica a los suelos, mejorándolos contribuiremos a detener el riesgo de desertificación. (Amigos de la Tierra, 2020).

En Latinoamérica la producción de residuos sólidos por persona es de un kilogramo/día, siendo la producción total de 541.000 toneladas, contribuyendo con un valor del 10% a los residuos sólidos generados a nivel mundial. Un tercio de residuos que se generan en Latinoamérica van a parar a los botaderos, están son prácticas que dañan la salud y bienestar de los habitantes y contaminan el medio ambiente.

La incorrecta disposición final de residuos y la falta de recolección de estos, genera basurales. Siendo los de mayor peligro aquellos que de forma inadecuada, son desechados a cuerpos de agua, terrenos abandonados, incinerados intencionalmente con el objetivo de reducir su magnitud.

Los residuos sólidos, están siendo segregados inadecuadamente en la fuente, es un reto que afrontar. Ya que es la esencial fuente, de producción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), por la magnitud de materia orgánica que presenta. Estos residuos orgánicos generan gas metano, así mismo se generan lixiviados que pueden contaminar los suelos y cuerpos de agua, originando problemas en los ecosistemas. (Noticias ONU, 2018).

En el Perú, el total de residuos sólidos municipales producidos es de (7,359.240 toneladas). Según el MINAM, el 54% de los residuos municipales producidos en el 2018 fueron orgánicos (3'800,712.15 toneladas). (Sistema Nacional de Información Geográfica) cuyo origen, primordialmente, es domiciliario. Sin embargo, se desconocen las cifras oficiales de los residuos orgánicos que son aprovechados, El Ministerio del Ambiente reporta que, en el Programa de Incentivos en el año 2018, se habrían recaudado 35,435 toneladas, que solo refleja el 1% de los residuos orgánicos generados en el país. es fundamental que los ciudadanos, comercio y todos aquellos que produzcan este tipo de residuos, apliquen la elaboración de compostaje en sus viviendas y/o en sus instalaciones comerciales. De la misma manera, se exhorta que las municipalidades, incentivar la elaboración de compost. (Defensoría del pueblo, 2019.p. 62).

En la actualidad se busca dar un valor agregado a los residuos orgánicos, a través de la implementación de métodos, para reducir la contaminación, mediante la segregación, pudiendo generar compost en las viviendas y comercio, a partir de restos biodegradables como las frutas, verduras, restos de plantas, que son reutilizados mediante la elaboración de compost (Torres. 2018.p.4).

“En el departamento de Ayacucho el 2018 se generó un total de (125 mil toneladas) residuos sólidos municipales. Y la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios urbanos es de 0.61 (kg/hab-día)” (Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, MINAM, 2019).

Los ciudadanos de la Urb. Enace. José Ortiz Vergara de la provincia de Huamanga no cuentan con el servicio de recolección de los residuos orgánicos, la falta de recursos y programas que busquen reflexionar, reducir, reutilizar y reciclar la materia orgánica, por parte del área de segregación en la fuente de la unidad de gestión de residuos sólidos UGRS de la MPH. siendo este un punto donde se generan residuos orgánicos por parte de las viviendas y restaurantes, sin saber qué hacer con estos, son arrojados a en calles y parques aledaños. originando puntos críticos, que son focos infecciosos y vectores. Se busca dar un valor agregado a los residuos orgánicos, para reducir la contaminación, de-

bido al desconocimiento del uso de técnicas y sensibilización en la gestión adecuada que se le puede dar a los residuos orgánicos generados en los domicilios y restaurantes, conformados por restos biodegradables como: frutas, verduras, restos de plantas, etc. Que son fácilmente compostables, siendo una necesidad para vivir de manera sostenible, saludable y en equilibrio con el medio ambiente.

Con miras a proponer soluciones y sensibilizar a los ciudadanos en la elaboración de compost provenientes de los residuos orgánicos que generan y reflexionar sobre los hábitos de consumo, reduciendo la generación de residuos sólidos orgánicos, reutilizando materiales de sus hogares y reciclando la materia orgánica, se ha llevado a proponer algunos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos, tales como los métodos Takakura y Bocashi los cuales transforman la materia orgánica en un producto nuevo como el compost, bajo la mezcla de soluciones dulce, salada y lecho de fermentación.

Sobre la base de la realidad problemática se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general fue ¿Es posible determinar la eficiencia de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

PE1: ¿Cuáles son las características físicas de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho?

PE2: ¿Cuáles son las características químicas de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho?

PE3: ¿Cuál es el rendimiento de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho?

El objetivo general fue determinar la eficiencia del método Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

OE1: Determinar las características físicas de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho.

OE2: Evaluar las características químicas de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho.

OE3: Determinar el rendimiento de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho.

La hipótesis general de la investigación fue es probable determinar la eficiencia de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización enace Ayacucho.

Las hipótesis específicas fueron los siguientes:

HE1: La evaluación de las características físicas de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos mide su eficiencia.

HE2: La evaluación de las características químicas de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos mide su eficiencia.

HE3: La determinación del rendimiento de los métodos Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos mide su eficiencia.

De acuerdo a las hipótesis específicas planteadas, las propiedades físicas y químicas y el rendimiento son importantes para medir la calidad y eficiencia de un proceso de compostaje, porque mediante ellos es posible destinar sus diferentes usos posibles (European Commission and Joint Research Centre, 2014, p.4; Masaguer, et al., 2013, p. 10).

II. MARCO TEÓRICO

Para dar mayor sustentabilidad a la investigación se revisó algunos estudios previos referentes a las variables de la investigación, teniendo en cuenta a:

Los residuos son considerados uno de las problemáticas ambientales en las zonas urbanizadas las cuales presentan dificultades con la disposición final de estos residuos. Solo en la ciudad de Lima se genera más de 7400 toneladas de residuos por día. El cual representa 0,68 Kg de residuo por habitante y solo el 88% de este residuo es recolectado. Los residuos orgánicos representan el 51,6% de los residuos que se generan a esto se suma la falta de rellenos sanitarios para su disposición final (OEFA, 2014, p.13).

Se busca dar un valor agregado a los residuos orgánicos, ya actualmente se han implementado muchos métodos, para disminuir la contaminación, por medio la segregación y fomentar una gestión adecuada de residuos orgánicos, tales como la elaboración de compostaje generados en restaurantes, están conformados por restos biodegradables como las frutas, verduras, restos de plantas. Que son fácilmente reutilizados mediante la elaboración de compost (Torres. 2018.p.4).

Vargas, et al., (2019), manifiesta que: “El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento”. Con el objetivo de analizar la pérdida de comida y valorar la técnica de compostaje como opción de gestión ambiental que posteriormente se sometieron al desarrollo del compostaje en el que se estudió la calidad del producto final. Se concluyó que los desechos orgánicos vienen a ser un problema medio ambiental que necesita de soluciones como el compostaje, ayuden reutilizar los nutrientes de la fracción orgánica, elaborando subproductos con mayor valor agregado.

De igual manera, el Perú no es ajeno a esta realidad, Con el objetivo de evaluar la influencia del tratamiento de residuos orgánicos para mejorar la calidad del bocashi, El T1 se incorpora cascara de frutas, T2 se incorpora cascara de verduras, T3 se incorpora cascara de verduras y frutas de modo que para la preparación de estos tratamientos se utilizó los siguientes ingredientes (cal agrícola, levadura, melaza, aserrín, carbón molido, estiércol de cuy, afrecho y tierra). Posteriormente a la preparación de los 3 tipos de tratamiento que duro 14

días Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de los 3 tratamientos de bocashi y se obtiene: pH, % MO, relación C/N, P, K, % Humedad. Finalmente, obtenidos los análisis fisicoquímicos se procede a compararlos con los estándares del compost de la OMS. La alternativa más óptima de los 3 tratamientos de bocashi estudiados, es el T2 que contiene los parámetros fisicoquímicos, ya que lograron descomponerse adecuadamente obteniendo resultados favorables y se encuentran incluidas dentro de la normativa de la OMS. Se recomienda trozar el los residuos para lograr una rápida descomposición y fermentación y, mezclar con productos secos como hojas, que ayudan en la ventilación, Asimismo se recomienda que al combinar los ingredientes de bocashi se debe de ejecutar por capaz para que se tenga una mezcla homogénea. (Salazar. 2018, p.7).

Se busca aprovechar los desechos sólidos orgánicos de restaurante en Costa Rica”, se elaboraron 3 tipos de composta y así obtener abono orgánico. Se compararon 3 tratamientos diferentes nombrados: (TK) Takakura, (MM) Microorganismos de Montaña y (P) Pellets con Residuos degradables, en una compostera de volteo y otros dos en la superficie de concreto en el suelo. Se evaluaron parámetros como humedad, temperatura, pH temperatura y la eficiencia, con la finalidad de decidir cuál es la más eficiente que ayudara a valorar el residuo. Se determinó que la composta Takakura obtuvo el mejor resultado desde un punto de vista económico, ambiental y técnico, alcanzado una temperatura de (53°C) y la fase termófila más rápidamente, manteniendo humedad entre 50 y 70%, un pH, cercano a 7 y eficiencia del 81%, por tanto se concluye que el compost Takakura viene a ser una opción económicamente viable para el uso apropiado de residuos degradables del restaurante del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Chaves, et al. 2018, p.8).

La población de san Borja presenta problemas por la generación de residuos sólidos ya que, por su lejanía, no cuentan con el sistema de recojo de estos. Generándose así una inadecuada disposición de residuos por ende originando olores y contaminando la belleza paisajística de la zona, ya que estos son arrojados al lado de la carretera. Se realizó la caracterización de residuos y tener conocimiento de la generación per cápita por habitante, monitoreando el

desarrollo del compostaje. ya que es una solución, En la caracterización de se inició a recolectar los residuos producidos por los ciudadanos durante 5 días consecutivos, estos fueron evaluados en un espacio libre sobre una cubierta que protegía el suelo estos residuos fueron segregados, clasificados y pesados. La elaboración del compost se realizó en una caja de madera fabricada con elementos que se encuentran en la zona, se realizan las soluciones salada y dulce, y el compost en el que se reducirían los residuos. El proceso de compostaje duró los 54 días y se realizaron análisis del compostaje tales como: Ph, T°, relación C/N y %MO. por lo que se concluye, la caracterización de residuos antes y después de La evaluación fue de 342.85gr y 168.57 gr. En cuanto al compostaje Takakura se obtuvo una pH 6.23, temperatura de 22.3°C, una humedad de 62% y materia orgánica de 14.1 % (Zavala, 2019, p. 10).

Esta investigación tiene como objetivo utilizar la materia orgánica con 4 tipos de compostaje: compostaje tradicional, Co-compostaje, Takakura y vermicompostaje. Se realizó el monitoreo de la humedad, pH y temperatura como parámetros fundamentales de observación del proceso, Co-compostaje y Takakura, se analizaron: pH, CE, %MO iniciales y finales %IG, (NPK) (Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn). Como conclusión podemos decir que los abonos obtenidos se diagnosticaron que tres de los tratamientos de compostaje cumplen con los parámetros de calidad para poder ser utilizados, sin embargo, el compostaje tradicional, tiene que mezclarse con otro sustrato y así mejorar su calidad para ser usado (Mejía y Ramos, 2019, p. 14).

El objetivo principal fue compostar restos orgánicos generados en los comercios municipales de la ciudad de Macas, por medio del método Takakura. Se realizaron diferentes investigaciones de laboratorio, determinando la calidad del compost por medio los siguientes análisis físicos-químicos, químicos y biológicos. En este análisis se hizo el lecho fermentativo Takakura preparada a partir de una solución salada y otra azucarada, hojas secas, fécula y serrín, adonde se variaron las agrupaciones de sal y azúcar al 60%, 100% y 140%, formando 9 semillas con diferentes aglomerados. Se realizaron 9 literas y 9 pilas, contenían 500kg de desechos, 1000 Kg de semilla, 27,54 Kg de serrín y las pilas 1000 Kg. Se caracterizaron los sustratos y líquidos iniciales con descomposiciones de: residuo orgánico. Conductividad eléctrica (Ce), Relación

Carbono/nitrógeno (C/n), macronutrientes y micronutrientes. Al finalizar el compostaje se realizó la medición de la temperatura, Ph y humedad. Se realizaron 8 muestreos con un total de 144 señales adonde se evaluaron parámetros como: Ph, Ce, Ig, Cic y Mo. En el compost resultante se del compost: metales pesado, macro y micronutrientes, propiedades físicas del compost y semejanza C/n. Los resultados mostraron una deducción de la Materia orgánica y un aumento en la temperatura de 55 °c por más de 2 semanas garantizando el buen estado del producto. En cuanto al C/n se redujo al rango reglamentario (C/n<20) y los metales pesados estuvieron dentro de lo establecido en la norma, clasificando al compost en categoría Asiendo óptimo para la agricultura. Para finalizar se concluye, todos los puntos de vista tuvieron C/n, Mo y metales pesados están dentro de las normas internacionales, siendo el mejor punto de vista el C3-s1d3, en cifras aparejadas a la semilla Takakura (Rivadeneira, 2018, p. 18).

El objetivo de esta investigación, es establecer la relevancia de la utilización de restos orgánicos domiciliarios, comercio y jardines con respecto a las propiedades y eficacia del Compost Takakura, con tres tratamientos y tres repeticiones, de esa manera se desea conocer de que manera influyen los indicadores físicos y químicos de estos residuos, evaluando el pH y T^o en el proceso. Se llegó a la conclusión que estos tres residuos influyen de manera significativa en la calidad y eficiencia del compost Takakura (Rodríguez, 2017, p. 11).

El objetivo fundamental de este estudio es la producción del sustrato bocashi (SB) para establecer la consecuencia que este tiene en un suelo contaminado, se establecieron tratamientos de la siguiente manera: G4(2Kg Suelo), G1 (2Kg Suelo+ 1Kg SB), G2 (2Kg Suelo + 2kg SB) y G3 (2Kg Suelo+ 3Kg SB), se sembró rabanito, con la finalidad de establecer la producción, se analizan los parámetros: P, K, MO, pH, MO, CaCO₃, Conductividad eléctrica. para determinar la calidad del suelo. Se realizó un estudio de varianza ANOVA, demostrando un resultado óptimo de 4150 kg/ha y 92.33 g/tratamiento de rendimiento de producción del rabanito cultivado, demostrando que es un indicativo de un suelo de buena calidad, se determinó qué: El SB originó un resultado de mejoría de la calidad de suelos degradados. Se recomienda el uso de residuo orgánico para la

preparación del SB ya que ayuda en el incremento de la diversidad microbiológica en el suelo y contribuye en la fecundidad, con el fin de reducir los residuos domésticos y sustituir los abonos químicos (Ipanaqué, 2017, p. 5).

El siguiente estudio, se buscan alternativas que ayuden a minimizar el uso inadecuado de abonos agroquímicos en el cultivo. Teniendo como objetivo de realizar la comparación de la eficiencia que tiene la urea y el bio abono bocashi en el rendimiento del cultivo maíz híbrido. En esta investigación se utilizaron seis tratamientos y tres repeticiones, se evaluaron las variables de rendimiento por medio del peso total de granos de maíz en cada terreno. Las cantidades usadas fueron 40, 50, y 60 g por planta de fertilizante urea y 40, 50, y 60 g por cada planta de bocashi. Obteniendo como resultado final, que la fertilización con bocashi obtuvo mejores beneficios en producción, con el tratamiento 3 con una dosis de 60 g, en cosecha de 90 días, teniendo una discrepancia sumamente significativa comparándolos con los demás tratamientos, al contrario, del T6 urea, en una dosis de 60 g, en el que se obtuvo 0.000 kg/ha del grano en peso. Conjuntamente se llevó a cabo método estadístico ANOVA y prueba de significación de Tukey, teniendo como resultados demostraron que hay una significativa diferencia del tratamiento con bocashi a comparación con el tratamiento con urea, en la variable de rendimiento (Suclupe, 2019, p. 10).

La siguiente investigación titulado “Biorremediación con abono bocashi para la recuperación de los suelos contaminados con plomo”, tiene como objetivo estimar en qué medida la biorremediación con composta bocashi ayuda en la recuperación de suelos contaminados con plomo, se realizaron cuatro tratamientos al azar, en la elaboración del bocashi se utilizó (cal agrícola, bagazo de caña, melaza, engorde de cerdo, carbón molido, levadura, gallinaza, tierra). Después de los métodos usados que duro dos meses se realizaron los análisis los parámetros físicos y químicos para establecer cuál de ellos es el más óptimo. Se determinó que el compost bocashi es recomendable para la biorremediación de suelos y eliminar contaminantes con plomo ya que hubo una disminución de un 67,37%. Se obtuvieron los siguientes parámetros: pH 7,06; 3,68% CO₂; ,34% M.O; 655 mg/kg K; 396 mg/kg P siendo estos parámetros recomendables.

Para respaldar científicamente la presente investigación se a verificado teorías básicas aludidas a las variables de la investigación, predominando lo siguiente:

Teniendo en cuenta el artículo 2º del D.L. N° 1278 tiene como objetivo principal de reducir la producción de residuos en la fuente de origen, con respecto de los residuos producidos, se propone la valorización y la recuperación de residuos, las cuales comprende el reciclaje reutilización, compostaje, y otras opciones garantizando el cuidado de la salud y el ambiente. (Decreto Legislativo N° 1278, 2016. p. 33).

Teniendo en cuenta al Decreto Legislativo N° 1278, Se entiende por residuo sólidos a la sustancia, material, o cualquier objeto que es en efecto del empleo de un bien. Por tanto, el generador se desprenda de estos, con el fin de manejarlos adecuadamente dando prioridad a la valorización de estos residuos municipales. “Son todo tipo de materiales que pierden valor después de cumplir su ciclo de vida, para el cual fueron creados. Destinados a ser desechados por su generador” (Albarracin, 2020.p.12). De lo expuesto anteriormente, se puede mencionar que los residuos sólidos, están compuestos por aquel material desechable que pueden ser segregados, después de su periodo de vida útil, ya que por si solos carecen de valor financiero.

Teorias relacionadas al tema, “Segregación, es el acto de separar ciertos elementos físicos de residuos y ser manipulados de manera especial” (NTP 900.058, 2019. P. 34).

Segregar es el “proceso en el cual separamos, de manera eficiente y correcta, los diferentes materiales desechables. De esta manera, se contribuye positivamente a una economía sostenible y limpia, a fin de reaprovechar y disminuir los desechos por medio de la reutilización y reciclaje de residuos orgánicos e inorgánicos” (climadecambiosPUCP, 2020). Al clasificar estos desechos y separarlos según su origen tipo favorece a la reutilización. Si agregamos a eso la separación de la materia orgánica que se descompone naturalmente.

“Tratamiento, es la técnica o proceso que modifica las propiedades biológicas, químicas o físicas de un residuo, con la finalidad de disminuir o eliminar posibles

peligros que ocasionen daño al ambiente y la salud, a fin de disponer y ser valorizado” (NTP 900.058. 2019, P. 34).

El generador de residuos está sujeto a proporcionar estos, al recolector de residuos, correctamente separados y así favorecer su provecho. Los municipios promoverán la sensibilización y educación ambiental para informar a los ciudadanos, la importancia de segregar los residuos en la fuente, almacén y entrega de estos. (Decreto Legislativo N° 1278, 2016, art.34).

El artículo 51° del D.L. N.° 1278 Los municipios tienen que valorizar, primordialmente, los residuos orgánicos procedentes de mercados municipales y áreas verdes, de igual modo, los desechos orgánicos domiciliarios. El humus o compost producidos con los residuos orgánicos son utilizados en los programas de parques y jardines de los municipios. (NTP 900.058, 2019, art.51).

“Concurren diversas categorías de desechos, sin embargo, la clasificación en la que nos enfocaremos en esta investigación, es la relación a su naturaleza, sub divide en: residuos orgánicos e inorgánicos” (OEFA, 2016.p.15).

“Residuo inorgánico, es aquel que es producido de forma industrial y de fuente mineral, incapaces de degradarse fácilmente, pueden ser reaprovechados por medio del reciclaje” (OEFA, 2016. p. 15).

“Residuos orgánicos, son aquellos residuos de biodegradables con fácil descomposición, de origen animal o vegetal. Por medio de tratamientos eficientes, pueden ser reaprovechados como abonos orgánicos (compost, humus, entre otros)” (OEFA, 2016. p. 15)

El compostaje consta en la modificación de la materia orgánica por medio de la fermentación aerobia del compost, que se puede utilizar como abono orgánico y enriquecer del suelo. El compostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica para obtener compost, un abono natural. Esta práctica adquiere suma importancia considerando que la basura diaria que se genera en los hogares contiene un 50% de materia orgánica. (Ministerio del Medio Ambiente, 2018)

El compostaje se basa en la transformación aerobia de la fracción orgánica por medio de distintos agentes microbianos tales como hongos y bacterias; es

importante nombrar los parámetros físicos, químicos y biológicos, que intervienen en su metabolismo, con el objeto de activan la descomposición de la materia orgánica utilizada para obtener un compost de calidad. (Bohorques, 2019, p.9).

El uso del compost tiene bondades en el sector agrícola, esto gracias al resultado efectivo de los parámetros físicos (mejor aireación, acumulación de agua, densidad y composición), químicas (regulación del pH, y proporcionar de nutrientes) y biológicas (adición de agentes microbianas beneficiosas para el crecimiento vegetal, incremento de la porción de la materia orgánica) del suelo. (Bohórques, 2019, p.8).

Según el (Ministerio del ambiente y agua del Ecuador, 2020. p.14). Menciona que los beneficios del compost son:

- Ayuda mejorar el suelo creando un ambiente adecuado para el crecimiento de microorganismos beneficiosos, fijadores de nutrientes y degradadores.
- Contribuye con minerales, micro y macronutrientes a corto mediano y largo plazo, a comparación de los abonos inorgánicos que aportan con nutrientes a corto plazo.
- Adiciona materia orgánica, que ayuda en el drenaje y retención de agua del suelo, también facilita la porosidad que permite la aireación y el paso del agua.
- Proporciona un valor agregado a los desechos orgánicos, convirtiéndolos en abono.
- Reduce la porción de materia orgánica que termina en los rellenos sanitarios, incrementando su vida útil.
- Disminuye la cantidad de lixiviados y de malos olores que se generan en los rellenos sanitarios.

Fases del proceso de compostaje, constan de procesos biológicos, que se dan en presencia de oxígeno (condiciones aeróbicas). Con la adecuada temperatura y humedad, garantiza una degradación de los restos orgánicos en un producto homogéneo y aprovechable por las plantas. En el transcurso de este proceso, los microorganismos producen calor y un producto sólido, con menor cantidad

de N y C, más estable, denominados compost. Al desgradarse el N y C y todo residuo orgánico original, estos microorganismos liberan calor por medio de los cambios de temperatura en todo el proceso. Conforme a la temperatura en el transcurso del proceso, se observan tres fases primordiales en un compostaje, también de un proceso de maduración. (Portalfruticola.com, 2017. P.15-17).

Tabla 1: Valor nutricional de los abonos orgánicos.

Parámetros	Unidad	Valor
Humedad	%	6.0
Ceniza	%	48.9
Carbono orgánico	%	18.6
Nitrógeno total	%	1.6
Fosforo asimilable	%	3.2
Potasio soluble en agua	%	1.0
pH	%	6.5
Densidad	g/mL	0.5
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100 g	71.3
Capacidad de retención de agua	%	149.0

Fuente: Mendoza, (2019).

(Portalfruticola.com, 2017. P.15-17). Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura

Fase Mesófila, al inicio del proceso de compostaje la temperatura aumenta hasta aproximadamente 45°C. Esta alza de temperatura se debe a los agentes microbianos, que usan fuentes de C y N produciendo calor. La degradación de azúcares, genera ácidos orgánicos por lo consiguiente, el pH tiende a disminuir (cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase se da entre dos y ocho días.

Fase Termófila o de Higienización, se da un aumento de temperaturas máximas a los 45°C, los microorganismos que se crecen a una temperatura media (microorganismos mesófilos) son sustituidas por los que se desarrollan a altas

temperaturas, mayormente bacterias termófilas, que favorecen la degradación de la lignina y celulosa. Los microorganismos proceden cambiando el nitrógeno en amoníaco en consecuencia el pH aumenta. Especialmente, desde los 60 °C se presentan bacterias que elaboran actinobacterias y esporas, que son las que realizan la descomposición de las hemicelulosas, hemicelulosas, ceras, otros compuestos de C.

Fase de Enfriamiento o Mesófila II, Agotado el nitrógeno y carbono en el compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. En el transcurso de esta fase, se mantiene la descomposición de polímeros como la celulosa, se manifiestan a simple vista algunos hongos. Al disminuir de 40 °C, los microorganismos mesófilos reanudan su actividad y el pH se encuentra levemente alcalino.

Fase de Maduración, “comienza cuando el compost llega a una temperatura ambiente durando aproximadamente 60 días. Los microorganismos que se encuentran en esta fase comprenden a invertebrados que completan el desarrollo de descomposición y se consigue un compost maduro, con olor a tierra, un color oscuro, y una textura granular”.

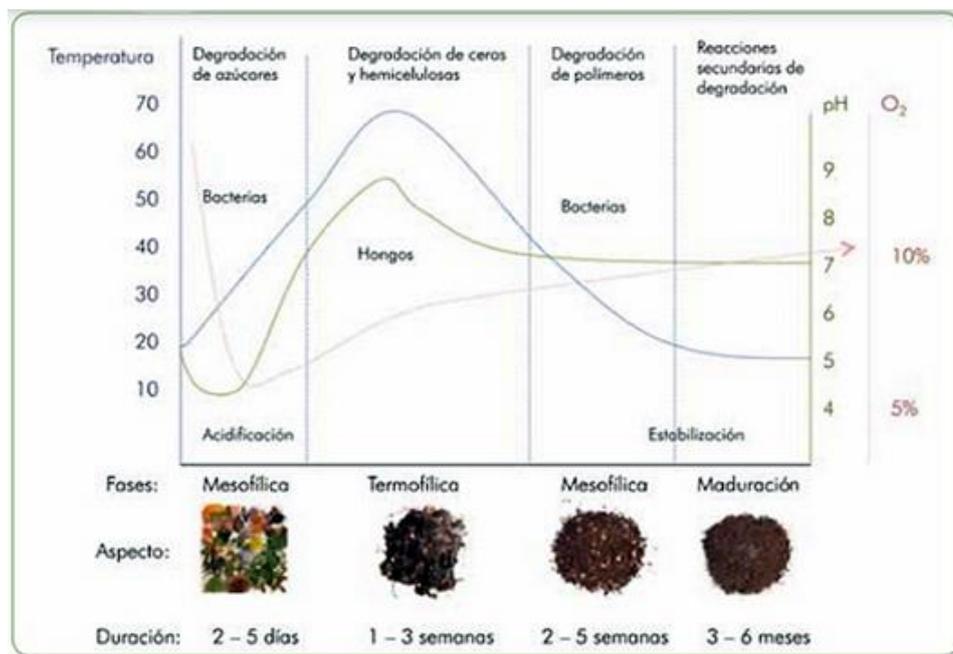


Figura 1: T°, oxígeno y pH en el proceso de compost.

Fuente: P. Román, FAO

Los factores implicados en el proceso de compostaje teniendo en cuenta a (Bohorques, 2019, p.10-20), los principales factores que determinan la velocidad de las reacciones de oxidación y las características físicas y químicas del compost obtenido, son los siguientes:

La temperatura, es un punto fundamental que determinan los fenómenos bioquímicos de los microorganismos. Toda vez que se incrementa la temperatura, el desarrollo metabólico se agiliza y la materia orgánica se descompone rápidamente, siendo afectada de forma que consigue llegar al momento crítico en que el desarrollo del proceso desciende. (Bohorques, 2019, p.10).

(Bohorques, 2019, p.16). Oxígeno, los organismos implicados en el desarrollo del compostaje mayormente son compuestos aerobios, de tal manera que es indispensable agregar oxígeno realizando volteos manualmente. Al disminuir el oxígeno disponible, disminuye el incremento de los microorganismos aerobios, la rapidez de la transformación de la materia se ve considerablemente reducida, se generan de malos olores ya que en este estado se incrementan los microorganismos anaerobios.

Humedad, el compost necesita un apropiado porcentaje de humedad de modo que este es un parámetro imprescindible para los organismos, dado que el agua es el espacio en el que habitan, se alimentan, utilizan el agua para desplazar nutrientes. En compostaje, se debe prevenir una humedad alta ya que movilizaría al oxígeno, por consiguiente, tanto el proceso se daría en ausencia de aire, equivalente a una putrefacción. Al contrario, si el porcentaje de humedad es reducida, se provoca el descenso de la actividad microbiana, de modo que el desarrollo se atrasaría. Se considera un nivel óptimo, humedad del 40 al 60%, esto depende de los materiales a incorporar. (Silbert Voldman, y otros, 2018, p. 28).

pH, Es uno de los parámetros fundamentales que predomina la reacción bioquímica de los microorganismos, dado que los microorganismos disponen de un pH adecuado en el que su desarrollo es favorable. Por consiguiente, mantener una adecuada aireación permitirá regular el Ph. El valor del pH por encima de 7,5 indica una apropiada degradación de los residuos orgánicos. (Bohorques, 2019, p.20).

pH, , El compostaje puede llevarse a cabo en un categoría de pH 3.0 - 11.0. Los

hongos consienten un margen de pH entre 5-8, a comparación de las bacterias presentan menor tolerancia (pH= 6-7,5). Habitualmente el pH se reduce al inicio por la formación de ácidos orgánicos y paulatinamente va incrementándose más adelante, a causa de la descomposición de proteínas y la liberación del amoniacó de los aminoácidos. (CAJAHUANCA, 2016, p.32).

Método Takakura

Este método tiene como propósito someter a los residuos orgánicos a un proceso de compost mediante el cultivo de microorganismo de tal forma que puedan adaptarse al suelo (ambiente), eliminando microorganismos inservibles, con una duración aproximadamente más de tres meses. Se seleccionó este método para el referido proyecto debido a que produce el compost por medio de la fermentación de materia orgánica en 14 días, garantizando obtención de compostaje en un periodo corto.

Aquel método a nivel industrial su utilización es poca en cuanto al proceso de compostaje, sin embargo, es efectivo aplicar este tipo de compostajes en jardines de hogares, porque se usan microorganismos fermentativos que descomponen la materia orgánica en un periodo corto como residuos de comida que pueden ser descompuestas en 48 horas, siempre y cuando el compost de semilla Takakura este a los 70°C ó 80C, donde se acelera la fermentación. (Mendoza, 2019, p.15).

Por ser fácil, sencillo, rápido y de menor costo, este método tiene una buena aceptación en la sociedad, generando beneficios, debido a que elimina los malos olores, produciendo fertilizantes de buena calidad. Este método tiene dos fenómenos (putrefacción y fermentación), la putrefacción se puede contrarrestar si el número de bacterias de fermentación exceda a las bacterias de putrefacción. En las investigaciones el método Takakura obtuvo multiplicar las bacterias de fermentación, superando así al número de bacterias de putrefacción. (JICA, 2019).

Pasos del Método Takakura

Según (JICA, 2019), manifiesta que para iniciar un compostaje Takakura se deben desarrollar los microorganismos, la mayor cantidad posible para asegurar

una descomposición rápida y, sobre todo, efectiva. Para ello se realizan los siguientes pasos:

- a) Se preparan dos soluciones de fermentación, la primera, en un **medio dulce**, se colocan alimentos fermentados (yogur, vino queso blanco, hongos, levadura, etc.). y la segunda solución, en un **medio salado**, se incorpora hojas de hortalizas y la piel de frutas y verduras. Luego se tapan con un material semi abierto (gasa, tul) con el fin de permitir la salida de los vapores que se generan en los procesos fermentativos. Al pasar 3-5 días los microorganismos ya están listos.
- b) Luego se prepara un **lecho de fermentación** con una base de cáscaras de arroz y una cantidad de salvado de arroz, trigo o maíz. Se busca moho de hojas u hojas caídas que se note que están en el proceso natural de descomposición. Al lecho anterior se le agregan los líquidos de fermentación y se mezcla bien. Añadir el moho de hoja o las hojas caídas. Es importante que los materiales y el líquido de fermentación se mezclen uniformemente. El contenido de agua del compost debe estar entre 40 y 60%. Si es necesario, se añade agua para mantener un nivel adecuado de líquido. El lecho de fermentación se cubre con un tejido transpirable para evitar que lleguen los insectos. El compost estará listo cuando las bacterias blancas hayan proliferado en la superficie, de 5 a 7 días.
- c) Para el compostaje doméstico se necesita un contenedor transpirable. Se llena hasta un 60% de su capacidad con el lecho de fermentación. Se cubre el lecho con una cubierta respirable tal como tela o fibra. Los residuos orgánicos se pican finamente y se mezclan bien con el lecho de fermentación.
- d) Si la descomposición de los residuos orgánicos se produce como se espera, debe tomar alrededor de 3 meses para que el contenedor se complete. Una vez que éste se llene, parte del compost debe ser eliminado. No se debe retirar todo el abono. El compost restante seguirá actuando como lecho de fermentación. Así es más eficiente porque se pueden acortar los pasos iniciales de preparación, cuando se repita el proceso.
- e) El producto generado se llama compostaje semi maduro, donde los elementos orgánicos no se han descompuesto en su totalidad. En consecuencia, los microorganismos de fermentación se conservan activos posteriormente al aplicar com-

postaje. Se necesita estabilizar la mezcla durante 2-3 semanas antes de su utilización para que se logren eliminar los microorganismos fermentativos.

- f) Ahora ya se tiene un abono energético y libre de patógenos, apto para aplicarse en todo tipo de cultivo, que aporta elementos nutritivos, aumenta la retención hídrica y la aireación del suelo y que, con un bajo costo se mejora física, química y biológicamente el suelo. La elaboración de las soluciones fermentativas y semilla Takakura se realiza utilizando los siguientes productos:

Tabla 2: Relación de insumos a diferentes escalas para el método Takakura.

ingredientes	Domiciliario	Comunitario	Municipal	
SOLUCION DULCE	Agua	1 lt	5 lt	30 L
	Sal	10 gr	100 gr	1 kg
	Naranja	1 unidad	3 unidad	10 unidad
	Uva	500 gr	1 kg	3 kg
	papaya	1 unidades	1 Unid	2 Unid
	manzana	1 unidades	5 Unid	10 Unid
	Lechuga	500 gr	1 Unid	2 Unid
	Pepino	1 unidades	1 Unid	3 Unid
	col	1 unidades	1 Unid	2 Unid
SOLUCION DULCE	Agua	1 lt	5 lt	30 lt
	Azucar	50 gr	500 gr	2 kg
	Queso	227 gr	227 gr	3 unidades
	Levadura	1 sobre (7 gr)	3 sobres (7 gr)	1 paquete (170 gr)
	Yogurt	200 ml	30 lt	3 lt
SEMILLA TAKAKURA	Aserrin	15 kr	15 kr	15 kr
	Harina	2.300 kg	2.300 kg	2.300 kg
	Afrecho	2.500	2.500	2.500
	Hojasasca	1 kg	1 kg	30 kg

Elaborado por: GADM de MORONA, JICA, 2019

El “Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Municipales”, del (Ministerio del ambiente y agua del Ecuador, 2020, p.26). Menciona que los beneficios del compost son:

Características de los residuos a compostar

Tamaño, la dimensión de los residuos orgánicos es importante al instante de compostar, ya que, a gran tamaño, el tiempo de compostaje será mayor, hay distintas composiciones y tamaños, de tal modo se necesita homogeneizar la

dimensión, para conseguir una degradación similar, siendo aconsejable entre 3 a 5 cm de diámetro.

Humedad, la materia utilizada para el compost, para iniciar el compostaje de forma correcta, considerar que la humedad adecuada para el desarrollo está en una categoría de 40%-60%. Un método para demostrar que el porcentaje de humedad se halla en la condición adecuada, exprimiendo el compostaje, y observar la cantidad de agua.

Potencial Hidrógeno (pH), el pH depende de la clase de residuos utilizados para realizar el compostaje. No obstante, se tiende a obtener un pH cercano al neutro (pH~7,5). (Campos et al. 2016, p.29).

Relación C/N, de la misma forma que el pH, esta variable está ligada al tipo de residuo utilizado. Es recomendable que la relación C/N en la cual el carbón es superior al nitrógeno. En el momento en que el valor del nitrógeno inicial del compost es demasiado alto, se detectan malos olores y más humedad en el desarrollo del compostaje Takakura. En este caso es recomendable incorporar los distintos los residuos con distintas relaciones de C/N para conseguir un compostaje adecuado. La materia orgánica ricos en carbono y poca cantidad en nitrógeno como: las hojas, el aserrín, las ramas, la paja. (CAJAHUANCA, 2016, p.32)

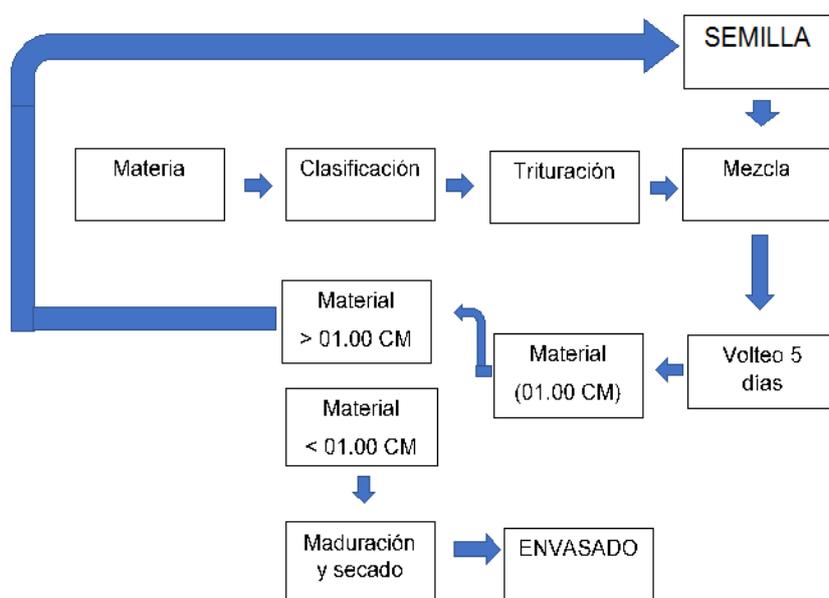


Figura 2; Diagrama del proceso de degradación de la materia orgánica.

Fuente: GADM de MORONA, JICA, 2019

Teniendo en cuenta el Blog, (360 soluciones verdes, 2020), mencionas las ventajas y desventajas del método takakura.

Las ventajas del método takakura son:

- Ocupan un espacio reducido, se puede compostar en cajas de fruta o cartón.
- El proceso de compostaje es rápido, a comparación de otros que pueden durar más de 3 meses en generar compost, el compost takakura se puede llevarse a cabo en 30 a 40 días.
- Microorganismos eficientes, el desarrollo del compost takakura está basado en la conservación de microorganismos eficientes, que tienen la capacidad de reducir los residuos orgánicos en menor tiempo.
- Moderadamente práctico, de la misma forma que las composteras no necesitan emplear mucho tiempo al usar el método. Aunque, es un tanto trabajoso, debido a que se tiene que oxigenar la mezcla, hay que revolver el contenido de la caja manualmente.
- Poca presencia de malos olores: generalmente un compost aeróbico no tiene malos olores, los fermentos ocasionan olores parecidos a la chicha, por lo tanto, combinar diariamente.
- Seguro para los animales, al estar en un envase cerrado el compost no está al contacto de mascotas.

Las desventajas del método takakura son:

- No todos los residuos son compostables, como cítricos, lácteos o carnes crudas ya que tiende a generar malos olores, es recomendable no agregar materiales duros como semillas, aceites, ramas, servilletas o cartón.
- Al iniciar se debe realizar un lecho de bacterias, conocido como semilla takakura que implica hacer una mezcla con diferentes materiales, una solución azucarada y otro salado. Esta solución se prepara una vez al iniciar el proceso también se puede comprar.
- Tiene que estar resguardada de la lluvia, para evitar el aumento de la humedad de la mezcla.

Método Bocashi

(Barrionuevo, y otros, 2020, p.15), el bocashi es un preparado orgánico de origen japonés que significa “fermentación de materia”, ya que se usan residuos que se descomponen de forma rápida produciendo un material rico en nutrientes. La ventaja de esta forma de preparación, en relación al compost, radica en que está listo en pocos días, motivo por el cual es de amplia difusión entre los productores.

“El bocashi es resultado de un método ancestral usada por cultivadores japoneses por ser considerado un abono eficiente y seguro. Comprende ingredientes indispensables para la alimentación de plantas, tal como gran carga de microorganismos benéficos”.

Se obtiene un abono orgánico es la consecuencia de la desintegración

supervisado en ausencia del oxígeno de desechos animales y vegetales, también se le adicionan cal, magnesio, sulfato de potasio, minerales como zemolilla, y otros a fin de fortalecerlo aún más. Cuenta con microorganismos eficaces que son los responsables de activar y acelerar el desarrollo de fermentación anaeróbica o descomposición.

El abono orgánico es la consecuencia de la fermentación aeróbica de residuos vegetales y animal, se le pueden añadir microorganismos eficientes con el fin de activar su proceso de fermentación. Tecnología ancestral usada para enriquecer los suelos, este abono es considerado eficiente y seguro por poseer una elevada carga de microorganismos benéficos, comprende elementos nutritivos para las plantas. (Ministerio del ambiente y agua del Ecuador, 2020. p.14)

Pasos del Método Bocashi, el proceso de producción de Bocashi según (AbonoOrganico.org). es el siguiente:

Paso 1, Mezcla de levadura y melaza, se necesitan 3 litros de agua a temperatura ambiente y limpia a fin de mantener vivos los microorganismos de la levadura. Se agrega la levadura y la melaza en el agua removiendo hasta disolver los ingredientes. Agregar más agua y combinar.

Paso 2, Formación de capas, se van agregando los ingredientes por capas de 5

centímetros en el orden siguiente.

- 1) Extender en el suelo cascarilla de arroz.
- 2) Luego una capa de estiércol.
- 3) Después una la capa de mantillo de bosque o tierra virgen.
- 4) Una cuarta capa de salvado de maíz o arroz.
- 5) Incorporamos una capa de Cenizas, carbón vegetal o Harina de rocas.
- 6) Para finalizar agrega tierra negra o tierra abonada. Se debe regar cada superficie de las capas que se van agregando la solución anteriormente elaborada (levadura, melaza y agua).

Paso 3, Revolver la pila, se procede a revolver la pila de abono. Con una pala después de 3 días nuevamente se voltea el abono (mañana y tarde) con el fin de estimular la activación de microorganismos y apresurar el proceso de degradación y airear la mezcla. Al observar que la temperatura descienda a una temperatura ambiente no es necesario continuar de removiendo la pila. Posteriormente agregar capas de materia orgánica y bocashi en las compostadoras seleccionadas.

Teniendo en cuenta el Blog, (360 soluciones verdes, 2020), menciona las ventajas y desventajas del compost bocashi.

Las ventajas del bocashi son:

- Eficiencia de microorganismos, el bokashi utiliza microorganismos fermentativos eficientes de levaduras bacterias (*Rhodopseudomonas spp*), (*Saccharomyces spp.*) y (*Lactobacillus spp.*) por lo cual son sumamente eficaces en la degradación anaerobia.
- Mal olor, se originan malos olores representativos a la fermentación, como el vinagre, la chicha. Al estar contenidos herméticamente, se lidia con estos olores al momento abrir para agregar residuos nuevos.

- Temperaturas Altas, las bacterias eficientes junto al recipiente hermético logra obtener y preservar temperaturas altas por un lapso de tiempo mayor, ya que permiten eliminar un número significativo de patógenos.
- Afín con cualquier residuo, a comparación con otras técnicas se pueden añadir al bokashi residuos como cascaras de cítricos, lácteos, huesos, carnes crudas, cáscaras de huevo, descomponiéndose rápidamente en un medio ácido que proporciona el bokashi.
- Al estar un recipiente cerrado herméticamente no se generan inconveniente si se expone bajo la lluvia.
- Libre de bichos y seguro para animales, el envase totalmente cerrado evita previene que el contenido este al contacto de mascotas e insectos como hormigas, moscas y lombrices.

Las desventajas del bocashi son:

- Resultado final inconcluso, el resultado final es incompleto ya que comprende a un pre-compost ácido que se tiene que mezclar con otros abonos o enterrar.
- Poca practicidad, Este método toma poco tiempo ya que se agregan la materia orgánicos y el inóculo, sin la necesidad de remover. El producto final se tiene que enterrar o mezclarlo con otro tipo de abono el cual es inconveniente.
- Requiere de inóculo: para realizar el bokashi se tiene que agregar continuamente el inóculo, por lo cual no se encuentra fácilmente en tiendas.

- Complicado de aprender, la utilización de procesos anaeróbicos es complejos y técnico que el manejo de los procesos aeróbicos. Una inestabilidad del sistema es expuesta a originar malos olores, se recomienda descartar el contenido e iniciar nuevamente, resulta complicado reconocer y rectificar inconvenientes como desbalance de nutrientes, excedente de humedad.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El siguiente trabajo de investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, es de tipo aplicada, debido a que el investigador buscará la generación de conocimiento con aplicación directa al problema propuesto en la investigación.

“La investigación es encontrar respuestas a ciertas incógnitas por medio de la aplicación de procedimientos científicos, que tiene como fin fundamental: resolver problemas prácticos (investigación aplicada)”. (Hernández et al., 2018, p. 37).

Por la naturaleza de la tesis a investigar, la investigación a desarrollar según el alcance de su objetivo general y específicos tiene un nivel experimental, por ende, cuasi experimental, nos permitirá explicar el comportamiento de las variables es estudio, y ver sus causas y efectos. Aquí se manipulará variables experimentales comprobadas, estrictamente controladas, con la finalidad de describir un acontecimiento particular o por qué motivo se genera una situación. (Hernández et al., 2018, p. 127).

En los cuasi experimentales se labora y analiza grupos intactas cuidadosamente, alcanzando validez a medida que se verifica la equivalencia en un inicio, Los grupos integrantes y la igualdad en el desarrollo del experimento. Son, correlacionales, explicativos, fundamentalmente, se manipulan variables independientes para determinar la consecuencia en una variable dependiente. Las cuasi experimentales se genera deliberadamente una causa y se estudian sus consecuencias o efectos. (Hernández et al., 2018, p. 165).

3.2 Variables y operacionalización

Variables

Las variables en estudio son las siguientes:

Variable dependiente

Y1 = Eficiencia

Indicadores:

Y1 = Características físicas.

Y2 = Características químicas.

Y3 = Rendimiento.

Variable Independiente

X1= Métodos.

Indicadores:

X1 = Takakura.

X2 = Bokashi.

Las propiedades físicas y químicas y el rendimiento son importantes para medir la calidad y eficiencia de un proceso de compostaje, porque mediante ellos es posible destinar sus diferentes usos posibles (European Commission and Joint Research Centre, 2014, p.4; Masaguer, et al., 2013, p. 10).

Tabla 3: Operacionalidad de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad
VARIABLE DEPENDIENTE Y1 = Eficiencia	Capacidad para producir compost a partir de materia orgánica de manera más eficiente.	Se realizará un análisis de los parámetros físicos y químicos en el laboratorio para conocer las características del compost así evaluar su eficiencia.	Características físicas. Características químicas. Rendimiento.	Humedad	%
				pH	
				Conduct. Elect.	mS/cm
				% N ₂ total	%
				% P ₂ O ₅	%
				% K ₂ O	%
				% CaO	%
% MgO	%				
VARIABLE INDEPENDIENTE X1=Método takakura X2=Método bocashi	Según (JICA, 2019). En los tratamientos de compostaje, la materia orgánica está sometidas a un medio de cultivo de microorganismos adaptados al suelo y están usualmente en el medio ambiente.	Se evaluará la eficiencia del método Takakura y el método Bocashi en una compostera.	Método Takakura	Eficiencia	Kg
			Método Bocashi	Eficiencia	kg

3.3 Población, muestra y muestreo

La población

Está conformada por todos los de residuos orgánicos que se generan diariamente en los restaurantes de la urbanización Enace que representa una población de 20 restaurantes. Se considero la propuesta de clasificación de predios no domiciliarios (Ministerio del ambiente, 2016, p. 15).

Muestra

De acuerdo a la información de Gerencia de Desarrollo Económico de la Municipalidad Provincial de Huamanga los restaurantes de la urbanización Enace es de 20 establecimientos, para determinar el número de la muestra se aplicó la siguiente fórmula, recomendado para el muestreo de residuos sólidos por el (Ministerio del ambiente, 2016, p. 16).

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1) E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Dónde:

n = muestra de establecimientos.

N = total de establecimientos (20).

Z = nivel de confianza 95% (1.96).

σ = desviación estándar (0.25).

E= error permisible 5% (0.05).

Reemplazando datos en la formula se obtiene:

N = 17 establecimientos.

La muestra será tomada de los 17 restaurantes. De lo cual se tomó 20 kg de residuos orgánicos, para cada método de acuerdo a la capacidad de las composteras utilizadas en la investigación.

Muestreo

El procedimiento de muestreo se realizó mediante el muestreo no probabilístico, por conveniencia mediante el cual, se tomó a criterio del investigador el tamaño de la muestra, la cual va depender de la manipulación del investigador (Sampieri, 2014, p.189).

EL muestreo que se utiliza en la presente investigación, es no probabilístico por conveniencia porque la muestra está disponible en el periodo de investigación fundamentado por la conveniente accesibilidad y proximidad para el investigador (Otzen y Manterola, 2017, p. 230).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las principales técnicas que se utilizaran en la investigación son:

La observación que se realizara será el elemento fundamental en el proceso investigativo; en el que se obtendrán el mayor número de datos, para ello se seleccionara una muestra de 1kg de compost de ambos tratamientos para hacer el posterior análisis en laboratorio.

“La observación a emplear en la investigación será la observación científica la cual tendrá que explicar el comportamiento y la capacidad de describir, al haber obtenido datos fiables y adecuados correspondientes a conductas, eventos o situaciones perfectamente identificadas e insertas en un contexto teórico”, lo que nos permitirá obtener datos para su posterior análisis.

Instrumentos

Dentro de los instrumentos a emplear en el desarrollo de la investigación, tenemos:

- Equipos
 - Cámara fotográfica
 - Laptop
 - Romanilla
- Materiales
 - Baldes de 20 lt
 - Botella de plástico
 - Tina

- Caja de cartón
- Tela
- Pala
- Cuchillo
- Tabla de picar
- Guantes y mascarilla
- Jabón antibacterial
- Insumos:
- Microorganismos eficientes (compostaje takakura)
 - Agua, sal, naranja, uva, papaya, manzana, lechuga, pepino, col.
 - Agua, azúcar, queso, levadura, yogurt
 - Aserrín, harina, afrecho, hojarasca
- Microorganismos eficientes (Polvo bocashi)

3.5 Procedimientos

3.5.1. Procedimiento de recolección de residuos orgánicos.

Una vez definido el tamaño de muestra (número de restaurantes a muestrear), se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

- a. Se escogió de forma aleatoria los restaurantes a muestrear, con ayuda del plano catastral de la localidad (1 semana de noviembre).
- b. El lugar donde se llevará a cabo el trabajo de recolección de residuos orgánicos.
- c. Se definió la finalidad y método de tarea a desarrollar, indicando a los participantes, que la recopilación de materia orgánica será ocho días.
- d. Se indico a los participantes que la recolección de residuos orgánicos se llevará a cabo por ocho días.
- e. Se entregó bolsas vacías a los propietarios de cada restaurante seleccionado, pedirles que coloquen en ellas la materia orgánica generada en el restaurante, y posteriormente continúen con esta rutina diaria.
- f. Se recolectó las bolsas con residuos orgánicos inter diario y se le dio otra bolsa vacía a cambio. asimismo, se procuró ejecutar esta actividad al mismo tiempo en que se entregaron las bolsas un día antes.

- g. Se llevó las bolsas con residuos recolectadas al lugar donde se hizo el picado correspondiente y agregar a las composteras Takakura y Bocashi respectivamente.

3.5.2. Preparación de la compostera

Las compostadoras son las unidades experimentales (UE) utilizadas en la investigación. De acuerdo al diseño experimental en el compostaje Takakura, se utilizaron una caja de cartón y una de madera, en el interior de la compostadora se colocó láminas de cartón en todos los extremos, para prevenir derrames del contenido y una tapa de cartón para evitar que quedaran expuestos.



Figura 3: Preparación de compostadoras Takakura.

3.5.3. Procedimiento para la preparación las soluciones fermentativas.

Para realizar el proceso de preparación de las soluciones fermentativas, se realizó:

1. Preparación de soluciones dulce
 - Se preparó la solución 1 se mezcló 3 L de agua y 50 g de azúcar moreno.
 - Se preparó una solución de alimentos fermentados, en ella se mezcló 300 g de queso, 80g de levadura y 500 ml de yogurt.
 - Se mezcló ambas soluciones.
 - Finalmente se tapó la boca del recipiente para proteger contra los insectos.

- Se dejó la solución 5 días para que se desarrollaran los microorganismos fermentativos.
2. Preparación de solución salina, para lo cual se realizó:
- Se preparó la solución 2: se mezcló 3 L de agua y 50 g de sal.
 - Se preparó una mezcla picada de cascara de frutas y hortalizas, en ella se mezcló naranja 1 unid, uva 300 g, papaya 1 unid, manzana 1 unid, lechuga 1 unid, pepino 1 unid y col 1 unidad. Se agregó al recipiente con agua salada.
 - Se taparon los recipientes para protegerlos de insectos.
 - Se dejó la solución durante 5 días hasta que se desarrollaran los microorganismos fermentativos.



Figura 4: Solución dulce y salina para el Método Takakura.

Al final del proceso de preparación de las soluciones fermentativas dulce y salina se comprobó que el olor de las mezclas fuera el olor característico a la fermentación, lo que según el procedimiento establecido indica que ha sido satisfactoria la preparación. (IGES 2010, p.14).

3.5.4. Preparación del lecho de fermentación y agregar las soluciones de fermentativas

- a) Elaboración del lecho del fermentativo, con una mezcla de: 10 kg de aserrín. 3 kg de afrecho. 2 kg de harina. 500gr de hojarasca.



Figura 5: Lecho de fermentación Takakura.

- b) Se mezcló, el lecho de fermentación con las soluciones fermentativas, el líquido resultante, se agregó al lecho de fermentación, poco a poco, mezclando constantemente, hasta tener una humedad de 40 ~ 60%. (prueba del puño).



Figura 6: Mezcla de la solución fermentativa y el lecho de fermentación.

- c) Se agregó la mezcla y formó una ruma, cubriéndolo con papel de azúcar y tela.



Figura 7: Protección de lecho con papel y tela.

- d) Se dejó fermentar la mezcla por 5 días.
- e) Cuando toda la superficie estaba cubierta de microorganismos, se dio por completada la fermentación. Se podrá usarlos en las compostadoras en el primer aporte de residuos.



Figura 8: Proliferación de microorganismos.

3.5.5. Preparación de los residuos orgánicos colectados

Partiendo de que este estudio pueda aportar opciones para el tratamiento domiciliario de residuos orgánicos, se utilizaron los residuos orgánicos de los restaurantes de la Urbanización ENACE quienes recibieron las instrucciones para la separación los residuos orgánicos domiciliarios que podían coleccionar para el estudio, como se indicó anteriormente. Entre los residuos orgánicos que se utiliza-

ron se encontraban: Cáscaras y residuos de vegetales y hortalizas como: lechuga, apio, pimentón, cascaras de papa, zanahorias, zapallo, betarraga, limón, kion, residuos de café, cascaras de huevo.

- a) Se instalarán las cajas composteras, la semilla Takakura y los residuos orgánicos para realizar el compostaje Takakura. Estos residuos orgánicos fueron recolectados en los respectivos restaurantes, llevados en bolsas plásticas por cuatro días en la semana.
- b) Cada día de aporte los residuos orgánicos serán pesados, triturados manualmente y mezclados, hasta lograr una mezcla de residuos lo más homogénea posible, para que su descomposición sea más rápida.



Figura 9: Triturado de residuos orgánico manualmente y mezclados.

- c) Luego se mezcló la semilla Takakura con los residuos orgánicos.



Figura 10: Aporte de residuos orgánicos a las compostadoras.

- d) La incorporación de residuos en la compostadora se realizó con una frecuencia de 4 veces semana. Los aportes se realizaron en horas de la tarde y se removerá diariamente durante cinco días.
- e) En total cada compostadora, recibió cuatro aportes de residuos orgánicos domésticos, durante una semana, en donde se procesó un total de 20 kg de residuos orgánicos para el método Takakura.
- f) El proceso de aporte inició el 02 de noviembre del 2020 y finalizó el 20 de diciembre del mismo año.



Figura 11: Compost final del método Takakura.

3.5.6 Preparación de la compostera bocashi

Las compostadoras son las unidades experimentales (UE) utilizadas en la investigación. De acuerdo al diseño experimental en el compostaje bocashi, se utilizó un balde de 20 kg, en la base se realizarán orificios para el drenaje de los lixiviados y se cubre con la tapa del balde para evitar que quedarán expuestos.



Figura 12: Preparación de compostadora bocashi.

3.5.5 Elaboración del compostaje bocashi

- a) Se iniciará realizando las compras de los materiales que se utilizarán en la elaboración del compost bocashi, como el polvo bocashi, guantes quirúrgicos.



Figura 13: Polvo bocashi.

- b) Los residuos orgánicos para realizar el compost bocashi fueron recolectados en los respectivos restaurantes, llevados en bolsas plásticas por cuatro días en la semana.



Figura 14: Residuos orgánicos recolectados.

- c) Cada día de aporte los residuos orgánicos serán pesados, triturados manualmente y mezclados, hasta lograr una mezcla de residuos lo más homogénea posible, para que su descomposición sea más rápida.



Figura 15: Triturado de residuos orgánico manualmente y mezclado.

- d) Se instalarán el balde para iniciar con el compostaje bocashi, el cual cuenta con un recipiente en la base para contener los lixiviados.



Figura 16: Instalación del balde para el inicio del compostaje bocashi.

- e) Luego en el balde se agregó capas de residuos orgánicos y otra de polvo bocachi, consecutivamente.



Figura 17: Mescla en capas de los residuos orgánicos y el polvo bocashi.

- f) La incorporación de residuos en la compostadora se realizó con una frecuencia de 4 veces semana. Los aportes se realizaron en horas de la tarde y se removerá diariamente durante cinco días.



Figura 18: Proceso del compostaje bocashi.

- g) En total la compostadora bocashi, recibió cuatro aportes de residuos orgánicos domésticos, durante una semana, en donde se procesó un total de 20 kg de residuos orgánicos para el compostaje bocashi.
- h) El proceso de aporte inició el 02 de noviembre del 2020 y finalizó el 20 de diciembre del mismo año.



Figura 19: Compost final del método bocashi.

3.6 Método de análisis de datos

Los datos a obtener de la investigación se someterán a la prueba de confiabilidad a través de la determinación de su grado de dispersión, se procederá a determinar los datos estadísticos descriptivos y de dispersión. Luego de procederá a emplear los estadísticos de la prueba de hipótesis.

Se aplicará los estadísticos descriptivos como las medidas de tendencia central (moda, mediana y media); y las medidas de variabilidad (desviación estándar, varianza y rango) de los datos muestreados y de la información recolectada de las variables en estudio. Se empleará los paquetes estadísticos SPSS22.

3.7 Aspectos éticos

Dentro de los aspectos éticos que se aplicaran en esta investigación tenemos:

- Con esta investigación se busca contribuir en la conservación del medio ambiente por medio de la elaboración de compost, se producirá a partir de ingredientes fáciles de conseguir, el cuál ayudará a conservar el medio ambiente disminuyendo los residuos orgánicos.
- Se seguirá el método científico y las variables se manejarán con ética.
- Los resultados serán publicados de manera transparentes.

El investigador respetó todos los derechos de autor, al citar apropiadamente todo aporte de investigaciones externas citadas en la actual investigación, también fue citada de acuerdo a la Norma ISO 690 tal y como lo recomienda la Universidad César Vallejo en su reglamento para su aplicación.

IV. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MÉTODOS DE COMPOSTAJE

Las características físicas obtenidas en los dos métodos de compostaje empleadas en la investigación se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Características físicas del compost según método empleado.

Muestra	Humedad (%)	Ph	C.E. (1:1) ms/cm
Compost Bocashi	39.2	8.89	47.28
Compost Takakura	53.1	9.79	21.05

Fuente: Universidad Nacional San Cristóbal De Huamanga, 2020

De acuerdo a la tabla 4, podemos indicar que el compost obtenido por el método takakura genera un compost de mayor humedad (53,1%) y mayor pH (9,79) en relación a la humedad (39,2%) y pH (8,89) del compost obtenido por el método bokashi.

Ambos resultados se encuentran en los niveles óptimos de humedad en el que deben estar entre 40-60% de humedad para que los microorganismos puedan vivir (FAO, 2013).

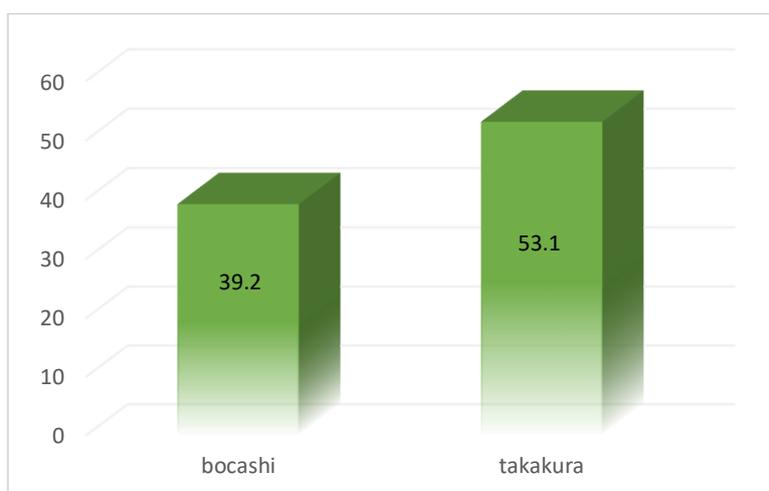


Figura 20: Contenido de humedad muestra Bocachi y Takakura.

En cuanto al pH en la figura 21 se puede observar que las 2 muestras de compost del método de Bocashi y Takakura se encuentran superior a la neutralidad,

existiendo una diferencia entre los dos tratamientos es de 0,9. Por lo que cumple con los Parámetros de calidad de compost, indicativo del grado de maduración óptimo, tal como lo indica la OMS.

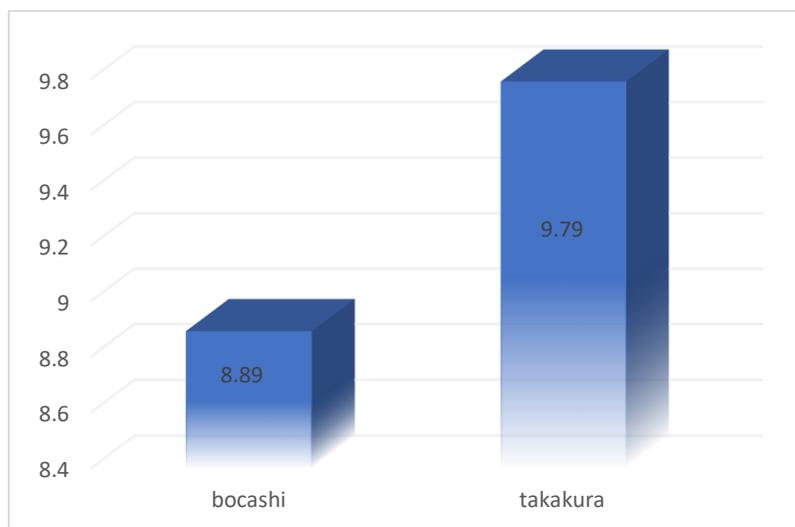


Figura 21: pH de la muestra Bocachi y Takakura.

En cuanto a conductividad eléctrica del compost figura 22, de acuerdo a la tabla 4, se pueda indicar que el compost obtenido por el método Bocashi alcanza el mayor valor de conductividad eléctrica (47,28 mS/cm) en relación al compost obtenido por el método de Takakura (21,05 mS/cm).

En lo que refiere al compost, la Conductividad eléctrica es variable, siendo común el aumento de la misma durante el proceso de compostado, por lo que se puede afirmar que el método Bocashi nos permite obtener un compost más eficiente por su mayor valor, esto se debe a la mineralización de la materia orgánica; con lo cual se incrementa la concentración de nutrientes; y en consecuencia, la de sales, mejorando la calidad del compost (Fraisoro, s/f, p.6).

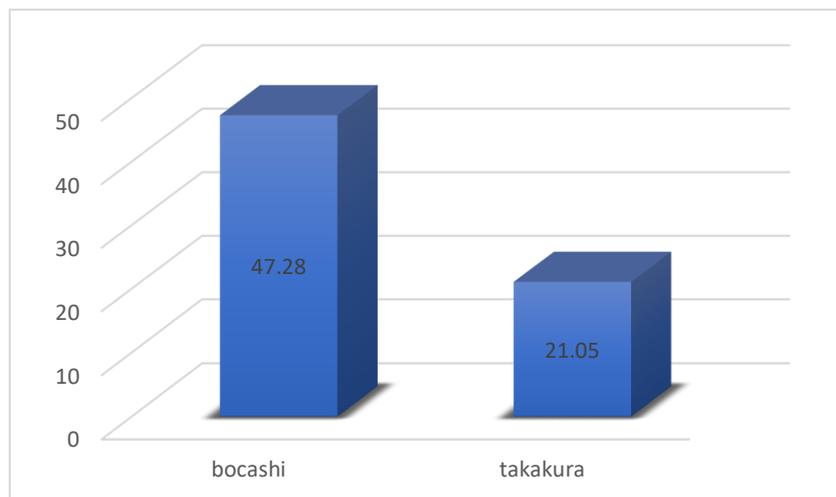


Figura 22: Conductividad eléctrica de la muestra Bocashi y Takakura.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS MÉTODOS DE COMPOSTAJE

Los resultados de las características químicas de las muestras de compost obtenidas por los métodos de compostaje Bocashi y Takakura fueron medidos por triplicado, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Características químicas del compost según método empleado.

Muestra	% M.O. Total	% N Total	% P2O2	% K2O	% CaO	% MgO	% SO4
Compost Bocashi	51.63	2.87	3.64	0.68	3.92	3.92	1.43
Compost Takakura	62.62	2.12	1.61	0.16	1.57	1.52	0.26

En la figura 23 se observa los resultados de materia orgánica expresadas en %, teniendo que el T1, constituido por la muestra de compost obtenida por el método de Bokashi tiene la menor cantidad de este nutriente debido a un menor índice de NPK, a diferencia del Tratamientos T2 que presenta mayor cantidad de M.O.

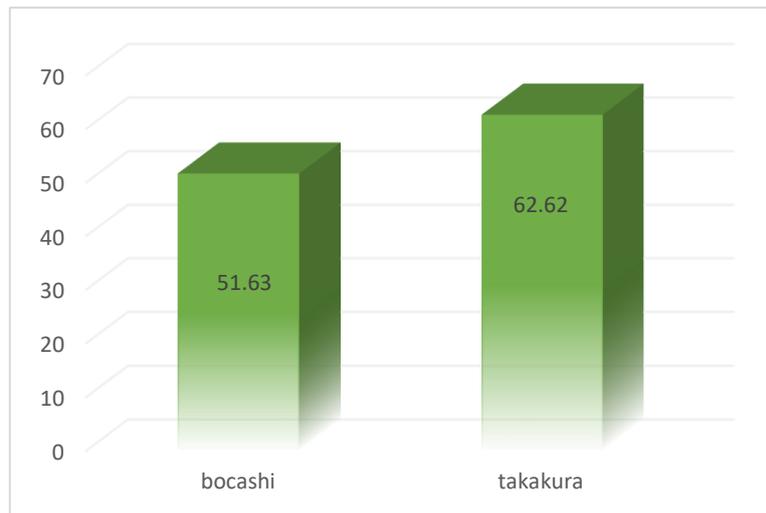


Figura 23: % de materia orgánica de la muestra Bocashi y Takakura.

De acuerdo a los resultados el T2 (Compost método Takakura) resulto ser el mejor por tener un contenido de materia orgánica que se encuentra sobre el 60%, lo cual es un rango aceptable, este parámetro favorecerá la retención de humedad y servirá como fuente de Nitrógeno y Carbono para lograr el desarrollo de los microorganismos (Salazar, 2018, p. 25).

Como se observa en la figura 24, en el caso del tratamiento T1 (Compost Bocashi), el contenido de nitrógeno es alto (2,87%) debido a la composición de la materia orgánica y al tipo de flora que actuó en el proceso de descomposición, como segundo lugar se encuentra el tratamiento T2 (Compost Takakura), con (2,12%), resultando el T1 como el compost con mayor % de nitrógeno que es necesario para cualquier tipo de suelos. Por lo tanto, cumple con los Parámetros de calidad de compost tal como indica la OMS.

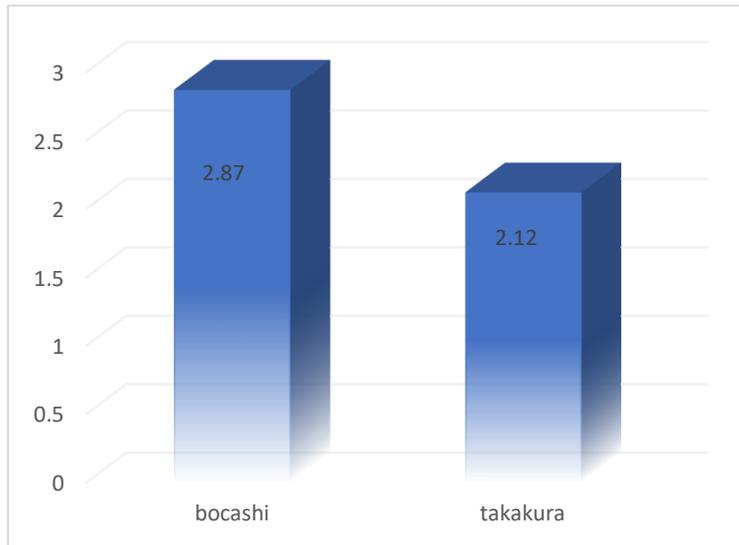


Figura 24: % de nitrógeno de la muestra Bocachi y Takakura.

En la figura 25, se muestra los resultados del óxido de fosforo en el T1, alcanzo valores de 3,64% alcanzando el mayor contenido de fosforo, y el T2 alcanzo 1,61%, relativamente inferior al primero, por consiguiente, las 2 muestras cumplen con los parámetros de calidad de compost tal como indica la OMS.

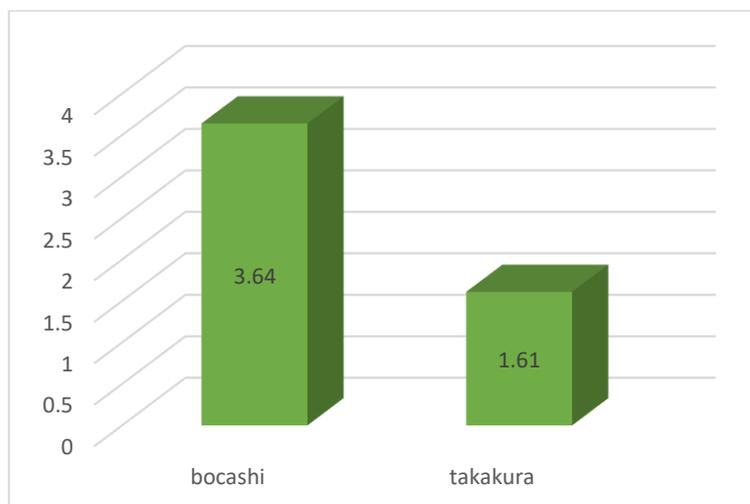


Figura 25: % de óxido de fósforo de la muestra Bocachi y Takakura.

En la figura 26 los resultados finales de potasio fueron en T1 (0.68 %) y para T2 (0,16%), estos valores están dentro de los parámetros de calidad de compost

como indica la OMS, debido a la baja cantidad de potasio, demostrando que las cascaras de verduras contiene menor cantidad de potasio, no cumpliendo con la normativa OMS.

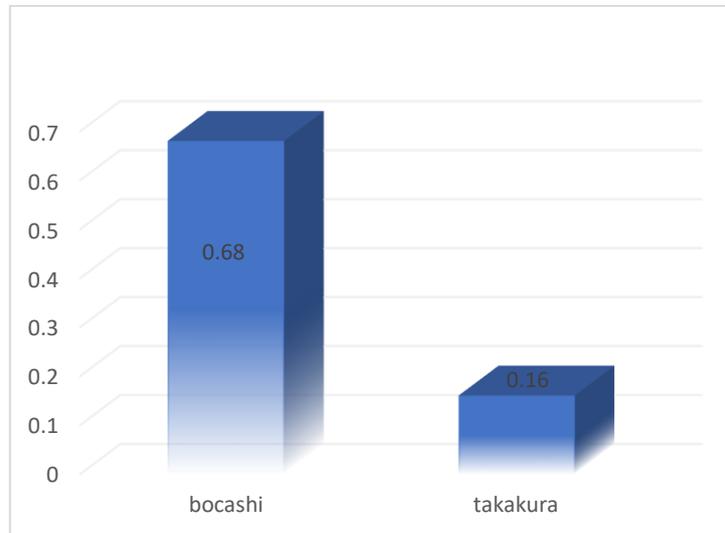


Figura 26: % de óxido de potasio de la muestra Bocachi y Takakura.

En la figura 27 los resultados finales de calcio fueron en T1 (3.92 %) y para T2 (1,57%), estos valores son mayores a los recomendados a los parámetros de calidad de compost como indica la OMS.

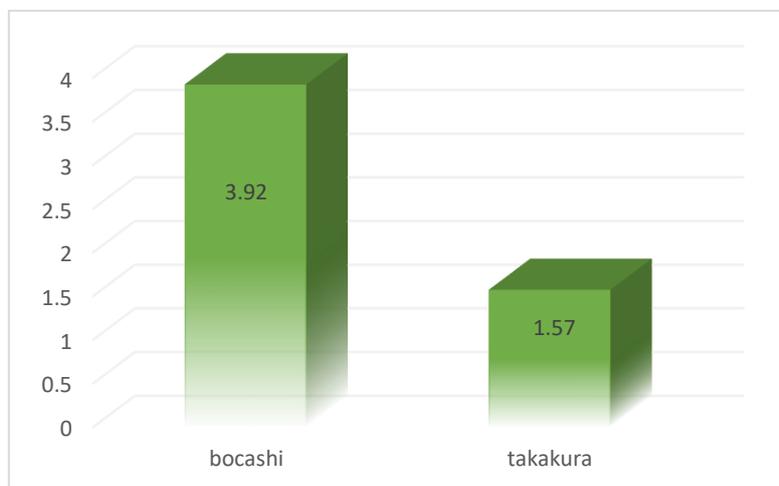


Figura 27: % de óxido de calcio de la muestra Bocachi y Takakura.

En la figura 28 los resultados finales de magnesio fueron en T1 (3.92 %) y para T2 (1,53%), estos valores son mayores a los recomendados a los parámetros de calidad de compost como indica la OMS.

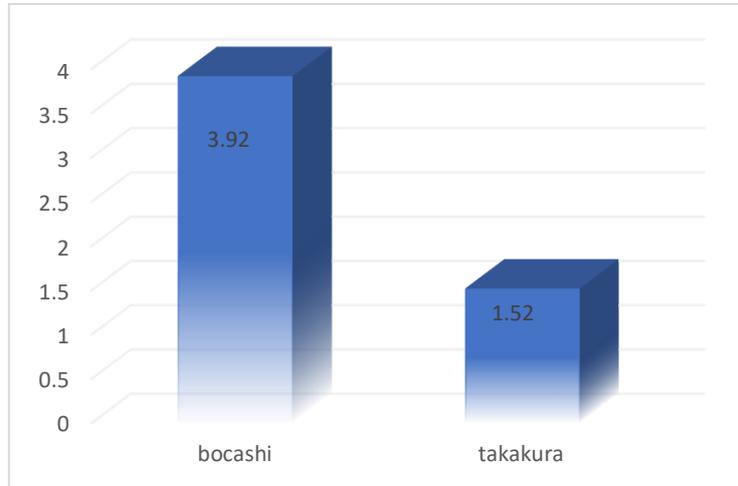


Figura 28: % de óxido de magnesio de la muestra Bocachi y Takakura.

En la figura 29 los resultados finales de azufre fueron en T1 (1.43 %) y para T2 (0,26%), estos valores son mayores a los recomendados a los parámetros de calidad de compost como indica la OMS.

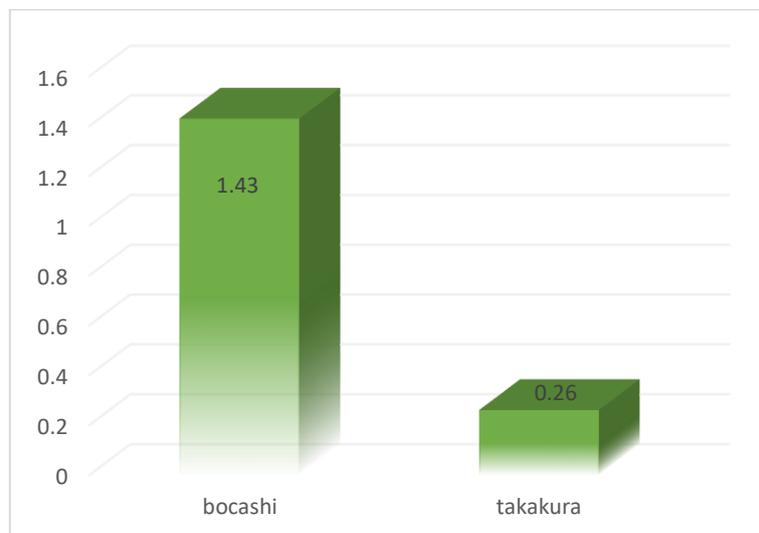


Figura 29: % de óxido de azufre de la muestra Bocachi y Takakura.

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS MÉTODOS DE COMPOSTAJE

Los resultados obtenidos de rendimiento de los métodos de compostaje en estudio se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Rendimiento del compostaje según método.

Muestra	Peso residuo	Peso compost	Material de rechazo	Rendimiento (%)
Compost BoKashi	20.00	12.75	2.57	50.90%
Compost Takakura	20.00	16.84	3.84	65.00%

El rendimiento de los métodos en estudio a través de la reducción de residuos sólidos orgánicos fue menor al 70% (65,00%) en el caso del método de compostaje Takakura y de un 50,90% en el caso del método de compostaje de Bocashi. De acuerdo a los resultados se puede afirmar que el método Takakura resulto el mejor, alcanzando el mayor rendimiento.

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MÉTODOS DE COMPOSTAJE

De acuerdo a las tablas N° 4, 5 y 6, a cada parámetro se le dio una calificación entre bueno (9), regular (6) y malo (4). La calificación final de eficiencia obtenida se estimó por las ponderaciones establecida cuyo resultado se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Comparación de calificación de eficiencia.

Muestra	Métodos		Norma Chilena 2880		FAO	Calificación Eficiencia	
	Takakura	Bocashi	Calidad A	Calidad B		Takakura	Bocashi
Humedad	53,1	39,2	---	---	40-60%	9	6
Ph	9,79	8,89	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5	---	9	9
C.E. (1:1) ms/cm	21,05	47,28	< a 3dS/m	≤ a 8 dS/m	---	4	9
% M.O. Total	62,62	51,63	≥ a 20%	≥ a 20%	---	9	6
% N Total	2,12	2,87	≥ a 0.8%	≥ a 0.8%	---	9	9
% P ₂ O ₂	1,61	3,64	---	---	0,1-1,0%	6	9
% K ₂ O	0,16	0,68	---	---	0,3-1,0%	4	6
Rendimiento	50,00%	40,90%			>40%	9	9
Eficiencia						7,4	7,9

Bueno (9), Regular (6) y Malo (4)

De acuerdo a los resultados de la tabla 7, el compost obtenido por el método de Bocashi muestra la mayor eficiencia con el puntaje de 7,9, resultando superior al compost obtenido por el método de Takakura (7,4).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar la diferencia de la calidad del compost para los dos métodos de compostaje Takakura y Bocashi, se utilizó el análisis estadístico ANOVA a la calificación final de la calidad y eficiencia. El resultado determinó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$)

Tabla 8. Análisis estadístico ANOVA.

Metodos	Media	Desv. Standard	F	Sig
Compost Bokashi	7,88	0,1200	15,5	0,06
Compost Takakura	7,38	0,1002		

En base a los resultados y la prueba estadística se decide rechaza H_0 , al existir diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Se concluye se obtiene compost de calidad en base a los resultados de eficiencia utilizando el método Bocashi.

Tabla 9. Prueba estadística HSD TUKEY.

Métodos	Media	Rango	
Compost Bokashi	7.88	7.88 - 7.41	a
Compost Takakura	7.38	7.38 - 6.91	b

V. DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados de las características físicas del compost podemos indicar que en los métodos de Bocashi y Takakura, los valores de humedad, alcanzados están dentro de los niveles óptimos de humedad en el que deben estar entre 40-60% de humedad para que los microorganismos puedan vivir, asimismo altos niveles de humedad pueden facilitar una mayor pérdida de nitrógeno, que favorecen la desnitrificación (Soto, 2003, p. 28; FAO, 2013, p. 15).

El pH alcanzado resultó con valores superiores a 8.5 recomendados por la (Norma Chilena de calidad de compost, 2003), por lo que puede producirse olores y pérdidas de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas y la formación de compuestos húmicos (Elera y Olano, 2019, p. 11).

La conductividad eléctrica alcanzada por el compost del método Bocashi fue 55% mayor que el compost del método de Takakura, siendo en ambos casos mayores a la (Norma Chilena de calidad de compost, 2003), por lo que nos indica presencia de sales solubles y su uso en proporciones elevadas que pudiesen generar deshidratación en las plantas.

Los resultados obtenidos del análisis químico del compost producido por los tratamientos (Método Bocashi T1 y Método Takakura T2) de la investigación observados en la tabla 3 fueron comparados con los resultados obtenidos en materia orgánica (< 25 %), potasio ($K_2O=0,47$ %) por (Cabrera y Rossi, 2016), resultando superiores en ambos casos, este resultado nos indica que los compost elaborados por los dos métodos son de buena calidad para uso agrícola. Según la Norma Chilena de calidad de compost, (2003) y la FAO, (2013), los valores de K_2O deben estar entre 0,3 y 1,0 %, los resultados obtenidos cumplen esta norma.

Los valores determinados de Nitrógeno en los análisis (Tabla 3) son superiores a 1.49% valor encontrado por Castillo (2015), y al 1.5% encontrado por Chiluisa (2017) por lo tanto el uso de los residuos orgánicos fue determinante para sobrepasar los resultados obtenidos con (>2.1%).

En cuanto a los resultados obtenidos en el contenido de fósforo (P_2O_5) reportan valores entre 1,6 y 3,6%, siendo valores superiores al rango de 0,1 – 1,0 %

recomendados por (Norma Chilena de calidad de compost, 2003). Además, (Romero y Céspedes, 2016, p.51), señalan que los valores adecuados deben estar entre 0,15 – 1,5 % de fósforo para que el compost sea comercialmente aceptable, lo cual se superó en la investigación.

El rendimiento obtenido de los dos tratamientos (Método Bocashi T1 y Método Takakuta, T2), fueron para T1 (40,91%) y T2 (50,00%). Estos rendimientos son superiores a los reportados por Castillo (2015), quien elaboró compost con residuos de cocina obteniendo un rendimiento del 32,7 % con respecto a la masa orgánica inicial y muy superior al 13,39% obtenido por (Iliquín, 2014, p. 17), quien trabajo con residuos orgánicos provenientes de viviendas.

Finalmente en la evaluación de la eficiencia de los métodos de compostaje empleadas en el estudio, se dio una calificación entre bueno (9), regular (6) y malo (4), resultando que los métodos de Bocashi alcanzo un puntaje de 7,88 resultando el mejor, seguido del método de Takakura con un puntaje de 7,38; estos resultados fueron inferiores a los 9.22 obtenidos por (Rodríguez y Huertas, 2016, p. 23), sin embargo la metodología resulto adecuada para medir la eficiencia basado en las características físicas, características químicas y rendimiento de los métodos de compostaje estudiado.

VI. CONCLUSIONES

La calificación de la eficiencia alcanzo un valor alto por el método de Bocashi (7,9 puntos) en comparación con el método Takakura (7,4 puntos), resultando en el análisis estadístico ANOVA diferencias significativa ($p > 0.05$), además en la prueba de Tuckey se demuestra que el método de Bocashi resulto el mejor método para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes de los restaurant de la urbanización Enace Ayacucho, esto debido a que no todos los residuos orgánicos tiene influencia significativa en la eficiencia del compost, pues no todos presentan las mismas condiciones en su desarrollo.

Las características físicas del compost obtenido de los métodos Bocashi y Takakura a partir de los residuos orgánicos provenientes de los restaurants de la urbanización ENACE Ayacucho, permitió determinar que el compost obtenido utilizando el método Bocashi resultó con mejores características físicas de Humedad 53,1%, el pH (9,79) tuvo valores ligeramente alcalinos y su conductividad eléctrica (21,03 mS/cm) resulto dentro de los rangos recomendados.

En cuanto a las características Químicas del compost obtenido de los métodos Bocashi y Takakura se evaluó y estableció que el compost producido por el método Bocashi resulto mejor principalmente en contenido de N_2 Total (2,98%) y contenido de P (3,64%), seguido del contenido de materia orgánica (62,62%) y de potasio (0,68%), por lo cual se adecua para su uso agrícola.

El rendimiento obtenido en la producción del compostaje fue mayor con el método de Takakura, quien alcanzo el 50% de rendimiento, lo que sobrepasan el 50% recomendado por la (FAO, 2013, p. 5).

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

- Realizar el control de los parámetros de proceso de compostaje en cada método para mejorar la calidad del compost a obtener.
- Utilizar el aserrín debido a que es una buena herramienta para el control de la humedad en el proceso de Compostaje.
- Ver que tan efectivo son los tratamientos del presente estudio en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos.

REFERENCIAS

- Bohórquez, W. (2019). El proceso de compostaje [en línea]. 2da ed. Bogotá: Ediciones Unisalle. 2019 [fecha de consulta: 20 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://books.google.com.pe/books?Id=ghjubqrvbic&pg=PA91&dq=las+enfermedades+del+sistema+nervioso&hl=es#v=onepage&q=las%20enfermedades%20>
- Barrionuevo M., Flores L., Dussi M. (2020) . Caracterización de residuos de macrofitas acuáticas para la producción de compost. Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales. Vol. 13 N°03. 1022-1031, 6 de diciembre del 2020.
- Cajahuanca Sara. Optimización del manejo de los residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp.) en el proceso de compostaje en la central Hidroeléctrica Chaglla. Tesis (Bachiller ingeniería Ambiental). Huánuco. Universidad de Huánuco, 2016.166p. recuperado de: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/58>
- CAMPOS Roel, BRENES Laura, JIMÉNEZ María. Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. [en línea]. Costa Rica 2016, n.o 29. [Fecha de consulta: 15 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5761473>
- Castillo, J. O. (2015). Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, Bokashi y Lumbrifert) elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de El Alto (tesis de grado). La Paz, Bolivia.
- Decreto Legislativo N° 1278. Decreto legislativo que aprueba la ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano. Lima, 22 de diciembre del 2016. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf
- Chaves A.R., Campos R.R., Brenes PL., Jiménez M.F. (2018). Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 32-1. Enero-Marzo 2019. Pág 39-53.
- European Commission and Joint Research Centre. (2014). End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals.
- ELERA H.S., OLANO G.E., (2019). Determinación de la calidad del compost con aplicación de microorganismos eficientes en la planta de tratamiento de residuos sólidos, La Pushura Provincia Jaén. Tesis para optar el título

- profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Universidad Nacional de Jaén. 55 págs.
- FAO (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile. 112 págs.
- Fraisoro. (s/f). Interpretaciones de los análisis de compost. En línea: http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/interpretacioncompost_v1.pdf. Consultado: 09/07/2015
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista-Lucio, M. del P. (2018). Metodología de la investigación (6ta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- IGES. (2010). Compostaje para la reducción de residuos. Japon. 60 pags.
- Iliquín, R. E. (2014). Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y EMcompost en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Perú.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (2019). Takakura Composting Method. https://www.jica.go.jp/english/our_work/thematic_issues/management/study_takakura.html.
- Norma Técnica Peruana de Colores NTP 900.058.2019 (18 de marzo de 2019). [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2020]. Recuperado de: <https://www.qhse.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/NTP-900.058-2019-Residuos.pdf>
- Instituto Nacional de Normalización, Chile (INN). (2004). Norma Chilena Oficial NCh 2880.of2004. Compost: Clasificación y requisitos. Santiago, Chile, Recuperado el 06 de junio del 2015 de: <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>
- Masaguer, A., Vidueira, P., Moliner A., Zárata, B.H. (2013). Physical Characterization of Growing Media Using Standard Methods (CEN) – Limitations of Applicability for Pine Bark and Vermiculite. Acta Hort. 1013:85-88.
- Mejía H.E., Ramos R.S. (2019). Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de la empresa pública municipal mancomunada de aseo de los cantones Colta, Alausi y Guamote, mediante tratamientos biológicos. compostaje, Cocompostaje, Vermicompostaje y Takakura. Tesis para optar el título de Ingeniero en biotecnología ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 87 pags.
- Mendivil-Lugo C., Nava-Pérez, E., Armenta-Bojórquez A., Ruelas-Ayala R., Félix-Herrán J. (2019). Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su

evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Volumen XXII, Número 1

Ministerio del ambiente y agua del Ecuador. (2020). Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales. 79 pags.

Ministerio del ambiente. (2016). Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales. 70 pags.

Mendoza M.J. (2019). Diseño de un proceso para la obtención de un abono orgánico para cacao a partir de los residuos sólidos generados en la empresa gamafi ubicada en el cantón la concordia parroquia las Villegas.(Tesis optar el grado académico de Ingeniero Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 135 págs.

OEFA, (2014). Guía para la fiscalización ambiental en materia de residuos sólidos de gestión municipal provincial. 125 págs.

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.* [online]. 2017, vol.35, n.1 [citado 2021-03-23], pp.227-232. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0717-9502. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>.

Rivadeneira S.J. (2018) Compostaje de residuos sólidos orgánicos provenientes de los mercados municipales de la ciudad de macas, mediante la técnica de Takakura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 129 págs.

Rodríguez N.I., (2017). "Influencia del uso de residuos orgánicos de domicilio. s, mercados y jardinería, en la calidad y eficiencia del compost takakura, Laredo – 2017". . Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniera Ambiental. UCV. 77 págs.

Romero, L. G. y Céspedes, L del R. (2016). Compost como abono orgánico para mejorar la agricultura convencional de los pobladores de La Libertad, distrito Aramango - Bagua - Amazonas, 2016 (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza Chachapoyas, Perú. Recuperado de:

SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación. 6.a ed. México. ed. Mcgraw-hill. 2014.634pp. ISBN 978-1-4562-2396-0

Salazar R. C. (2018). Influencia del tratamiento de Residuos orgánicos para mejorar la calidad del bocashi en el Mercado Sarita Colonia -2018. Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniera Ambiental. UCV. 98 pags.

Salinas C., León M., Pérez M., Yagello J. (2018). Manual de compostaje para zonas frías. Universidad de Magallanes. 62 pags. ISBN: 978-956-7189-75-5

- Silbert, V.; Garrido, G.; Benítez, A. 2012. Instructivo para producir compost domiciliario. Una oportunidad para convertir residuos del hogar en una enmienda orgánica. INTI - INTA.
- Suclupe, E.Y. (2019). Comparación de la eficiencia entre Bioabono Bocashi y Urea en el rendimiento del cultivo de maíz híbrido Inia 617. Trabajo Fin de Grado. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. (Perú).
- Torres G.Y. (2018). “Aprovechamiento de los residuos orgánicos y la implementación de bio - huertos domiciliarios en el asentamiento humano Millpo Ccachuana del distrito de Ascensión - Huancavelica”. Tesis para obtener el grado académico de maestro en: Ciencias de la Ingeniería Mención: Ecología y Gestión Ambiental. UNH. 174 págs.
- Vargas P.O., Trujillo G.J., Torres M.M. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento
- Zavala S. R., (2019). Compostaje con el método Takakura para reducción de residuos orgánicos del Pueblo Joven San Borja. UCV.112 pags.
- Compostaje: residuos orgánicos. [Mensaje en un blog]. Madrid: Amigos de la Tierra., (05 de mayo de 2016). [fecha de consulta 13 de octubre de 2020]. Recuperado de: <https://www.tierra.org/compostaje/>
- Como la basura afecta en el desarrollo de América latina* [Mensaje en un blog]. Buenos Aires: Lasso, M., (12 de octubre de 2018). [fecha de consulta 13 de octubre de 2020]. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562#:~:text=Seg%C3%BAAn%20eI%20informe%2C%20una%20fuente,materias%20recibe%20un%20manejo%20inadecuado.>
- ¿Cuál es el mejor método de compostaje? [Mensaje en un blog]. Lima: 360 soluciones verdes, (3 de julio de 2020). [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2020]. Recuperado de: <https://www.360-sv.com/blog/tipos-de-compostaje>
- Guía de compostaje del agricultor [en línea]. Chile: portal frutícola.com, (14 de julio 2017). [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2020]. Recuperado de: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/07/14/guia-de-compostaje-del-agricultor-incluye-manual-en-pdf/>

ANEXOS.

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad
VARIABLE DEPENDIENTE Y1 = Eficiencia	Capacidad para producir compost a partir de materia orgánica de manera más eficiente.	Se realizará un análisis de los parámetros físicos y químicos en el laboratorio para conocer las características del compost así evaluar su eficiencia.	Características físicas. Características químicas. Rendimiento.	Humedad	%
				pH	
				Conduct. Elect.	mS/cm
				% N ₂ total	%
				% P ₂ O ₅	%
				% K ₂ O	%
				% CaO	%
% MgO	%				
VARIABLE INDEPENDIENTE X1=Método takakura X2=Método bocashi	Según (JICA, 2019). En los tratamientos de compostaje, la materia orgánica está sometida a un medio de cultivo de microorganismos adaptados al suelo y están usualmente en el medio ambiente.	Se evaluará la eficiencia del método Takakura y el método Bocashi en composteras.	Método Takakura	Eficiencia	Kg
			Método Bocashi	Eficiencia	kg

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

"Año de la Universalización de la Salud"

Región : Ayacucho HR. 00013
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Localidad : ENACE
Proyecto : Tesis: "Eficiencia del Método Takakura y Bocashi en el Compostaje de Residuos Orgánicos de restaurantes en la urbanización ENACE - Ayacucho"
Solicitante : Srta. Katia Melissa Beingolea Medina
Muestra : 01: Compost BOCASHI
 : 02: Compost TAKAKURA

ANALISIS FISICO - QUIMICO

Muestra	Humedad (%)	pH	C.E.(1:1) mS/cm	% M.O. total	%N-Total	% P ₂ O ₅	%K ₂ O	%CaO	%MgO	%SO ₄ ⁼
01	39.2	8.89	47.28	51.63	2.87	3.64	0.68	3.92	3.92	1.43
02	53.1	9.79	21.05	62.62	2.12	1.61	0.16	1.57	1.52	0.26

Ayacucho, 28 de Diciembre del 2020.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Giron Molina
C.I.P. 77120

Anexo 3: Panel fotográfico



Foto 1: Preparación de compostadoras Takakura



Foto 2: Solución dulce y salina para el Método Takakura.



Foto 3: Lecho de fermentación aserrín y hojarasca.



Foto 4: Lecho de fermentación harina y afrecho.



Foto 5: Mezcla de la solución fermentativa y el lecho de fermentación.



Foto 6: Fermentación completada.



Foto 7: Residuos orgánicos recolectados



Foto 8: Triturado de residuos orgánico manualmente y mezclado.



Foto 9: Residuos orgánicos provenientes de restaurantes.



Foto 10: Compost final del método Takakura



Foto 11: Preparación de compostadora bocashi.



Foto 12: Polvo bocashi.



Foto 13: Preparación de compostadoras



Foto 14: Triturado de residuos orgánico manualmente y mezclado.



Foto 15: Instalación del balde para el inicio del compostaje bocashi.



Foto 16: Mescla en capas de los residuos orgánicos y el polvo bocashi.



Foto 17: Proceso del compostaje bocash



Foto 18: lixiviado del compostaje bocashi.



Foto 19: Compost final del método bocashi