

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**TESIS**

**“COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS MÉTODOS  
TAKAKURA Y BOKASHI EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE  
EN EL DISTRITO DEL RÍMAC, LIMA – 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR**

**REQUENA MEDINA LUIS GABRIEL  
ENCISO ESTRADA JIMMY ANGELO**

**ASESOR**

**ING° GUMERCINDO HUAMANI TAIPE**

**CALLAO – 2022**

**PERÚ**



## PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue expuesta por los Bachilleres **LUIS GABRIEL REQUENA MEDINA** y **ENCISO ESTRADA JIMMY ANGELO** ante el Jurado de Tesis con Ciclo de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

ING° ANCIETA DEXTRE CARLOS ALEJANDRO	PRESIDENTE
Lic. TRUJILLO PEREZ SALVADOR APOLINAR	SECRETARIO
ING° REYNA MENDOZA GLADIS ENITH	VOCAL
Lic. LAYZA BERMUDEZ FERNANDO HIPOLITO	MIEMBRO SUPLENTE
ING° HUAMANI TAIPE GUMERCINDO	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de actas N° 01 Folio N° 71 y Acta N° 70 de fecha once de junio del 2021, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de octubre de 2018

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Consuelo, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre Alfonso, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi esposa Jacqueline a través de su amor, paciencia y sus consejos me ayudo a concluir esta investigación. A mis hijos Angello y Joaquín por ser mi fuente de motivación para alcanzar mis metas.

Luis Gabriel Requena Medina

Dedico este trabajo primero a Dios Todo poderoso, que me guio en el camino para tomar sabias decisiones en mi vida. A mis padres, por su apoyo invaluable desde que decidí retomar mis estudios. A mis hermanos, por alentarme constantemente para llegar a mis objetivos profesionales. A mi hija Alexandra por ser mi inspiración eterna y a través de su amor incondicional, su paciencia para soportar este tiempo separados, me mantuvieron enfocado en terminar esta investigación.

Jimmy Angelo Enciso Estrada

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, queremos agradecer a nuestro tutor Mg. Gumercindo Huamani Taipe, quien con sus conocimientos y apoyo nos guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscábamos.

También queremos agradecer a Municipalidad Distrital del Rímac por brindarnos todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros y a nuestras familias, por apoyarnos aun cuando nuestros ánimos decaían.

Muchas gracias a todos.

# ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO.....	3
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>9</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	9
1.2 Formulación del problema.....	10
1.2.1 Problema general.....	10
1.2.2 Problemas específicos .....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo general.....	10
1.3.2 Objetivos específicos .....	11
1.4 Limitantes de la investigación .....	11
1.4.1 Teórica.....	11
1.4.2 Temporal.....	11
1.4.3 Espacial .....	12
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 Antecedentes .....	13
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	13
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	18
2.2 Bases teóricas .....	21
2.2.1 Residuos sólidos orgánicos.....	21
2.2.2 Descomposición de los residuos sólidos orgánicos.....	22
2.2.3 Parámetros Fisicoquímicos .....	26
2.2.4 Compostaje.....	27
2.2.5 Método Takakura .....	30
2.2.6 Método Bokashi .....	33
2.3 Conceptual.....	35
2.4 Definición de términos básicos.....	37
<b>III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....</b>	<b>40</b>

3.1 Hipótesis .....	40
3.1.1 Hipótesis General .....	40
3.1.2 Hipótesis específicas .....	40
3.2 Definición conceptual de variables .....	40
3.2.1 Operacionalización de variables .....	40
<b>IV. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>42</b>
4.1 Tipo y diseño de investigación .....	42
4.1.1 Tipo de Investigación .....	42
4.1.2 Diseño de Investigación .....	42
4.2 Método de investigación .....	44
4.3 Población y muestra .....	44
4.3.1 Población .....	44
4.3.2 Muestra .....	44
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	45
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	45
4.6 Análisis y procesamiento de datos .....	53
4.6.1 Análisis del proceso de compostaje .....	53
4.6.2 Diseño Experimental .....	53
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>66</b>
5.1 Resultados Descriptivos .....	60
5.2 Resultados Inferenciales .....	60
5.3 Otro Tipo de Resultados Estadísticos, de acuerdo con la .. Naturaleza del Problema y la Hipótesis .....	60
<b>VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>74</b>
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	74
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares .....	82
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes .....	84
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
RECOMENDACIONES .....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	87
ANEXOS .....	94

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la degradación de residuos sólidos Orgánicos	25
Tabla 2. Productos de la descomposición de residuos sólidos orgánicos	26
Tabla 3. Componentes y características del estiércol de caballo y gallinaza	35
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables	41
Tabla 5. Cantidad de residuos orgánicos por cada cama	46
Tabla 6. Insumos control para bioaceleradores según el método Takakura	47
Tabla 7. Concentraciones de los Bio Aceleradores del Método Takakura	47
Tabla 8. Insumos control para bioaceleradores según el método Bokashi	49
Tabla 9. Concentraciones de los Bio Aceleradores del Método Bokashi	49
Tabla 10. Variables para el diseño experimental del método Takakura	54
Tabla 11. Variables para el diseño experimental del método Bokashi	54
Tabla 12. Puntuación para la evaluación de las concentraciones	55
Tabla 13. Puntuación de los niveles de descomposición	56
Tabla 14. Puntuación del tiempo empleado para cada muestreo	56
Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos del compostaje en la etapa final-FAO	58
Tabla 16. Grado de descomposición de las camas con el método Takakura	61
Tabla 17. Grado de descomposición de las camas con el método Bokashi	61
Tabla 18. Valoración de la efectividad de las dosis de bioaceleradores	62
Tabla 19. Resultados del diseño experimental 2 <sup>1</sup> del método Takakura	63
Tabla 20. Resultados del diseño experimental 2 <sup>1</sup> del método Bokashi	63
Tabla 21. Conversión de los resultados a escala del 0 al 15	67
Tabla 22. Conversión final y efectividad del proceso de compostaje	71
Tabla 23. Características organolépticas del compost óptimo	72

Tabla 24. Propiedades fisicoquímicas del compost óptimo	73
Tabla 25. Efectividad del proceso de compostaje según ambos métodos	75
Tabla 26. Eficiencia de bioaceleradores en el método Takakura	77
Tabla 27. Eficiencia de bioaceleradores en el método Bokashi	80

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reacciones químicas asociadas a la descomposición de residuos	23
Figura 2. Flujograma para la obtención de compost semilla	33
Figura 3. Etapas de la investigación	43
Figura 4. Proceso de compostaje según el método Takakura	48
Figura 5. Proceso de compostaje según el método Bokashi	50
Figura 6. Estructura del armado de las seis camas de compostaje	51
Figura 7. Muestreos realizados a las camas con mayor descomposición	58
Figura 8. Comparación de los parámetros fisicoquímicos en el día 10	65
Figura 9. Comparación de los parámetros fisicoquímicos en el día 20	66
Figura 10. Comparación de parámetros fisicoquímicos a escala en el día 10	69
Figura 11. Comparación de parámetros fisicoquímicos a escala en el día 20	70
Figura 12. Límites de la prueba bilateral para la hipótesis general	76
Figura 13. Límites de la prueba bilateral para la primera hipótesis específica	79
Figura 14. Límites de la prueba bilateral para la segunda hipótesis específica	82

## RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo determinar la efectividad de la sustitución del método Bokashi por la aplicación del método Takakura en el proceso de compostaje. Siendo la investigación de tipo aplicada, cuantitativa, de diseño experimental, transversal y prospectiva. La población estuvo conformada por seis camas (Tres según el método Takakura y tres según el método Bokashi), a las que se inocularon bioaceleradores con concentración control, mitad y doble. Se mantuvieron homogéneas las condiciones aplicadas (Una capa de plástico y un volteo diario por cama) Se observó, según análisis organoléptico, que las camas de baja concentración fueron las que descompusieron de mejor forma a los residuos, se seleccionó una muestra el día 10 y 20 de ambos métodos, para que luego se someta al análisis físico químico con la aplicación de Electrometría, Gravimetría, Espectrometría, entre otros, obteniéndose 35% de materia orgánica, 2,57% de nitrógeno total, 11,06 de C/N con la aplicación del método Takakura, obteniéndose 10,27 de puntaje de efectividad, este fue mayor al 7,45 de puntaje del método Bokashi. Se concluyó que el método Takakura es más eficiente que el método Bokashi en la elaboración de compost dado que los parámetros más importantes fueron los más altos.

**Palabras clave:** Takakura, Bokashi, eficiencia y bio aceleradores.

## ABSTRACT

The present research aims to determine the effectiveness of the replacement of the Bokashi method by the application of the Takakura method in the composting process. Being applied research, quantitative, experimental, cross-sectional and prospective design. The population consisted of six beds (three according to the Takakura method and three according to the Bokashi method), which were inoculated with bioaccelerators with control, half and double concentrations. The applied conditions were kept homogeneous (One layer of plastic and one daily turning per bed). It was observed, according to organoleptic analysis, that the low concentration beds were the ones that decomposed the waste in the best way, a sample was selected on day 10 and 20 of both methods, so that it was then subjected to the physical-chemical analysis with the application of Electrometry, Gravimetry, Spectrometry, among others, obtaining 35% of organic matter, 2,57% of total nitrogen, 11,06 of C/N with the application of the Takakura method, obtaining a 10,27 score of effectiveness, this was higher than the 7,45 score of the Bokashi method . It was concluded that the Takakura method is more efficient than the Bokashi method in compost production since the most important parameters were the highest.

**Keywords:** Takakura, Bokashi, efficiency and bioaccelerators.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las mayores problemáticas a nivel mundial es la generación de residuos sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, producidos por las actividades cotidianas del hombre, estos residuos son dispuestos en lugares desolados y algunas veces arrojados a las orillas de los ríos, acumulándose y convirtiéndose en puntos críticos para todo aquel transeúnte que pase por esos lugares. Con el paso del tiempo estas acumulaciones pasan a ser botaderos informales y terminan siendo un problema para las autoridades tanto locales como sectoriales. Un porcentaje alto de estos residuos son de origen orgánico, en comparación a los residuos sólidos inorgánicos, tiene un proceso de degradación que es una fuente considerable en emisiones de gases de efecto invernadero.

La presente investigación tendrá como objetivo comparar la efectividad, en la rapidez y composición, de la elaboración del compost mediante los métodos Takakura y Bokashi. Este estudio ha sido realizado con el fin de valorizar de manera eficaz los residuos sólidos orgánicos del distrito del Rímac. También se busca obtener un aprovechamiento a los residuos sólidos orgánicos, a través del compostaje mediante el método denominado "Takakura" para su posible futura implementación en el distrito mencionado.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En América Latina y el Caribe, la generación de residuos sólidos urbanos se ha incrementado, convirtiéndose en un problema para todos los países latinos, notándose que el tema ambiental pasa a un segundo plano cuando sus prioridades son otras necesidades básicas que deben cubrir (Sáez & Urdaneta, 2014). Esto trae como consecuencias complicaciones en el manejo de los residuos sólidos, más aún cuando las tecnologías aplicadas son inadecuadas.

La participación de sectores informales en el manejo de residuos sólidos es frecuente en los países latinoamericanos y del Caribe, siendo este sector generalmente el encargado del proceso de separación de residuos reutilizables en la etapa de disposición final, tarea que constituye su medio de sustento principal; esta situación dificulta a los gobiernos planificar, organizar y regular las actividades del manejo de residuos sólidos (Sáez & Urdaneta, 2014). En la actualidad, no se cuenta con la cantidad suficiente de rellenos sanitarios autorizados para poder realizar el tratamiento adecuado de dichos residuos sólidos generados diariamente por nuestra población.

En los últimos años, según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), el distrito de Rímac mantiene una generación de residuos sólidos promedio de 79 176,00 toneladas anuales (SINIA, 2016), del cual solo el 75% son recolectadas por la Municipalidad del Rímac, hasta el año 2020 la cifra se mantiene dentro del promedio. Se puede notar que el Plan de Manejo de Residuos Sólidos que actualmente está empleando la Municipalidad no es

eficiente y no tiene el enfoque de la valorización de los residuos sólidos orgánicos, ni inorgánicos.

Por lo antes mencionado, se ha propuesto un Plan de Manejo de Residuos Sólidos, con un enfoque de aprovechamiento de los residuos sólidos de origen orgánico, que genere una valorización económica a este residuo convirtiéndolo en compost, acelerando su proceso mediante el método Takakura y a la vez, comparándolo con el método Bokashi.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es la efectividad al sustituir la aplicación del método Bokashi por la aplicación del método Takakura en el proceso de compostaje en el distrito del Rímac?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- 1) ¿Qué cantidad de bio aceleradores es necesario aplicar para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Takakura?
- 2) ¿Qué cantidad de bio aceleradores es necesario aplicar para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Bokashi?

## **1.3 Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Determinar la efectividad al sustituir la aplicación del método Bokashi por la aplicación del método Takakura en el proceso de compostaje en el distrito del Rímac.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Evaluar y cuantificar la cantidad de bio aceleradores necesarios para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Takakura.

Evaluar y cuantificar la cantidad de bio aceleradores necesarios para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Bokashi.

### **1.4 Limitantes de la investigación.**

La presente investigación pone énfasis en la necesidad de aplicar métodos de compostaje eficaces para valorizar los residuos sólidos orgánicos del distrito del Rímac en menor tiempo, dado que la generación de este tipo de residuos es abundante y los espacios designados para el tratamiento de estos, en una zona urbana como lo es el distrito del Rímac, no son tan amplios.

#### **1.4.1 Teórica**

Se estableció como una limitante teórica la escasa información acerca de la aplicación de los métodos Bokashi y Takakura a una escala de producción significativa, desconociéndose cantidades exactas de bio aceleradores a inocularse a las camas de compostaje.

#### **1.4.2 Temporal**

La investigación es de carácter experimental y observacional, en ese sentido, la etapa experimental de la investigación fue monitoreada durante ocho horas diarias, en un intervalo de 38 días. Asimismo, se les dio seguimiento a las pilas desde las 8 horas hasta las 16 horas de cada día, debido a que, es el tiempo en el que los operarios de la Municipalidad del Rímac laboran en la planta Santa Rosa.

### **1.4.3 Espacial**

La investigación tiene como fin reducir la acumulación de residuos sólidos orgánicos, en este sentido, la investigación solo se enfoca en el compostaje de los residuos generados por los grandes mercados de flores que posee el distrito del Rímac, tal como es el mercado de flores “Santa Rosa”.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

Se revisaron publicaciones científicas relacionadas al aumento de la efectividad del proceso de compostaje, separándose dichos trabajos previos en dos tipos: Antecedentes internacionales y nacionales.

#### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Shuchi et al. (2021). "Compostaje de residuos de alimentos a escala industrial: efectos de las frecuencias de aireación sobre el consumo de oxígeno, las actividades enzimáticas y la sucesión de comunidades bacterianas". Tuvieron como objetivo analizar el compostaje a escala industrial de residuos de alimentos realizando pruebas a diferentes frecuencias de aireación para determinar la frecuencia de aireación óptima para lograr la polimerización y humificación del compost. Sus resultados muestran que las frecuencias de aireación probadas afectaron la tasa de absorción de oxígeno, la distribución espacial de oxígeno y en última instancia, influyeron en la humificación del compost. La aireación extensa no fue beneficiosa para acumular nitrógeno y fósforo durante el compostaje. La frecuencia de la aireación influyó en la sucesión de la comunidad bacteriana principalmente al afectar la concentración de  $O_2$  y la liberación de varias enzimas por estas bacterias. Concluyeron que la concentración, mediante el ajuste de las estrategias de aireación puede proporcionar una guía para acelerar la madurez del compostaje.

Yousif et al. (2021). "Papel de las cepas de hongos psicrotróficos en la aceleración y mejora de la madurez del compostaje de estiércol de cerdo en

condiciones de baja temperatura”. Plantean por objetivo determinar los efectos de la aplicación de hongos psicrótróficos que degradan la celulosa en la producción de celulosa, la estructura de la comunidad fúngica y la madurez del compost de estiércol de cerdo en condiciones de baja temperatura. Respecto a los resultados, aislaron e identificaron tres cepas de hongos psicrótróficos y después de optimizar las condiciones de producción de celulosa activa en frío, se inocularon en compost de partículas. Si bien la temperatura del compost de control no alcanzó en la etapa termofílica, la temperatura del compost inoculado la alcanzó a los tres días y se mantuvo hasta por 17 días. Los inoculantes fúngicos mejoraron la estructura de la comunidad fúngica al final del compostaje. El análisis de componentes principales reveló que el índice de germinación, el fósforo total, el potasio y el nitrógeno total fueron los parámetros fisicoquímicos más influyentes que afectaron la madurez del compost. Los resultados de los productos de compost reflejaron la capacidad del compost como fertilizante. Concluyeron que las cepas recientemente identificadas afectaron positivamente el compostaje a bajas temperaturas.

Mianshen et al. (2020). “Efecto de las tasas de aireación sobre la actividad enzimática y la sucesión de comunidades bacterianas durante el compostaje de estiércol de ganado”. Tuvieron como objetivo analizar los cambios en la actividad de las enzimas microbianas y la comunidad bacteriana, se llevó a cabo un experimento de compostaje de 60 días utilizando estiércol de ganado y paja con tasas de aireación de 0,45; 0,68 y 0,90 l/min.kg en peso fresco. Como resultados se obtuvieron que la alta tasa de aireación aumentó las actividades de celulasa, ureasa, fosfatasa alcalina y ácida, pero disminuyó

la de invertasa y catalasa. La celulasa, la fosfatasa alcalina y la catalasa fueron las principales enzimas que afectaron el proceso de compostaje. El análisis microbiano mostró que la alta tasa de aireación aumentaba la uniformidad de la comunidad bacteriana en la fase termofílica, pero la disminuía en la fase madura. La diferente tasa de aireación afectó la estructura de la comunidad bacteriana e influyó aún más en la relación entre la enzima y las bacterias funcionales. Concluyeron que la regulación de la temperatura, el contenido de humedad y la conductividad eléctrica (CE) en fases específicas para afectar la sucesión de la comunidad bacteriana podrían proporcionar una guía para mejorar la madurez del compostaje.

Liqiang et al. (2020). "Influencia del sustrato de hongos usado y enmienda de melaza sobre la pérdida de nitrógeno y la humificación en el compostaje de lodos de depuradora". Plantearon como objetivo analizar el compostaje de lodos de depuradora (SS) a escala de laboratorios modificados con melaza y sustrato de hongos usados (SMS) en un sistema de reactor de compostaje de 5 L. Se evaluaron la influencia de la melaza y la enmienda SMS sobre la pérdida de nitrógeno y la humificación del compostaje. Los resultados mostraron que la enmienda, especialmente la combinación con melaza elevó la temperatura de compostaje, aumentó la volatilización del CO<sub>2</sub>, promovió la degradación de la materia orgánica, mejoró el índice de germinación y el proceso de humificación. La adición de SMS y melaza contiene carbohidratos utilizados como fuente de carbono y sustancia energética por microorganismos que podría aumentar la actividad microbiana y la asimilación del amoníaco. En los tratamientos SMS + melaza, la volatilización del NH<sub>3</sub> se redujo, además, la

tasa de pérdida de nitrógeno se redujo en un 27,2% al 32,2%. Concluyeron que la adición de SMS y melaza mejoró la madurez del compost y redujo la pérdida de nitrógeno en el proceso de compostaje SS.

Chávez et al. (2018). “Compostaje de Residuos Sólidos Biodegradables del Restaurante Institucional del Tecnológico de Costa Rica”. Tuvieron como objetivo evaluar alternativas de compostaje de los residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica, con el fin de brindar una posibilidad para la valorización de los residuos sólidos biodegradables. El procedimiento fue un diseño experimental factorial, en el cual se compararon los tres tratamientos denominados Takakura, Microorganismos de Montaña y Pellets con residuos sólidos biodegradables cada uno, en compostera de volteo y otro directamente en una superficie de concreto en el suelo, con dos repeticiones. Determinaron que el tratamiento por el método Takakura fue el que excelente resultado presentó desde el punto de vista técnico, ambiental y económico. Concluyeron que este tratamiento es un método viable de economía circular, para el aprovechamiento de los residuos sólidos de origen orgánico del restaurante del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Xingyao et al. (2018). “Efecto del estiércol de cerdo sobre la composición química y la diversidad microbiana durante el compostaje con sustrato de hongos usados y cáscaras de arroz”. Plantearon como objetivo analizar el impacto del estiércol de cerdo en la madurez del compost elaborado con sustrato de hongos usados (SMS) y cáscaras de arroz. Los resultados mostraron que la adición de estiércol de cerdo (SMS+PM) alcanzó 50°C en 5

días antes y duró 15 días más que sin estiércol de cerdo (SMS). Además, la adición de estiércol de cerdo mejoró la nutrición y el índice de germinación. Evaluaron la composición bacteriana y fúngica durante el proceso de compostaje de SMS+PM en comparación con SMS. El tratamiento SMS mostró una abundancia relativamente mayor de microbios que degradan el carbono (Bacillaceae y Thermomyces) y hongos fitopatógenos (Sordariomycetes\_unclassified) al final del compost. Por el contrario, el SMS+PM mostró una mayor diversidad bacteriana con antipatógenos (Pseudomonas). Concluyeron que la adición de estiércol de cerdo mejoró la descomposición del carbón refractario del sustrato de hongos gastado y promovió la madurez y el contenido nutricional del compost.

Quecholac et al. (2016). "Biodegradación de películas plásticas compostables y oxodegradables por bioaugmentación y compostaje de traspatio". Plantearon como objetivo evaluar la viabilidad de degradar una película compostable comercialmente disponible y polietileno oxodegradable, con y sin oxidación abiótica previa en un sistema de compostaje doméstico. Utilizaron reactores (200 l) para degradar las películas de plástico junto con una mezcla de alimentos orgánicos residuos (50%), mantillo (25%) y hojas secas (25%), enmendado con levadura y una solución de azúcar morena para aumentar la velocidad del proceso. Con relación a los resultados, la presencia de la película plástica no afectó el proceso de compostaje, que mostró un aumento inicial en temperatura y perfiles típicos de contenido de humedad, pH, con relación carbono nitrógeno (C/N) final de 17,4. Después de 57 días, el plástico compostable disminuyó sus propiedades mecánicas en más del 90%,

mientras la película oxodegradable no mostró una degradación significativa si no fue degradado previamente por la radiación UV. Concluyeron que el uso de estos plásticos debe evaluarse frente a los residuos predominantes.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Wu (2020). "Evaluación de la biodegradación de la gallinaza a través del compostaje con ayuda de complejo microbiano (ACF – SR) con sistema automático y monitorizado". Tuvo como objetivo probar el complejo microbiano ACF-SR, analizando la velocidad de descomposición y calidad final fisicoquímica del proceso del compostaje de la gallinaza. La parte experimental se realizó en la granja de aves de la Universidad Nacional Agraria la Molina, realizando 14 bio pilas de compostaje a las cuales se aplicó cuatro diferentes ensayos (cada ensayo constaba de tres repeticiones) y dos blancos, que fueron clasificadas por las siguientes variables: Porcentaje de gallinaza/rastrojo vegetal y dosis de aplicación del complejo microbiano ACF–SR. Estas pruebas se apoyaron en la tecnología ARDUINO, el cual midió la temperatura y humedad cada 5 minutos para el seguimiento de la descomposición de la gallinaza. Siendo más sencillo el monitoreo de estos dos parámetros básicos para el compostaje. Concluyendo finalmente que el complejo microbiano ACF-SR disminuye el tiempo de descomposición de la mezcla de gallinaza/rastrojo vegetal durante el compostaje, acelerando la degradación entre las etapas mesofílica 1 y mesofílica 2, sin embargo, la aplicación de las bacterias no demostró cambios en la calidad final fisicoquímica del compost, entre los ensayos y los blancos.

Ortiz (2020). “Efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (Volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje”. Tuvo como objetivo determinar el efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (volteo) en el proceso de compostaje y en la calidad del compost. En los tratamientos, se utilizaron una proporción de 40% de estiércol y 60% de material vegetal. Se evaluaron cuatro tratamientos con diferentes tipos de estiércol (vacuno o gallina) y frecuencias de volteos. Los resultados del estudio mostraron que el mejor tratamiento para la actividad respiratoria fue la cama cuatro (estiércol de gallina y seis volteos cada dos semanas), lo cual indicó que tuvo una mayor estabilidad a diferencia de los demás tratamientos; por otro lado, con respecto al porcentaje de materia orgánica, el mejor valor lo obtuvo el tratamiento de la cama dos (estiércol vacuno y seis volteos cada dos semanas). El uso del estiércol de gallinas ponedoras en el proceso de compostaje tuvo un efecto favorable sobre la actividad respiratoria, dando así una mejor estabilidad en el producto final, mientras que en la frecuencia de aireación de 6 volteos cada 2 semanas favoreció la estabilidad y materia orgánica del compost; por lo que se concluyó que el uso de estiércol de gallinas ponedoras realizando seis volteos cada dos semanas presentó la mejor calidad de compost. Así mismo, que la presencia de estiércol vacuno como sustrato en el proceso de compostaje, influyó favorablemente en el rendimiento del compost generado.

Castañeda & Palomino (2018). “Evaluación del Efecto Productivo de un Abono Natural (Takakura) en la Siembra de Medicago sativa (Alfalfa) en Cajabamba”. Tuvo como objetivo evaluar el efecto en la producción de alfalfa utilizando el método Takakura para la mejora en la producción así mismo

disminuir el impacto ambiental producido por el uso de agroquímicos. Para ello los materiales utilizados fueron una lata de cerveza, 50 g de azúcar, 50 g de sal, una cucharadas de levadura, 40% de cáscara de arroz, 40% de cáscara de frutas, 30% de humus, 30% salvado de avena, 20% de cáscaras de café, cinco cucharadas de yogurt y 5 L de agua. A los 24 días de su elaboración, se cosecho el Takakura para luego realizar un análisis de muestra y utilizar en el sembrío de alfalfa realizando una zanja alrededor de cada planta de alfalfa y agregar el abono considerando seis tratamientos de estudio. Respecto a los resultados, su evaluación se realizó transcurrido los 15 días después de su tratamiento, se midió la altura de los seis tratamientos, así mismo se midió la producción de alfalfa en base fresca (Kg) y contenido de materia orgánica (%) concluyendo que el compost, elaborado mediante el método Takakura, como abono natural tiene buenos efectos.

Rodríguez (2017). “Influencia del Uso de Residuos Orgánicos de Domicilios, Mercados y Jardinería, en la Calidad y Eficiencia del Compost Takakura, Laredo – 2017”. Tuvo como objetivo determinar la influencia del uso de residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería en la calidad y eficiencia del Compost Takakura en Laredo en el 2017, basándose en un único factor, con tres tratamientos y tres repeticiones, con una población que es la misma que producen las trece toneladas de residuos orgánicos que se produce al día en Laredo, seleccionando unas muestras de 17 Kg, 23 Kg y 12 Kg de residuos de domicilios, mercados y jardinería respectivamente, junto a 14 Kg de semilla de compost previamente tratada. Teniendo como resultado la eficiencia del compostaje de: 70,27%, 59,65% y 71,78% para los residuos de

tipo domicilio, mercado y jardinería respectivamente. Se concluyó que los residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería influyen significativamente en la calidad y eficiencia del compost Takakura.

Bermeo (2016). “Elaboración de Bokashi como Alternativa para el Tratamiento de Residuos Orgánicos del Matadero y Mercado del Distrito de Chulucanas–Morropón”. Tuvo como objetivo elaborar Bokashi como alternativa de tratamiento de los residuos orgánicos del matadero (sangre, contenido ruminal y estiércol bovino) y el mercado de Chulucanas. Los principales métodos utilizados en la investigación fueron: Observacional, análisis, descriptivo y estadístico. Los resultados indicaron que en el matadero de Chulucanas se genera 2 Kg de estiércol, 11 L de sangre y 59 Kg de contenido ruminal por res sacrificada y en el mercado se genera en promedio 1 904 Kg por día de residuos orgánicos. Finalmente, se obtuvo Bokashi de residuos orgánicos del matadero y mercado de Chulucanas en las tres réplicas del tratamiento.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Residuos sólidos orgánicos**

Es aquel material en estado sólido que proviene de especies de flora o fauna y es susceptible de descomposición por microorganismos, o bien consiste en restos, sobras o productos de desecho de cualquier organismo (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017, p. 4)

Material sólido de fácil descomposición, natural o inducida, que ya fue utilizado de forma primaria y que cuyo origen, son los seres vivos.

### 2.2.2 Descomposición de los residuos sólidos orgánicos

Es la degradación de la materia orgánica en la que la materia en proceso de descomposición se transforma en materia con componentes químicos más simples. En este proceso, un factor acelerante es la mayor temperatura porque los residuos más duros, provenientes de restos vegetales, se degradan a altas temperaturas. Asimismo, la humedad óptima para una máxima eficiencia en el proceso de degradación esta entre el 45% a 60%, la intervención de microorganismos, así como la reducción en el tamaño de los residuos sólidos orgánicos acelera la descomposición (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014, p. 45 - 157)

La descomposición o degradación de los residuos sólidos orgánicos, es el proceso en el que los compuestos químicos presentes de determinado material se van fragmentando y/o simplificando, siendo la temperatura, humedad y acción de microorganismos y tamaño del material factores que determinen la rapidez de la descomposición.

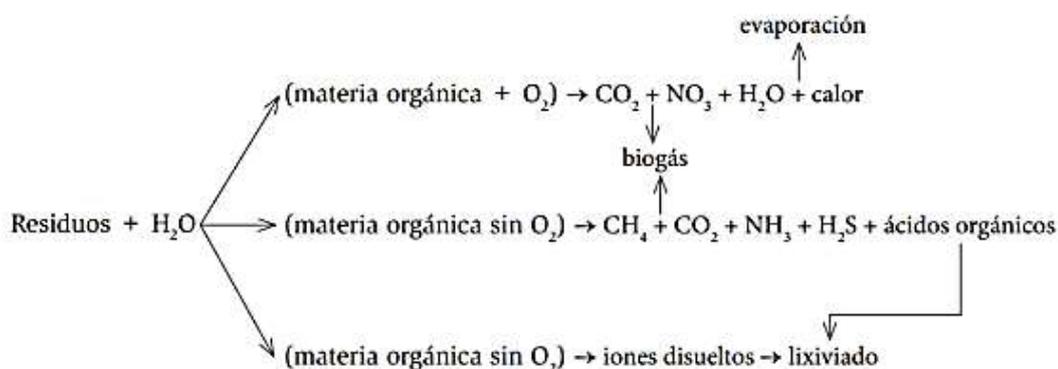
La Alcaldía Mayor de Bogotá (2014) muestra en la **Figura 1 (Ver p. 23)** los procesos químicos potenciales que pueden sufrir los residuos sólidos acompañado de la humedad o los lixiviados que siempre poseen estos materiales residuales.

La calidad de los lixiviados y biogás está asociada a los procesos de descomposición de los residuos, mientras que estos procesos dependen de diferentes factores internos y externos, entre los cuales se encuentran: Las condiciones climáticas y meteorológicas en el sitio, las

propiedades fisicoquímicas de los residuos dispuestos, la tecnología aplicada en la disposición final y la edad del relleno.

**Figura 1**

*Reacciones Químicas Asociadas a la Descomposición de Residuos.*



Alcaldía Mayor de Bogotá (2014)

Las condiciones climáticas y meteorológicas comprenden todos los factores ambientales que influyen en los procesos de transformación, como la precipitación fluvial, temperatura y vientos, principalmente. La precipitación juega un papel determinante en la generación del lixiviado, favoreciendo la solubilización de los componentes tóxicos de los residuos, mientras el efecto de la temperatura y de los vientos prevalece en su influencia sobre las condiciones del balance hídrico. La temperatura externa ejerce su efecto sólo en las capas superiores del relleno, mientras en el perfil interior ésta es afectada por los procesos bioquímicos de la descomposición de los residuos.

Las propiedades fisicoquímicas de los residuos dispuestos varían según el sitio, y también en el tiempo, resultando, por ende, lixiviados y

biogás con características diversas. Por otro lado, el contenido de elementos contaminantes en estos productos depende de la composición química de los residuos, su contenido de humedad, la capacidad de descomposición de los componentes y el calor de reacción de los diversos procesos de transformación, entre otros.

La tecnología aplicada en el sitio de disposición final afecta al desarrollo de los procesos de descomposición, influyendo en las condiciones ambientales prevalecientes, a través de la altura de las celdas, o bien, el perfil total del relleno, la tecnología de compactación y el tipo de cubierta. Existen además algunas prácticas que consisten en recircular el lixiviado a la superficie del relleno, con el objeto de acelerar los procesos de degradación en el cuerpo de los residuos, y con el mayor aprovechamiento de la evaporación, cuya práctica incluso puede ser una opción para el tratamiento de este líquido altamente contaminante.

La Alcaldía Mayor de Bogotá (2014) realizó un análisis sintetizado de los procesos de descomposición aeróbica y anaeróbica de los residuos sólidos orgánicos (**Ver tabla 1, p. 25**) siendo de gran utilidad para el desarrollo de la presente investigación dado que en el proceso de compostaje realizado en el Rímac es de tipo aeróbico, pero por periodos se queda tapado con el plástico térmico, pudiendo así experimentar algunos efectos que se mostraran en la **Tabla 1 (Ver p. 25)**

Así mismo, en los procesos de descomposición de los residuos, su carácter aerobio o anaerobio es determinado por la existencia o falta

de oxígeno. En caso de suficiente oxígeno disponible, los microorganismos presentes en los residuos contribuyen a la descomposición aerobia de la materia orgánica. El proceso es fomentado parcialmente por el aire atrapado en el relleno, mientras las capas superficiales reciben cierta aireación incluso desde la atmósfera. (Kiss y Encarnación, 2006, p.41 – 76)

**Tabla 1**

*Características la Degradación de Residuos Sólidos Orgánicos.*

PROCESOS	DESCOMPOSICIÓN AEROBIA	DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA	LIXIVIACIÓN
Requisitos	Oxígeno disponible, menos humedad	Falta de oxígeno, más humedad	Gran volumen de agua pluvial, cubierta permeable
Temperatura	50-70° C	35-50° C	—
Reacciones	Oxidación, nitrificación	Reducción, desnitrificación	Disolución, hidrólisis
Consecuencias	Mineralización, esponjamiento	Consolidación, solidificación	Aumento de permeabilidad, acumulación de contaminantes
Productos	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, productos de oxidación	Ácidos orgánicos, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, lixiviado	Lixiviado

Alcaldía Mayor de Bogotá (2014)

De forma análoga, se puede extrapolar el proceso que ocurre en un relleno hacia el proceso de compostaje, cuyos parámetros producto de la descomposición son dependientes de las variables intervinientes como la aireación. En este sentido, Kiss y Encarnación (2006) muestra los productos obtenidos por la descomposición de residuos sólidos orgánicos en un relleno sanitario (**Ver tabla 2, p. 26**), observándose

productos indeseables para cualquier población, siendo estos mismos los que se evita con el reciclaje de residuos orgánicos.

**Tabla 2**

*Productos de la Descomposición de Residuos Sólidos Orgánicos.*

COMPONENTE	% EN VOLUMEN
Metano (CH <sub>4</sub> )	45-55
Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	40-50
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	2-3
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	1-2
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	< 1
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	< 1
Monóxido de carbono (CO)	Traza
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	Traza
Hidrocarburos aromáticos y cíclicos	Traza
Compuestos orgánicos volátiles	Traza

Kiss y Encarnación (2006)

De forma general, la reacción química, generada por la degradación o descomposición, a la que es sometida de forma natural por las condiciones ambientales a los residuos sólidos orgánicos produce principalmente Metano y dióxido de carbono.

### **2.2.3 Parámetros Físicoquímicos**

La materia orgánica involucra micro y meso-organismos que habitan el suelo, raíces de las plantas, todo material proveniente de organismos muertos y sus productos de transformación, descomposición y resíntesis sobre y en el suelo (Corbella y Fernández, p. 1) Al descomponerse en rellenos sanitarios, la materia orgánica genera Gases de Efecto Invernadero (GEI), dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>) y metano, emisiones que contribuyen al cambio climático mundial. Además, estas emisiones también afectan la calidad del aire y están asociadas con problemas de salud pública, como el asma (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017, p. 9-15)

Material proveniente de organismos muertos, cuya descomposición, generan gases de efecto invernadero como dióxido de carbono o metano que contribuyen al cambio climático mundial y al deterioro de la calidad del aire y con ello, a la calidad de vida.

La relación carbono nitrógeno (C/N) es la cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material. La relación C/N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1 (FAO, 2013)

Este valor es un indicador, que está relacionado con diversos factores como la temperatura o humedad, que se suele usar para el monitoreo del proceso de compostaje.

#### **2.2.4 Compostaje**

El compostaje es el proceso de descomposición biológica, orgánica, química y compuestos simples, lo que resulta en la conversión del material de productos químicos orgánicos e inorgánicos, con respecto al compostaje caliente, este se logra mediante la manipulación del nivel de oxígeno dentro del compost, por ejemplo, removiéndolo o girándolo, lo cual acelera drásticamente el proceso reduciendo la duración de meses hasta algunas semanas (Merfield,

2012, p. 6). Vale decir también que el compostaje es la descomposición de materiales orgánicos (por ejemplo, desechos de jardín, residuos alimentarios y papel) por microorganismos aeróbicos, que producen humus, producto secundario aprovechable con un aspecto similar al de la tierra. En función de su cantidad y calidad, existen vastos mercados y usos finales para la composta (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017, p. 10)

Proceso de descomposición de materia orgánica controlado en el que ingresa generalmente residuos sólidos orgánicos con alto porcentaje de agua en su composición y material residual orgánico seco. Asimismo, los insumos que participen del proceso influirán en la composición química del abono elaborado y a la vez, esto estará relacionado al fin con el que se use el compost.

Con relación al proceso químico – biológico, los microbios usan la energía y los nutrientes almacenados en químicos orgánicos más complejos para respirar, por lo tanto, convertir los hidrocarburos en dióxido de carbono y agua por oxidación (de ahí la necesidad de oxígeno en el compostaje) Esto significa que cantidades significativas de carbono (elemental), el oxígeno y el hidrógeno en el material de partida sólidos se convierten en formas gaseosas, que luego se pierden a la atmósfera. Además, parte del nitrógeno del material de partida también se pierde en la atmósfera, ya sea como amoníaco o di nitrógeno. Las cantidades de C, O, H y N que se pierden son muy variables, y depende de muchos factores, de los cuales la clave es la relación C/N del material de partida y la combinación de temperatura y el tiempo, es decir, un compost frío después de unos meses apenas se puede cambiar del material de

partida, mientras que un abono caliente podría haber perdido la mitad de su carbono y nitrógeno después de unas pocas semanas. La cantidad de N perdido típicamente varía del 25% al 75% aunque en casos extremos el 90% del original el N se puede perder durante el compostaje (Merfield, 2013)

Además, se libera una proporción significativa de la energía almacenada en los productos bioquímicos del material de partida. Como calor, razón por la cual el abono caliente se calienta. Esto también significa que el agua en el material de partida y el creado por la respiración, también se pierde de la pila de compostaje debido a la evaporación. El resultado neto de todo esto es la reducción del peso (tanto en húmedo como en seco) y el volumen del material de partida en comparación con el compost terminado, es decir, esta reducción se debe completamente a la “pérdida” de C, O, H, N y agua a la atmósfera. Un problema clave con el compostaje, especialmente el compostaje en caliente es garantizar que la proporción de carbono a nitrógeno esté en el “punto óptimo” de aproximadamente 25 – 30: 1 (C: N). Si hay demasiado nitrógeno en el material, por ejemplo, hay demasiada hoja verde (que también contiene mucha agua) el compostaje a menudo falla y el resultado es putrefacción anaeróbica. Esto se debe a que los microbios necesitan carbono para “equilibrar” la descomposición de compuestos de nitrógeno y si no es suficiente, los microbios utilizan vías bioquímicas alternativas para lidiar con los compuestos nitrogenados, a menudo el resultado de los cuales son compuestos indeseables, por ejemplo, metano. Si hay demasiado carbono en el material, como material leñoso o pajizo, entonces los microbios no pueden utilizar el

carbono, por lo que el material tarda mucho en descomponerse, porque el N limitado es reciclado contantemente dentro del compost (Boechat et al., 2015)

Son las altas temperaturas producidas durante el compostaje en caliente las que matan a los microbios dañinos para los humanos, patógenos dañinos para los animales y vegetales y mata o desactiva otros materiales indeseables como semilla de malezas y plaguicidas agrícolas. El calor generalmente es un medio muy confiable y eficaz para eliminar seres vivos siempre que se logre la combinación correcta temperatura y tiempo. Sin embargo, algunos patógenos y los pesticidas pueden sobrevivir al proceso de compostaje en caliente, por ejemplo, esclerotinina y clopiralida, por lo que no es un infalible proceso (Suthamathy y Serán, 2013).

#### **2.2.5 Método Takakura**

El método Takakura, es un procedimiento que contribuye a la obtención de compost, para ello requiere como precondition el uso de microorganismos que descomponen los residuos orgánicos y lo hacen en un corto tiempo (por ejemplo, los residuos de comida pueden ser descompuestos en 48 horas). Esta alternativa reduce la cantidad de desechos orgánicos que se producen en los hogares de la ciudad y podría aprovechar los subproductos orgánicos que se genera en las labores agrícolas en el campo. (Hernández, Torres, & Ramirez, 2015, p. 37)

Este método se caracteriza por su rapidez y por su sencillez para realizarla, porque se trabaja con materiales propios de la zona, generando menores costos de producción (Iliquín, 2014, p. 39)

En el método de Compostaje Takakura, según el Instituto de Investigación de la Estrategia Ambiental Global (IGES) las sustancias orgánicas son sometidas al compostaje con los medios de cultivo de microorganismos que se adaptan al suelo, están comúnmente disponibles en el ambiente natural y sirven para eliminar los microorganismos indeseables. Sobre todo, los microorganismos fermentativos juegan un papel central en el compostaje (Iliquín Fernández, 2014). Cualquiera puede realizar fácilmente el compostaje descubriéndolos y cultivándolos (IGES, 2009, p. 1)

Este método, utiliza todo tipo de desechos, incluso aceite residual de cocina, porque provoca una rápida descomposición de los residuos sólidos y líquidos lo que a su vez evita se conviertan en contaminantes. La obtención de compost o materia orgánica con nutrientes aprovechables podrá ser utilizada en los jardines e inclusive se podrá comercializar para mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas en el mediano plazo, que de acuerdo con lo que afirma (Iñiguez, M. 2006) este proceso requiere de dos a tres años (Hernández, Torres, & Ramírez, 2015, p. 37)

El Instituto de Investigaciones Medioambientales J-PEC Wakamatsu (JPEC Co) aplicó el método Takakura en el centro de compostaje de la Municipalidad provincial de Chachapoyas, lugar donde se colocaron las camas, se recibieron los residuos orgánicos de los hogares que forman parte del programa de segregación en dicha provincia y residuos provenientes de centro de beneficio municipal (camal municipal). Se elaboraron nueve camas de madera, tres por cada método colocadas en filas y en bloques de tres. Su distribución fue de 1,3 m x 1,8 m con una pendiente de 1,5% a 5% para facilitar

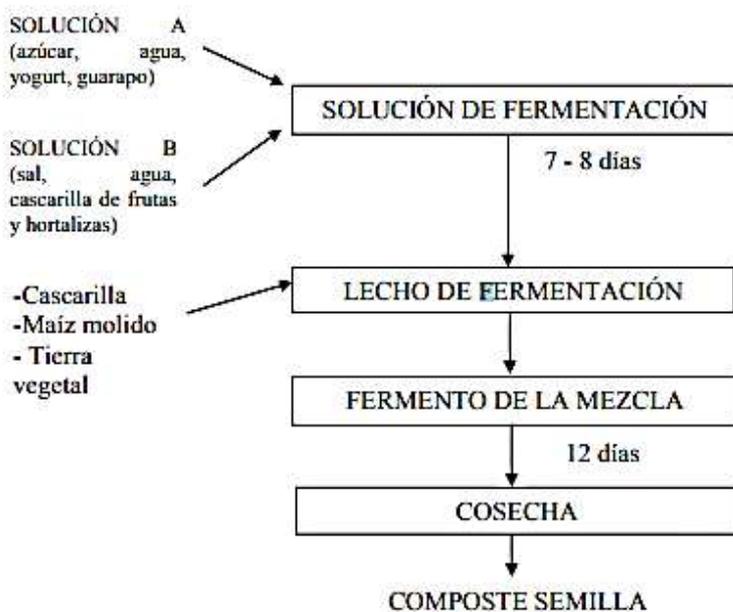
el drenaje pluvial y lixiviados, así mismo como regulador de la humedad del alrededor. Los vehículos recolectaron los residuos y luego depositaron los desechos para su remoción y acondicionamiento. El llenado de las camas se realizó en tres días y al final de cada llenado se realizaba un picado general de residuos. Transcurridos los tres días se realizó la homogenización de la pila con el apoyo de palanas y lampas. Para el método Takakura solo se llenaron la mitad de cada cama, para que el momento de la activación del método se pueda agregar la otra mitad con el compost de la semilla. Al final del llenado las camas se llenaron con aserrín para evitar malos olores hasta el momento de la aplicación de los métodos, para el proceso de activación del método Takakura, se tomó en cuenta el manual elaborado por JPEC Co (2005) del programa de reducción de residuos mediante la promoción del compostaje de residuos orgánicos por la Asociación Internacional Tecno-cooperativa de Kitakyushu (KITA) (IGES, 2009) Para su aplicación, se agregó el componente semilla a las camas con residuos en una relación de 1:1 para luego mezclar con la ayuda de una palana hasta dejar una pila más homogénea, así mismo se agregó agua para controlar la humedad (60%), tal como se muestra en la **Figura 2 (Ver p. 33)**

Asimismo, Castañeda & Palomino (2018) siguieron un proceso parecido al realizado por JPEC Co, ellos colocaron agua mezclada con 50 g de azúcar, 5 cucharadas de yogurt (cuchara de 15 ml), queso 100 g, 250 ml de cerveza y una cucharada de levadura, en un bidón de 7 L. En otro bidón se mezcla agua con sal (0,5 Kg), materia orgánica (3 Kg) y hortalizas (2 Kg) y se deja madura por cinco días. Se elabora la cama para los microorganismos, se prepara el

lecho para fermentar y se utilizó lo siguiente: 40% de cáscaras de arroz, 30% de humus y 30% de avena esto se mezcla con los procedimientos anteriores y se dejará fermentar por siete días, para ello se usó materia orgánica como cáscaras de frutas, las cuales se picaron en pequeños pedazos para luego colocar en la cama que servirá de alimento para los microorganismos. Se repitió seis veces y se esperó 12 días. Transcurrido los 24 días se cosecho y utilizo el abono, para ello se observó un color medio marrón y olor de descomposición de materia orgánica suave, luego una muestra de 15 g fue enviado a laboratorio para su respectivo análisis.

**Figura 2**

*Flujograma Para la Obtención de Compost Semilla.*



JPEC Co (2005)

### 2.2.6 Método Bokashi

El Bokashi es un abono orgánico de origen japonés que se produce en un tiempo más corto que el compost. Tradicionalmente, el Bokashi se prepara

con cascarilla de arroz, gallinaza, tierra de bosque, levaduras, carbón, carbonato de calcio (Cal), semolina de trigo y melaza de caña. La cascarilla de arroz es una fuente de carbono (C) de degradación lenta mientras que la gallinaza es la principal fuente de N. La semolina y la melaza son fuentes de carbono de degradación rápida y ayudan a iniciar el proceso de degradación; pero esta receta se puede modificar para usar materiales que hay en la finca, como por ejemplo restos de hortalizas y concentrado para animales. Es decir, los abonos se deben adaptar a las condiciones y posibilidades del agricultor (Leblanc, Cerrato, Miranda y Valle, 2007, p. 99)

Los insumos para la elaboración del compost, mediante el método Bokashi, son las cáscaras de arroz, gallinaza, tierra de bosque, levaduras, carbón, cal, semolina de trigo y melaza de caña, siendo estos dos últimos, fuentes de carbono y aceleradores del proceso de compostaje. Asimismo, de no encontrarse estos insumos, se puede utilizar residuos sólidos orgánicos disponibles.

La Planta de valorización de residuos sólidos orgánicos y producción de abono "Santa Rosa" de la Municipalidad Distrital del Rímac viene elaborando, a través de la tecnología "Bokashi", compost con un tiempo de producción entre 30 y 45 días (Maqqe, 2018, p. 13)

Por otro lado, La preparación del abono compostado tipo Bokashi comprende un proceso de integración de elementos benéficos para el suelo, producto de una fermentación aeróbica de residuos vegetales y animales. Tradicionalmente el Bokashi se prepara con cascarilla de arroz, gallinaza, materia orgánica, levaduras, carbón, carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), semolina de

trigo y melazas de caña, estos materiales pueden ser sustituidos por residuos que aporten una cantidad similar de los mismos nutrientes al proceso (Valderrama, 2013, p. 27). Sin embargo, en la planta Santa Rosa se ha sustituido la gallinaza por el estiércol de caballo debido a que se tiene a disposición cantidades significativas de residuos orgánicos procedentes de la excreta de los caballos dado que en la jurisdicción del Rímac se ubica el Club de Caballería el Potao. En este sentido, la **Tabla 3** muestra que el estiércol de caballo y la gallinaza, en términos generales, son equivalentes con relación a los componentes y características de estos materiales.

**Tabla 3**

*Componentes y Características del Estiércol de Caballo y Gallinaza.*

Procedencia del material	pH	MO (%)	N (%)	C (%)	Caliza (%)	Nitrato (mg/Kg)	Amonio (mg/Kg)
Caballo	8,5	0,92	0,08	35,2	6,5	4,9	0,38
Pollo	8,6	0,91	0,07	36,1	6,6	4,9	0,16

Urrea, Lanzén, Mijangos & Garbisu, 2019

### 2.3 Conceptual

Los residuos sólidos son mezclas de componentes que pueden estar en los diferentes estados de la materia y que son generados por distintas actividades de elaboración y consumo. Estos materiales son desechados debido a que ya no son útiles para la actividad principal que se está desarrollando. Estos desechos pueden ser inorgánicos (cauchos, plásticos, papel, etc.) y orgánicos (residuos vegetales y animales) (Elías, 2012, p. 67).

Además, son los materiales utilizados que generalmente se desechan, pero poseen en muchos casos los potenciales para ser reaprovechados.

Los métodos Takakura y Bokashi son técnicas muy practicadas y bastantes eficientes para acelerar el proceso de descomposición de residuos orgánicos y mineralizar los componentes que componen a estos residuos.

El método Takakura, es un procedimiento que contribuye a la obtención de compost, para ello requiere como precondition el uso de microorganismos que descomponen los residuos orgánicos y lo hacen en un corto tiempo (por ejemplo, los residuos de comida pueden ser descompuestos en 48 horas). Esta alternativa reduce la cantidad de desechos orgánicos que se producen en los hogares de la ciudad y podría aprovechar los subproductos orgánicos que se genera en las labores agrícolas en el campo (Hernández Ocampo, Torres Gutierrez, & Ramirez Armijo, 2015)

Este método, utiliza todo tipo de desechos, incluso aceite residual de cocina, porque provoca una rápida descomposición de los residuos sólidos y líquidos lo que a su vez evita se conviertan en contaminantes. La obtención de compost o materia orgánica con nutrientes aprovechables podrá ser utilizada en los jardines e inclusive se podrá comercializar para mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas en el mediano plazo, que de acuerdo con lo que afirma (Iñiguez, M. 2006)

El método Bokashi, es el método que utiliza el material de origen animal o vegetal para mejorar las características de suelo, considerado como una receta japonesa basados principalmente en la remoción frecuente del mismo a una

temperatura por debajo de 45°C – 55°C hasta reducir la humedad del material (Castillo, 2013)

#### 2.4 Definición de términos básicos

- a) **Evaluar.**- Atribuir o asignar valores a ciertos indicadores, considerándose para ello diversos criterios y características de ciertos elementos.
- b) **Cuantificar.**- Expresar de forma numérica a una magnitud o aspectos cualitativos que componen un fenómeno.
- c) **Efectividad.**- Es la integración de la eficacia y la eficiencia, es decir, la efectividad es el logro de un objetivo en el menor tiempo posible.
- d) **Inoculación.**- Es la introducción de una sustancia compuesta de microorganismos hacia un sistema.
- e) **Bio Aceleradores.**- Son sustancias compuestas por microorganismos benéficos que catalizan la degradación de materia orgánica y por ende, potencializan la obtención de macro y micronutrientes del compost elaborado.
- f) **Concentración de Nutrientes.**- Es la cantidad de micro y macronutrientes contenidas en una cantidad de material como el compost.
- g) **Segregación.**- Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.
- h) **Tratamiento.**- Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valorización o disposición final.

- i) **Reciclaje.**-Proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.
- j) **Reúso.**- Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.
- k) **Recolección Selectiva.**- Acción de clasificar, segregar y presentar en forma segregada los residuos para su posterior utilización.
- l) **Residuo Sólido no Aprovechable.**- Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.
- m) **Residuos no Municipales.**- Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación.
- n) **Residuos Municipales.**- Los residuos del ámbito de la gestión o residuos municipales están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.
- o) **Minimización de Residuos Sólidos.**- Reducción estratégica de los residuos sólidos en la disposición final de los mismos, lográndose ello con

diversas líneas de acción que busquen la segregación en la fuente y la valorización de los residuos.

- p) Compost.-** Material compuesto de residuos orgánicos (desechos domésticos, hierbas, deyecciones animales, etc.), tierra y diversos nutrientes cuya presencia dependerá del método utilizado.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis General**

La sustitución del método Bokashi por el método Takakura provocará que se elabore compost de forma más efectiva.

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

- 1) La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Takakura en el proceso de compostaje.
- 2) La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Bokashi en el proceso de compostaje.

#### **3.2 Definición conceptual de variables.**

Las variables son las siguientes:

$$Y = f(X1, X2)$$

Variable Dependiente:

$$Y = \text{Efectividad del proceso de compostaje.}$$

VARIABLES INDEPENDIENTES:

X1 = Aplicación de inóculos bio aceleradores según el método Takakura.

X2 = Aplicación de inóculos bio aceleradores según el método Bokashi.

Variable Interviniente:

Cantidad de vueltas de la cama de compostaje (Aireación).

##### **3.2.1 Operacionalización de variables (Ver Tabla 4, p. 41)**

**Tabla 4**

*Matriz de Operacionalización de Variables.*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Métodos</b>
X= Aplicación de inóculos bio aceleradores según los métodos Takakura y Bokashi.	Cantidad de inóculos bio aceleradores según los métodos Takakura.	Cantidad de yogurt (l) Cantidad de levadura (kg) Cantidad de cáscara de arroz (kg) Cantidad de afrecho de trigo (kg)	Método observacional experimental deductivo
	Cantidad de inóculos bio aceleradores según los métodos Bokashi.	Cantidad de uvas (kg) Cantidad de cal (kg) Cantidad de melaza (kg) Cantidad de levadura (kg)	Método analítico
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Métodos</b>
Y= Efectividad del proceso de compostaje.	Composición y características fisicoquímica del compost.	pH. Porcentaje de materia orgánica. Porcentaje de nitrógeno.	Método observacional experimental deductivo
	Tiempo de duración del proceso de compostaje.	Porcentaje de óxido fosfórico. Porcentaje de óxido de potasio. Porcentaje de óxido de calcio. Porcentaje de óxido de magnesio. Porcentaje de humedad. Porcentaje de sodio. Relación C/N. Tiempo del proceso.	Método analítico
<b>Variable Interveniente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Métodos</b>
Z= Cantidad de vueltas de la cama de compostaje.	Aireación y enfriamiento de las pilas. Cubrimiento para el calentamiento.	Cantidad de vueltas de la pila a la semana. Cantidad de capas de plástico de doble cara participantes del tapado de la pila.	Método observacional.

## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo y diseño de investigación**

#### **4.1.1 Tipo de Investigación**

La presente investigación pertenece a la línea prioritaria, en el área de Ingeniería y Tecnología en la Sub Área Biotecnología Medioambiental en la disciplina Biotecnología Medioambiental y líneas de investigación de la unidad de investigación de la FIQ, Biotecnología Medioambiental. Es de tipo experimental, transversal y prospectiva, se basa en la aplicación y experimentación.

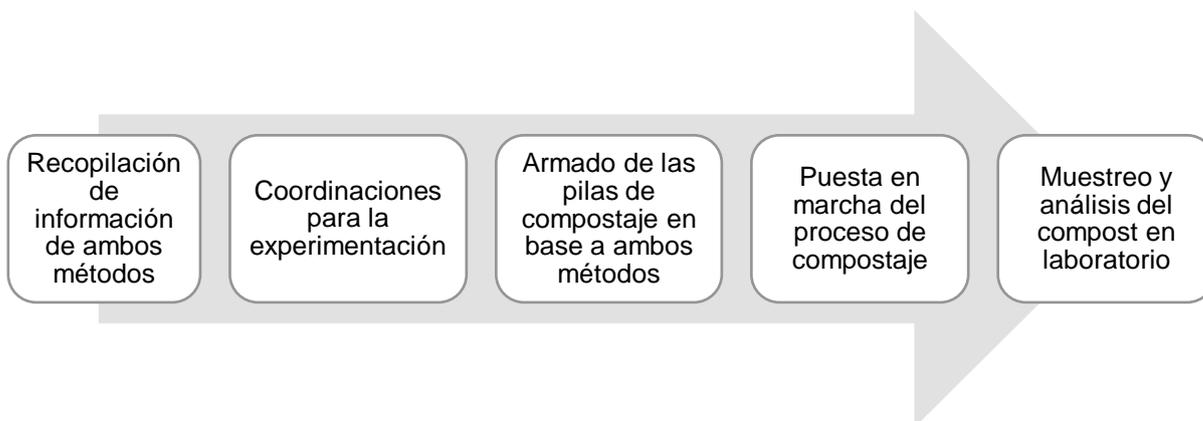
#### **4.1.2 Diseño de Investigación**

Para el diseño de la investigación se analizó la efectividad que trae consigo la aplicación de los métodos Takakura Y Bokashi. Específicamente, se evaluó la cantidad de días que demora el proceso de compostaje con ambos métodos, tomando una muestra por cada una de las tres pilas, que se elaboró por cada método, cada 15 días desde la puesta en marcha. Asimismo, las tres pilas de cada método estarán relacionadas una a una, es decir, el número de volteos a la semana y el número de capas de plástico colocados para su calentamiento serán análogos. A continuación, se muestran las etapas que componen a la presente investigación y su representación gráfica en la **Figura 3 (Ver p. 42)**

**a) Etapa 1:** Recopilación de información acerca del área de estudio, del método empleado en la planta de compostaje Santa Rosa, de un método posiblemente más eficiente como lo es el método Takakura, insumos para ambos métodos, entre otras.

**Figura 3**

*Etapas de la Investigación.*



- b) Etapa 2:** Concientización acerca de la segregación a los establecimientos no domiciliarios aportantes de los residuos sólidos municipales. (Los mercados de flores serán elegidos porque los residuos recolectados en estos mercados serán homogéneos, permitiendo así que las pilas armadas tengan igualdad de contenido y con ello, la comparación entre los métodos será más viable)
- c) Etapa 3:** Esta fase se enfoca en la preparación de las pilas de compostaje en la que se preparó los insumos, así como se elaboraron los inóculos y la pila semilla, se cortaron los residuos orgánicos del Mercado Santa Rosa y se armaron de las pilas de compostaje.
- d) Etapa 4:** Inicio del volteo continuo durante 20 días.
- e) Etapa 5:** Se tomaron dos muestras de cada pila, la primera muestra a los 15 días de la puesta en marcha y la segunda a los 30 días de la puesta en marcha, para analizarlas en el laboratorio.

## **4.2 Método de investigación**

El método de la presente investigación es de carácter observacional, experimental, deductivo y cuantitativo, dado que se planteó el problema de investigación definiendo su objetivo y su pregunta (lo que quiere hacer y lo que quiere saber), revisando estudios previos y seleccionando teoría que explicó satisfactoriamente los fenómenos estudiados en la presente investigación, experimentando y comparando dichos resultados con los estudios revisados arribando a conclusiones deducidas de dichas comparaciones. Es decir, se dio un tratamiento a los residuos sólidos de origen orgánico, aplicando los métodos “Takakura” y “Bokashi”, proceso que consiste en acelerar el proceso de degradación y de manera más efectiva a los restos orgánicos, por medio de sus bacterias.

## **4.3 Población y muestra**

### **4.3.1 Población**

Son las seis camas de compostaje armadas, divididos tres camas para el método Takakura y tres camas para el método Bokashi.

### **4.3.2 Muestra**

Son dos alícuotas por cada cama para cada método, las muestras han sido tomadas cada quince días, estas muestras fueron analizadas en el laboratorio para determinar sus parámetros químicos y calcular la cantidad de días óptimos para el proceso de compostaje según cada método cuando termine la degradación, de la totalidad de residuos orgánicos.

#### **4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado**

Planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos Santa Rosa la cual se encuentra ubicada en el distrito del Rímac. La presente investigación se inició en noviembre de 2020 y concluyó en mayo de 2021

#### **4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

Para el proceso de activación del método Takakura se siguió los pasos del manual elaborado por el programa de reducción de residuos mediante la producción del compostaje de residuos orgánicos (IGES, 2009). También, se realizó en total seis pruebas experimentales, elaborando tres camas de compostaje, con dosis diferentes de bio aceleradores, según el método Takakura y tres camas de compostaje, con dosis diferentes de bio aceleradores, según el método Bokashi.

Para ambos métodos se consideraron las mismas proporciones de residuos a tratar, siendo estos conformados por el material húmedo de los residuos de especies vegetativas del Mercado de Flores Santa Rosa y por material seco como el estiércol de equino procedente del Club de Caballería del Potao. Además, Para ambos métodos se consideró como material seco a la cascarilla de arroz, dado que, se realizaron las comparaciones de la forma más análoga posible, a pesar de no utilizarse este material en el proceso normal de la planta de compostaje Santa Rosa.

Las tres camas de ambos métodos se armaron con residuos sólidos orgánicos según las cantidades mostradas en la **Tabla 5 (Ver p. 46)**

**Tabla 5**

*Cantidad de Residuos Orgánicos por cada Cama.*

Descripción del insumo	Cantidad	Unidad
Residuos de plantas y flores	227,52	Kg
estiércol de equino	121,80	Kg
Cascarilla de arroz	40,00	Kg
Total	389,32	Kg

Primero, se elaboraron las mezclas saladas (Cáscaras de verduras – frutas y sal diluidas en 10 L de agua, obteniendo tres mezclas con tres diferentes concentraciones) y dulces (Queso fresco, yogurt, levadura y azúcar diluidas en 10 L de agua, obteniendo también tres mezclas con tres diferentes concentraciones)

En la **Tabla 6 (Ver p. 47)** se muestran las proporciones de insumos para la elaboración de las mezclas bio aceleradoras a concentración normal o control en base al método Takakura. Además, en la **Tabla 7 (Ver p. 47)** se muestra la variación de la cantidad de insumos para elaborar los bio aceleradores en concentración mitad y doble.

Ambas mezclas reposaron durante cinco días para que los microorganismos presentes en las cáscaras de uvas, manzanas y papayas, al igual que las presentes en el yogurt o levadura, se proliferen. Así mismo, sirvió este tiempo para que lo mezclado, previamente trozado en dimensiones menores a 1 cm<sup>3</sup> se descomponga.

Una vez pasen los cinco días, las mezclas enriquecidas de microorganismos a diferentes concentraciones serán combinadas con 40 Kg de cascarilla de arroz y con su dosis respectiva de harina. Esta nueva

combinación (Cama semilla) reposó tapada con plástico doble cara térmico durante cinco días, en este periodo se les dio una vuelta a estas tres camas dado que la temperatura alcanzó grados considerables (45°C) que podía poner en riesgo la supervivencia de los microorganismos.

**Tabla 6**

*Insumos Control para Bio Aceleradores Según el Método Takakura.*

Descripción del insumo	Cantidad (X <sub>1</sub> )	Unidad
Cáscaras de verduras y frutas	4,67	Kg
Sal	0,33	Kg
Queso fresco	2,00	Kg
Yogurt	0,90	Kg
Levadura	0,17	Kg
Azúcar	0,67	Kg
Harina	4,27	Kg
Total	13,00	Kg

Fondo para la Protección del Agua (2013) y JICA (2019)

**Tabla 7**

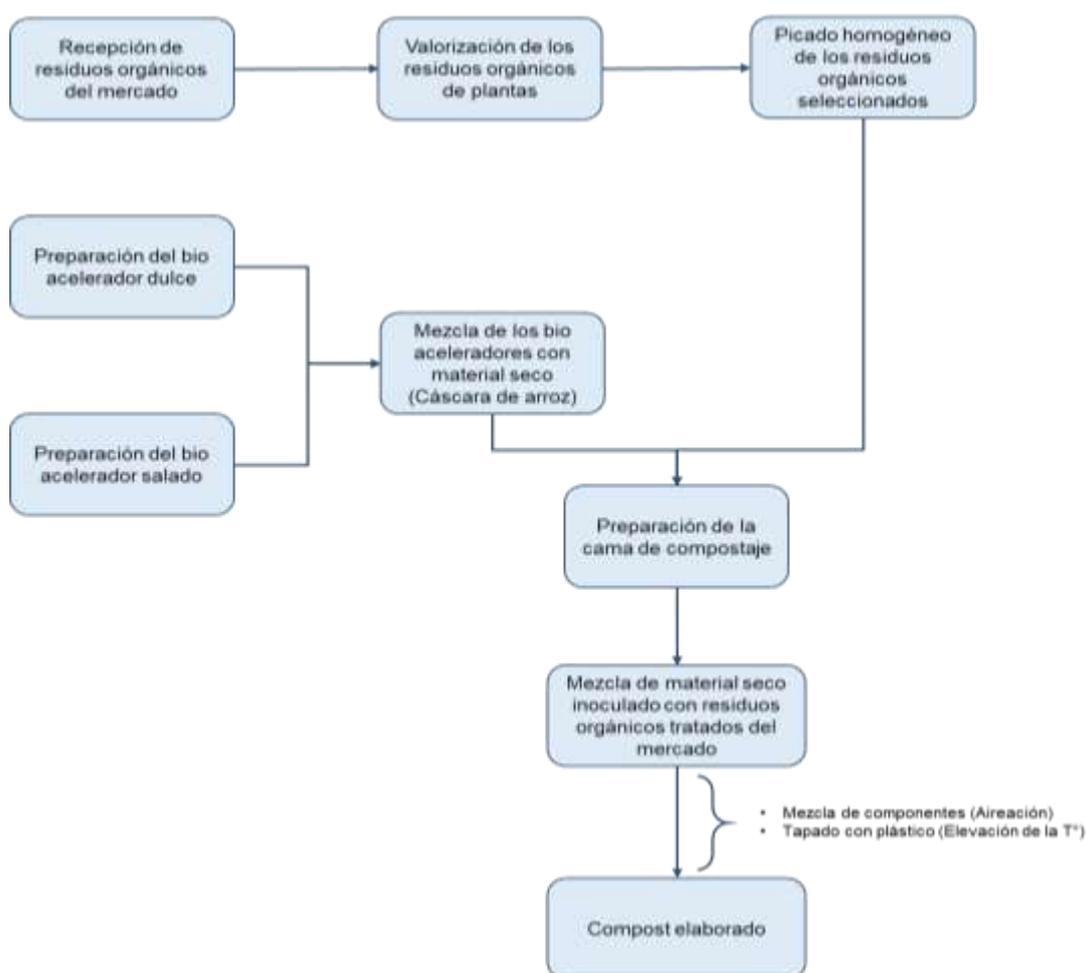
*Concentraciones de los Bio Aceleradores del Método Takakura.*

Descripción del insumo	Cantidad (2X <sub>1</sub> )	Unidad	Cantidad (0.5X <sub>1</sub> )	Unidad
Cáscaras de verduras y frutas	9,33	Kg	2,33	Kg
Sal	0,67	Kg	0,17	Kg
Queso fresco	4,00	Kg	1,00	Kg
Yogurt	1,80	Kg	0,45	Kg
Levadura	0,33	Kg	0,08	Kg
Azúcar	1,33	Kg	0,33	Kg
Harina	8,53	Kg	2,13	Kg
Total	26,00	Kg	6,50	Kg

Al pasar los cinco días de reposo, se colocó la capa de residuos de plantas triturados encima de la cama semilla y posteriormente, se colocó una capa de estiércol. Finalmente, se puso en marcha el proceso de compostaje para las tres camas con el método Takakura aplicado. El proceso de compostaje según el método Takakura se muestra en la **Figura 4**

**Figura 4**

*Proceso de Compostaje Según el Método Takakura.*



Por otro lado, para la aplicación del método Bokashi se colocó primero la capa de estiércol, luego la añadió la capa de residuos verdes (residuos de

plantas o flores) triturados y por último, se añadió la capa de cascarilla de arroz. Generalmente en la Planta Santa Rosa se emplea solo residuos verdes y estiércol, pero para efectos de la presente investigación, se buscó comparar el compostaje con la aplicación de diferentes métodos, pero con la misma proporción de residuos a descomponer.

En este sentido, también se colocó una capa de 40 Kg de cascarilla de arroz y encima de este material seco se inoculó la mezcla de bioaceleradores compuestos por cal agrícola, melaza y levadura diluidos en 20 L de agua. En la **Tabla 8**, se muestran las proporciones de insumos para la elaboración de los bioaceleradores en base al método Bokashi. Además, en la **Tabla 9** se muestra la variación de la cantidad de insumos para elaborar los bio aceleradores en concentración mitad y doble.

**Tabla 8**

*Insumos Control para Bio Aceleradores Según el Método Bokashi.*

Insumos	Cantidad (X <sub>2</sub> )	Cantidad
Cal agrícola	1,89	Kg
Levadura	0,41	Kg
Melaza	1,48	Kg
Total	3,77	Kg

Municipalidad Distrital del Rímac (2020)

**Tabla 9**

*Concentraciones de los Bio Aceleradores del Método Bokashi.*

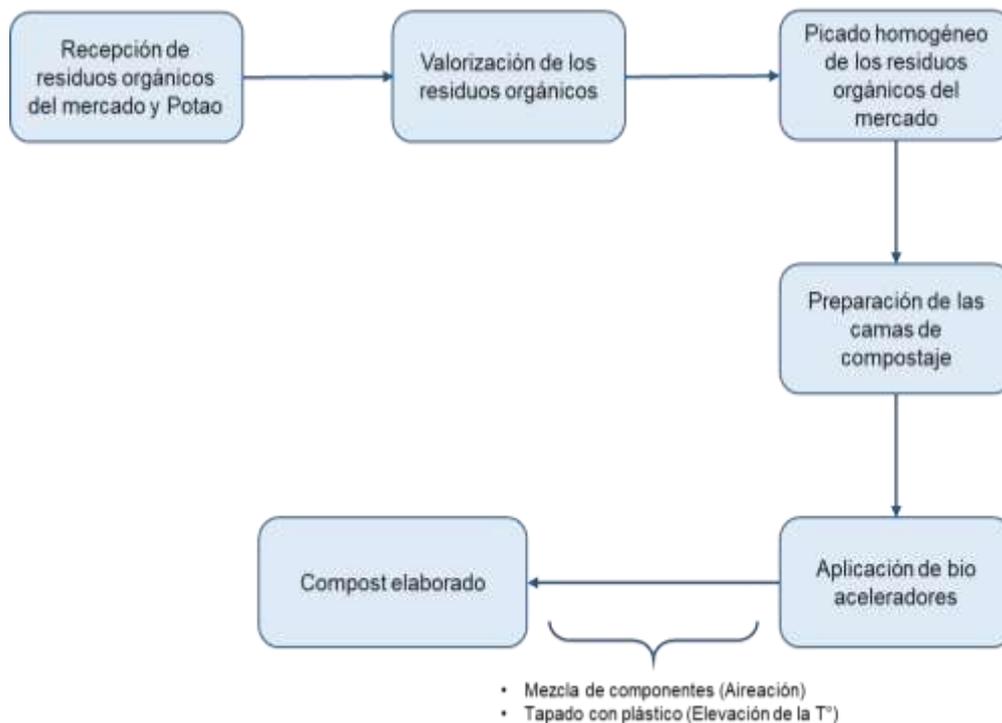
Descripción del insumo	Cantidad (2X <sub>2</sub> )	Unidad	Cantidad (0,5X <sub>2</sub> )	Unidad
Cal agrícola	3,77	Kg	0,94	kg
Levadura	0,82	Kg	0,20	kg
Melaza	2,95	Kg	0,74	kg
Total	7,54	Kg	1,89	kg

Luego de haberse preparado las tres mezclas bioaceleradores, estas se inocularon a cada cama del método Bokashi. Para este método se consideró invertir el orden de las capas de residuos y colocar la cascarilla de arroz en la parte superior debido a que este material es el más seco por lo que fue la capa idónea para que hiciese contacto con la mezcla bio aceleradora.

Luego de haberse inoculado los bio aceleradores, se esperó en un periodo de 20 minutos a que esta mezcla infiltre en las tres capas de residuos y luego, se puso en marcha los volteos diarios. El proceso de compostaje según el método Bokashi se muestra en la **Figura 5**

**Figura 5**

*Proceso de Compostaje Según el Método Bokashi.*



En la **Figura 6 (Ver p. 51)** se observa el orden de las capas con sus respectivas concentraciones. La capa de color marrón es el estiércol de

caballo, la capa verde es el material residual triturado procedente del mercado de flores y la capa mostaza es la cascarilla de arroz. En cada carretilla de estiércol de caballo se colocó 14 lampas de este material, en cada carretilla de material residual del mercado de flores se colocó 12 lampas de dicho material y cada saco de cascarilla de arroz contenía 20 K de esta cascarilla.

**Figura 6**

*Estructura del Armado de las Seis Camas de Compostaje.*

Método Takakura				Método Bokashi			
[ C ]	Camas	Peso	Unid.	[ C ]	Camas	Peso	Unid.
X <sub>1</sub>	5 Carretillas	121.8	kg	X <sub>1</sub>	Dos sacos	40	kg
	8 Carretillas	227.52	kg		8 Carretillas	227.52	kg
	Dos sacos	40	kg		5 Carretillas	121.8	kg
2 X <sub>1</sub>	5 Carretillas	121.8	kg	2 X <sub>2</sub>	Dos sacos	40	kg
	8 Carretillas	227.52	kg		8 Carretillas	227.52	kg
	Dos sacos	40	kg		5 Carretillas	121.8	kg
0.5 X <sub>1</sub>	5 Carretillas	121.8	kg	0.5 X <sub>2</sub>	Dos sacos	40	kg
	8 Carretillas	227.52	kg		8 Carretillas	227.52	kg
	Dos sacos	40	kg		5 Carretillas	121.8	kg

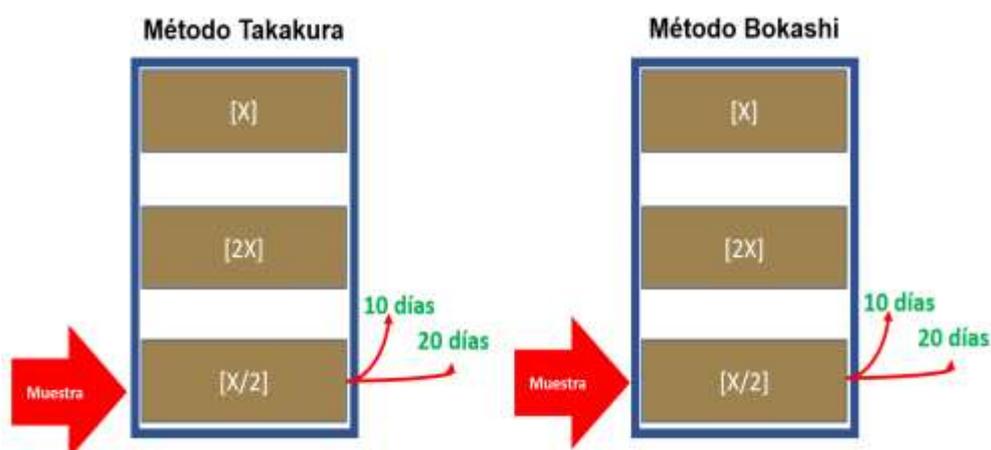
La puesta en marcha de las camas armadas y enriquecidas con ambos métodos fue el viernes 16 de abril de 2021. Desde este primer día se empezó con los volteos diarios para airear a las camas y luego se cubrieron con plástico doble cara térmico. Además, estimando al tacto la humedad del compost, se

agregó en los días 4, 7 y 9 un litro y medio de agua para garantizar la supervivencia de los microorganismos. En el día 10, luego de un análisis organoléptico realizado en los 10 días transcurridos, se seleccionó las camas (Una cama con el método Takakura y la otra con el método Bokashi) con menor concentración dado que estas dos camas presentaron mayores grados de descomposición en comparación a las otras dosis de cada método.

Por ende, se tomó una muestra de 1,5 Kg de las dos camas seleccionadas y se sometió a las pruebas fisicoquímicas de laboratorio. Así mismo, en el día 20 (jueves 06 de mayo de 2021) se muestreó de nuevo, tal como se muestra en la **Figura 7**, las dos camas seleccionadas y se volvió a someter al mismo análisis de laboratorio.

### Figura 7

*Muestreos Realizados a las Camas con Mayor Descomposición.*



El análisis físico químico fue ejecutado por especialistas de un laboratorio acreditado. Con los datos obtenidos, se realizó la comparación de los parámetros pertenecientes al compost elaborado según cada método.

#### **4.6 Análisis y procesamiento de datos.**

Para realizar la etapa experimental de la investigación, se realizó la revisión bibliográfica de múltiples investigaciones con el fin de estructurar de forma adecuada el procedimiento para la elaboración de compost según ambos métodos y establecer las técnicas en las que se presentará la información para la comparación de parámetros fisicoquímicos de las muestras en distintos tiempos.

Las actividades realizadas para el procesamiento de datos fueron el análisis del proceso de compostaje según los métodos Takakura y Bokashi, diseño experimental y factorial 3 x 2 para la determinación del número de corridas experimentales, experimentación y comparación de los datos obtenidos.

##### **4.6.1 Análisis del proceso de compostaje**

Mediante la revisión bibliográfica de los métodos de compostaje se identificaron los insumos que componen el compostaje, sin embargo, estos insumos se encontraban con cantidades a diferentes escalas. Por lo que se estimaron las cantidades para las seis camas armadas de forma proporcional a las encontradas en las referencias.

##### **4.6.2 Diseño Experimental**

Para el procesamiento de datos de la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento:

El proceso y los análisis fueron realizados por triplicado, considerando a una cama como el experimento de control y a los dos restantes con concentraciones de mitad y el doble de bio aceleradores respecto a los de la

cama control, obteniendo los resultados mediante análisis de laboratorio de las 4 muestras seleccionadas (Dos muestras de cada método). Los resultados de cada concentración fueron comparados entre sí y con respecto al otro método. Las variables con sus niveles se muestran en la **Tabla 10** y **Tabla 11** para los métodos Takakura y Bokashi, respectivamente.

**Tabla 10**

*Variables para el Diseño Experimental del Método Takakura.*

Variables	Niveles		
	-	0	+
Aplicación de inóculos bio aceleradores según el método Takakura	0,5X <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	2X <sub>1</sub>
Tiempo	10 días		20 días

**Tabla 11**

*Variables para el Diseño Experimental del Método Bokashi.*

Variables	Niveles		
	-	0	+
Aplicación de inóculos bio aceleradores según el método Bokashi	0,5X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	2X <sub>2</sub>
Tiempo	10 días		20 días

Se evaluó la efectividad considerando al tiempo y concentración de nutrientes como indicadores. Es decir, el método será más efectivo si en menos tiempo se logra descomponer a los residuos sólidos de mayor o igual forma en comparación al otro método. Es decir, la concentración de nutrientes y el

tiempo indicará el grado de eficiencia que tuvo el proceso de compostaje con el método aplicado.

La evaluación de la concentración de bio aceleradores a aplicarse en el proceso de compostaje se estimó cuantitativamente mediante la estratificación numérica según cada variedad de concentración y sus efectos, expresando dichos estratos en una escala de 0 a 15. Esta escala fue elegida a criterio de los investigadores debido a que las concentraciones y uno de los efectos es múltiplo de tres. Así mismo, se buscó que el valor máximo se encuentre entre 10 y 20 dado que la mayoría de los valores de los parámetros obtenidos están en ese rango y los que se alejan demasiado de ese intervalo, fueron reducidos proporcionalmente a sus análogos para que puedan ser comparados y valorados.

En la **Tabla 12** se muestra la escala de puntuación para las concentraciones de bio aceleradores, notándose que estas son decrecientes dado que es más beneficioso aplicar menos concentraciones de bio aceleradores para el productor de compost.

**Tabla 12**

*Puntuación para la Evaluación de las Concentraciones en el Compostaje.*

Notación de variables	Concentraciones (C)	Puntuación
-	0,5X	15
0 (Control)	x	10
+	2x	5

Mediante la aplicación de estas tres dosis con diferentes concentraciones de bioaceleradores según cada método, se obtuvieron niveles

de descomposición para cada cama cuya valoración o puntuación según cada tipo de estas se muestra en la **Tabla 13**

**Tabla 13**

*Puntuación de los Niveles de Descomposición.*

Niveles de descomposición (ND)	Puntuación
Menor descomposición	5
Regular descomposición	10
Mayor descomposición	15

Otra variable dependiente a la variación de concentraciones de los bioaceleradores es el tiempo. Se valoró (**Ver tabla 14**) descendientemente a la cantidad de días dado que será más beneficioso para el productor de compost si el proceso de compostaje tuviese un menor periodo.

**Tabla 14**

*Puntuación del Tiempo Empleado para cada Muestreo.*

Notación de variables	Tiempo	Puntuación
-	10 días	15
+	20 días	7.5

Una vez asignado los puntajes a las variables analizadas, se empleó la siguiente ecuación para evaluar la concentración de bio aceleradores idónea para cada método aplicado:

$$VNEC = \frac{C + ND + t}{3}$$

Donde:

**VNEC** : Valor numérico de la efectividad de la concentración.

**C** : Concentración de bio aceleradores.

**ND** : Nivel de descomposición de la cama.

**t** : Tiempo transcurrido.

La efectividad del proceso de compostaje está conformada por dos factores, el tiempo que dura el proceso y la riqueza o alta concentración de micro, macronutrientes y otros indicadores que componen a los parámetros fisicoquímicos que posee el compost elaborado. En este sentido, para la valoración numérica de la eficiencia del compostaje según cada método, se asignó valores estratificados a la variable tiempo (**Ver tabla 14, p- 46**). Además, para la consideración de los parámetros fisicoquímicos en los cálculos, se homogenizaron (En una escala de 0 a 15) dichos valores de forma proporcional a sus valores de parámetros análogos para que la variación de las magnitudes no genere errores significativos en la valoración de la eficiencia.

Asimismo, se consideró los valores asignados a las concentraciones de bio aceleradores (**Ver tabla 15, p. 58**) inoculados en el armado de las camas y los valores de los parámetros fisicoquímicos, proporcionales a sus análogos en la escala de 0 a 15. Para el cálculo de la eficiencia se consideró los valores de los parámetros fisicoquímicos que debe tener un compost de calidad en su etapa final según la FAO (2013).

**Tabla 15***Parámetros Fisicoquímicos del Compostaje en la Etapa Final - FAO, 2013*

Parámetros fisicoquímicos evaluados	Valor recomendable	Promedio del valor recomendable	Operación	Restricciones
Macro y micronutrientes (MMN)	–	–	Promedio	Ninguna
Impurezas > 2 mm (I)	<1,6 cm	<1,6 cm	–I	Ninguna
Humedad (Hd)	30% – 40%	35%	–(Hd – 35%)	Ninguna
pH	6,5 – 8,5	7,5	–(pH – 7,5)	Ninguna
Materia Orgánica (MO)	>20%	>20%	–(MO – 20%)	Si MO < 20%, entonces –2(MO – 20%)
Relación C/N	10 – 15	12,5	–(C/N – 12,5)	Ninguna

**Nota:** Valores recomendables en base a (FAO, 2013)

Una vez asignados los puntajes a las variables analizadas y reconocido los valores recomendables de parámetros, se empleó la siguiente ecuación para determinar la eficiencia del proceso de compostaje del método Takakura y Bokashi:

$$EC = 50\% \times PFQ + 50\% \times t \dots (i)$$

Donde:

**EC** : Efectividad del proceso de compostaje.

**PFQ** : Parámetros fisicoquímicos.

**t** : Tiempo transcurrido.

Por último, desglosando (i) se obtendría la siguiente ecuación:

$$EC = 0,5 \times PFQ + 0,5xt$$

$$EC = 0,5 \times MMN - 0,5x \frac{\left[ 1 + [Hd - 35] + [pH - 7,5] + (MO - 20) + \left[ \frac{C}{N} - 12,5 \right] \right]}{5} + 0,5 \times t$$

Donde:

- EC** : Efectividad del proceso de compostaje
- MMN** : Promedio ponderado de macro y micronutrientes
- I** : Infiltración de los bio aceleradores
- Hd** : Porcentaje de humedad
- pH** : Potencial de hidrogeno
- MO** : Materia Orgánica
- C/N** : Relación C/N

Para el cálculo del MMN, se aplicó la siguiente ecuación:

$$MMN = \frac{3x(\sum \text{Macronutrientes primarios: MNP}) + 2x(\sum \text{Macronutrientes secundarios: MNS}) + 1x(\sum \text{Micronutrientes: MN})}{22}$$

**Nota:** Los MNP están conformados por N, P y K; mientras que los MNS están conformados por Mg, S y Ca. Además, los MN están conformados por Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo y Cl.

## **V. RESULTADOS**

### **5.1 Resultados Descriptivos**

No aplica.

### **5.2 Resultados Inferenciales**

No aplica.

### **5.3 Otro Tipo de Resultados Estadísticos, de acuerdo con la Naturaleza del Problema y la Hipótesis**

Ambos métodos se pusieron en marcha el mismo día, con las mismas cantidades de residuos tratados y con la misma variación de concentraciones de bio aceleradores inoculados. En el día 10 y 20 de la experimentación se muestrearon dos camas (Una de cada método en dos tiempos), siendo estas camas seleccionadas por el grado de descomposición percibido organolépticamente.

En las **Tablas 16 y 17 (Ver p. 61)** se observa el estado de descomposición en la que se encontraban las camas con sus diferentes concentraciones de bio aceleradores ([C]: -, 0 y + ) inoculados en los dos tiempos (t: - y +) analizados.

**Tabla 16***Grado de Descomposición de las Camas con el Método Takakura.*

Número de experiencias	Notación de variables		Estado del proceso
	[C]	t	
1	-	-	Mayor descomposición
2	0	-	Regular descomposición
3	+	-	Menor descomposición
4	-	+	Mayor descomposición
5	0	+	Regular descomposición
6	+	+	Menor descomposición

**Tabla 17***Grado de Descomposición de las Camas con el Método Bokashi.*

Número de experiencias	Notación de variables		Estado del proceso
	[C]	t	
1	-	-	Mayor descomposición
2	0	-	Regular descomposición
3	+	-	Menor descomposición
4	-	+	Mayor descomposición
5	0	+	Regular descomposición
6	+	+	Menor descomposición

En este sentido, la evaluación de la efectividad en el compostaje según cada tipo de concentración de bio aceleradores inoculados y en distintos tiempos, se observa en la **Tabla 18 (Ver p. 62)**

**Tabla 18***Valoración de la Efectividad de las Dosis de Bio Aceleradores.*

Número de experiencias	Método	Notación de variables		C	ND	t	VNEC
		[C]	t				
1	Takakura	-	-	15,00	15,00	15,00	15,00
2	Takakura	0	-	10,00	10,00	15,00	11,67
3	Takakura	+	-	5,00	5,00	15,00	8,33
4	Takakura	-	+	15,00	15,00	7,50	12,50
5	Takakura	0	+	10,00	10,00	7,50	9,17
6	Takakura	+	+	5,00	5,00	7,50	5,83
7	Bokashi	-	-	15,00	15,00	15,00	15,00
8	Bokashi	0	-	10,00	10,00	15,00	11,67
9	Bokashi	+	-	5,00	5,00	15,00	8,33
10	Bokashi	-	+	15,00	15,00	7,50	12,50
11	Bokashi	0	+	10,00	10,00	7,50	9,17
12	Bokashi	+	+	5,00	5,00	7,50	5,83

Se observa que, para ambos métodos, la aplicación de dosis con menor concentración generó una descomposición más efectiva en el proceso de compostaje. Así mismo, se nota la relación inversa entre la concentración de bio aceleradores inoculados y el grado de descomposición que experimentó el compost estudiado.

En las **Tablas 19 y 20 (Ver p. 63)** se muestran los resultados obtenidos, plasmados en el diseño experimental 2<sup>1</sup>, mediante el análisis fisicoquímico del compost muestreado en el día 10 y 20

**Tabla 19**

*Resultados del Diseño Experimental 2<sup>1</sup> del Método Takakura.*

Número de Experiencias	Notación		Vector de Respuestas																					
	de Variables	Impurezas > 2 mm	Humedad	pH	Materia					Carbono					Conductividad Eléctrica	Fósforo	Hierro	Magnesio	Manganeso	Molibdeno	Nitrógeno total	Potasio	Sodio	Zinc
					Orgánica total	C/N	Azufre	Boro	Calcio	Orgánico Total	Cloruros	Cobre												
	[C]	t	%	%	A.	%	A.	%	mg/Kg	%	%	mg/Kg	mg/Kg	μS/cm a 20°C	%	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	%	%	mg/Kg	mg/Kg	
1	—	—	11,70	41,00	8,94	38,00	15,10	1,10	120,00	3,73	33,82	12 034,00	48,10	6 518,00	1,41	10 000,00	1,15	371,00	9,75	2,24	0,97	4 975,00	212,00	
2	—	—	8,20	39,00	7,98	35,00	11,06	1,28	132,10	3,98	28,42	12 140,00	57,30	1 836,45	1,62	11 000,00	1,36	388,50	9,95	2,57	1,10	5 102,01	226,00	

**Tabla 20**

*Resultados del Diseño Experimental 2<sup>1</sup> del Método Bokashi.*

Número de Experiencias	Notación		Vector de Respuestas																					
	de Variables	Impurezas > 2 mm	Humedad	pH	Materia					Carbono					Conductividad Eléctrica	Fósforo	Hierro	Magnesio	Manganeso	Molibdeno	Nitrógeno total	Potasio	Sodio	Zinc
					Orgánica total	C/N	Azufre	Boro	Calcio	Orgánico Total	Cloruros	Cobre												
	[C]	t	%	%	A.	%	A.	%	mg/Kg	%	%	mg/Kg	mg/Kg	μS/cm a 20°C	%	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	%	%	mg/Kg	mg/Kg	
1	—	—	17,10	57,00	9,08	51,60	20,70	0,88	115,20	3,24	43,68	10 243,00	40,40	9 370,00	1,33	9 619,00	0,98	359,00	9,68	2,11	0,95	6 933,00	208,00	
2	—	—	12,50	49,00	8,26	46,10	15,20	1,02	126,80	3,41	34,96	11 130,00	47,23	2 640,00	1,52	10 580,90	1,19	362,00	9,81	2,30	1,04	7 016,40	219,00	

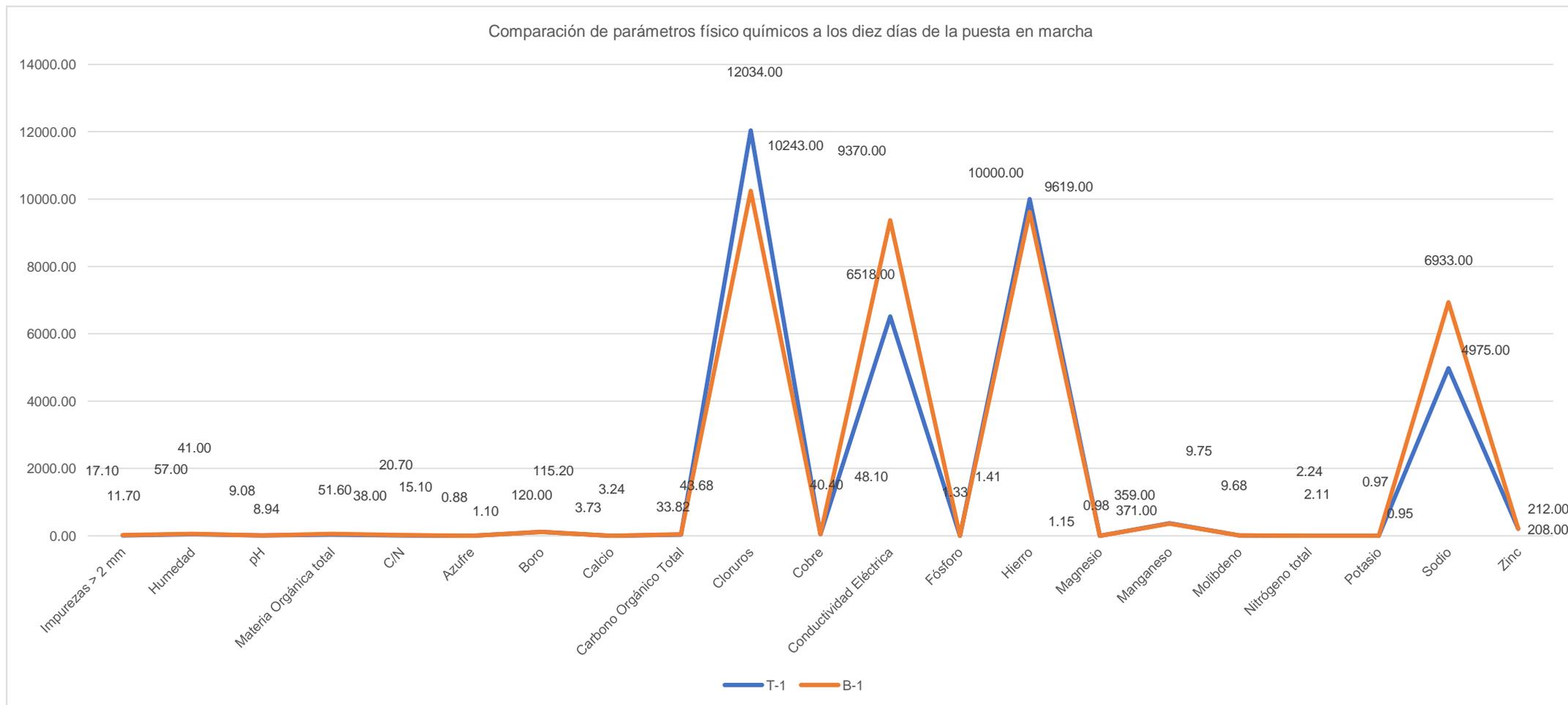
En base a estos datos, se compararon cada parámetro según cada método y cada tiempo. En las **Tablas 19 y 20 (Ver p. 63)** se aprecia la variación del porcentaje de impurezas mayores a 2 milímetros de tamaño presente en el compost elaborado. Mediante el método Takakura se obtuvo que a los diez primeros días se degradó y descompuso casi un 88,30% de los residuos tratados, teniendo 11,70% de impurezas, mientras que a los 20 días se obtuvo 8,20% de impurezas mayores a 2 milímetros.

En las **Figuras 8 (Ver p. 65) y 9 (Ver p. 66)** se plasmaron los resultados obtenidos, notándose superioridad de algunos parámetros del compost elaborado mediante el método Takakura sobre el que fue elaborado mediante el método Bokashi. En otros parámetros se invierte la relación.

También se observa que las curvas están juntas debido a las variaciones de los valores numéricos de cada parámetro. Esta situación no permite realizar el análisis debido a los parámetros, por ello, en la **Tabla 21 (Ver p, 67)** se muestra la conversión a escala del 0 al 15 de los parámetros fisicoquímicos. Así mismo, en las **figuras 10 (Ver p, 69) y 11 (Ver p, 70)** se representan y comparan los valores de los parámetros fisicoquímicos en escala de 0 a 15. Además, en la **Tabla 22 (Ver p, 71)** se muestran las conversiones finales y los valores de la efectividad de cada método en cada tiempo estudiado.

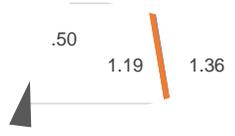
**Figura 8**

*Comparación de los Parámetros Fisicoquímicos en el Día 10.*





12140  
11



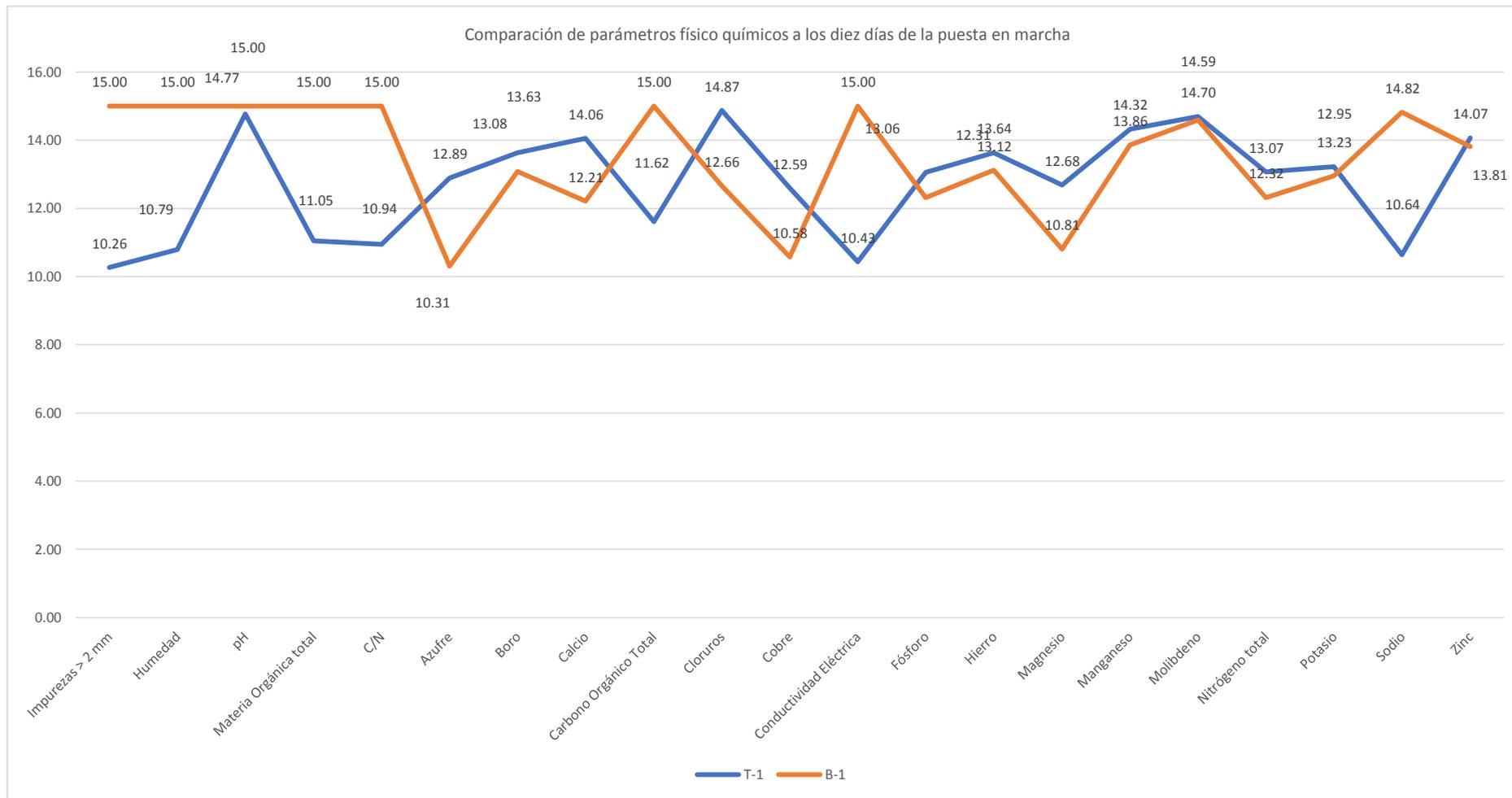
**Tabla 21***Conversión de los Resultados a Escala del 0 Al 15.*

Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Valor máximo de la escala (VME)	Valor				Factor de conversión a la escala (VME/VMAX(PFQ))				
			T-1	B-1	T-2	B-2	T-1	B-1	T-2	B-2	
Impurezas > 2 mm	%	15,00	11,70	21,10	8,20	14,50	0,8772	10,26	15,00	7,19	10,96
Humedad	%	15,00	41,00	57,00	39,00	49,00	0,2632	10,79	15,00	10,26	12,89
pH	Adim.	15,00	8,94	9,08	7,98	8,26	1,6520	14,77	15,00	13,19	13,65
Materia Orgánica total	%	15,00	38,00	51,60	35,00	46,10	0,2907	11,05	15,00	10,17	13,40
C/N	Adim.	15,00	15,10	20,70	11,06	15,20	0,7246	10,94	15,00	8,01	11,01
Azufre	%	15,00	1,10	0,88	1,28	1,02	11,7188	12,89	10,31	15,00	11,95
Boro	mg/Kg	15,00	120,00	115,20	132,10	126,80	0,1136	13,63	13,08	15,00	14,40
Calcio	%	15,00	3,73	3,24	3,98	3,41	3,7688	14,06	12,21	15,00	12,85
Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Valor máximo de la escala (VME)	Valor				Factor de conversión a la escala (VME/VMAX(PFQ))				
			T-1	B-1	T-2	B-2	T-1	B-1	T-2	B-2	
Carbono	%	15,00	33,82	43,68	28,42	34,96	0,3434	11,62	15,00	9,76	12,01

Orgánico Total											
Cloruros	mg/Kg	15,00	12 034,00	10 243,00	12 140,00	11 130,00	0,0012	14,87	12,66	15,00	13,75
Cobre	mg/Kg	15,00	48,10	40,40	57,30	47,23	0,2618	12,59	10,58	15,00	12,36
Conductividad Eléctrica	μS/cm a 20°C	15,00	6 518,00	9 370,00	1 836,45	2 640,00	0,0016	10,43	15,00	2,94	4,23
Fósforo	%	15,00	1,41	1,33	1,62	151,50	0,0990	9,26	13,06	12,31	15,00
Hierro	mg/Kg	15,00	10 000,00	9 619,00	11 000,00	10 580,90	0,0014	13,64	13,12	15,00	14,43
Magnesio	%	15,00	1,15	0,98	1,36	1,19	11,0294	12,68	10,81	15,00	13,13
Manganeso	mg/Kg	15,00	371,00	359,00	388,50	362,00	0,0386	14,32	13,86	15,00	13,98
Molibdeno	mg/Kg	15,00	9,75	9,68	9,95	9,81	1,5075	14,70	14,59	15,00	14,79
Nitrógeno total	%	15,00	2,24	2,11	2,57	2,30	5,8366	13,07	12,32	15,00	13,42
Potasio	%	15,00	0,97	0,95	1,10	1,04	13,6364	13,23	12,95	15,00	14,18
Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Valor máximo de la escala (VME)	T-1	B-1	T-2	B-2	Factor de conversión a la escala (VME/VMAX(PFQ))	T-1	B-1	T-2	B-2
Sodio	mg/Kg	15,00	4 975,00	6 933,00	5 102,01	7 016,40	0,0021	10,64	14,82	10,91	15,00
Zinc	mg/Kg	15,00	212,00	208,00	226,00	219,00	0,0664	14,07	13,81	15,00	14,54

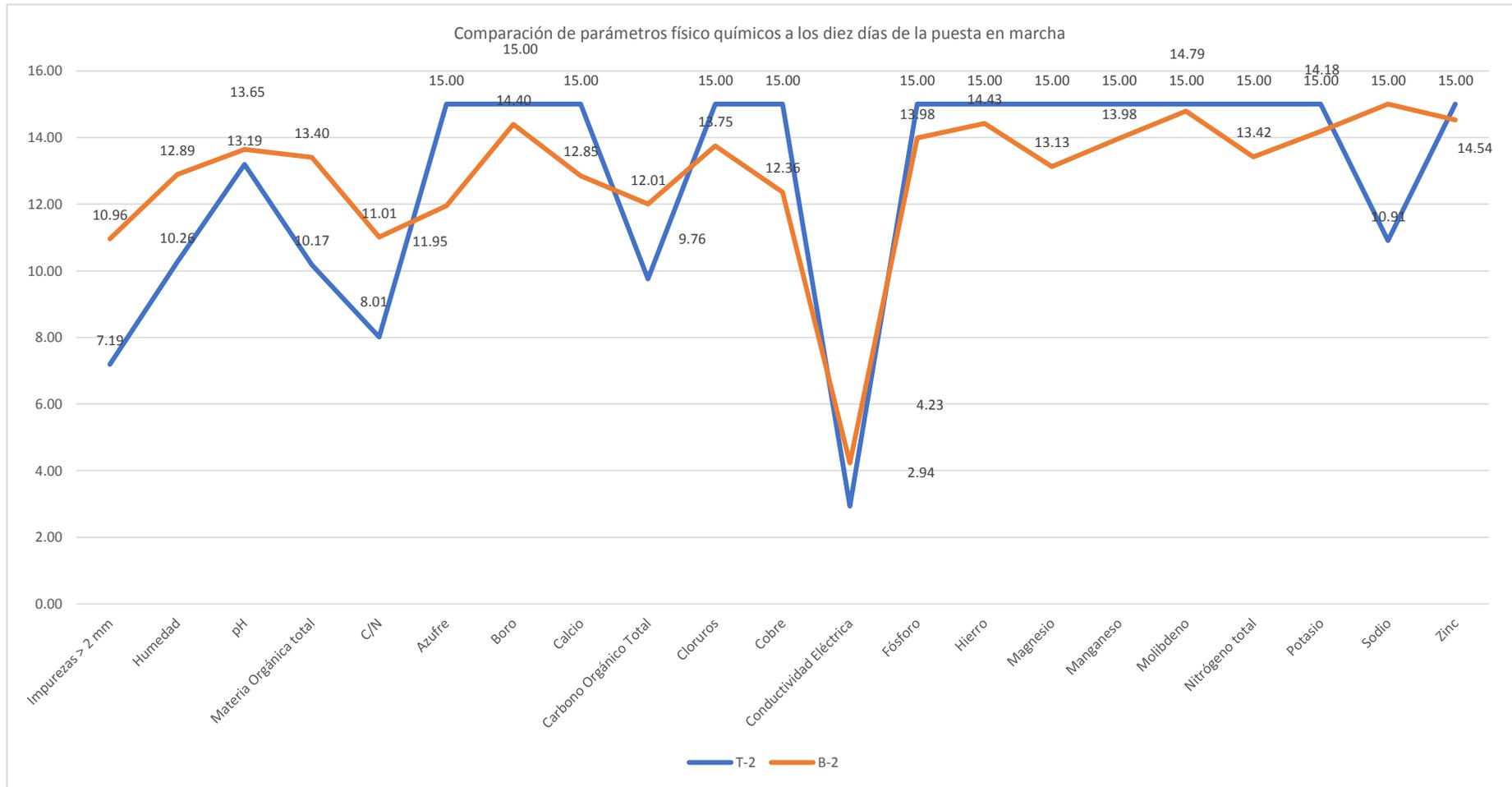
**Figura 10**

*Comparación de Parámetros Físicoquímicos a Escala en el Día 10.*



**Figura 11**

*Comparación de Parámetros Físicoquímicos A Escala en el Día 20.*



**Tabla 22***Conversión Final de los Resultados a Escala del 0 al 15 y la Efectividad del Método.*

Términos	T-1	B-1	T-2	B-2	Factor de conversión				
					a la escala				
					T-1	B-1	T-2	B-2	(VME/VMAX(PFQ))
MMN	13,42	12,32	15,00	13,58	1,00	13,42	12,32	15,00	15,00
I	11,70	17,10	8,20	12,50	0,88	10,26	15,00	9,84	15,00
Hd-35	6,00	22,00	4,00	14,00	0,68	4,09	15,00	4,29	15,00
pH-7.5	1,44	1,58	0,48	0,76	9,49	13,67	2,50	0,76	1,20
MO-20	18,00	31,60	15,00	26,10	0,47	8,54	15,00	8,62	15,00
C/N-12,5	2,60	8,20	1,44	2,70	1,83	4,76	15,00	8,00	7,29
T	15,00	15,00	7,50	7,50	1,00	15,00	15,00	7,50	7,50
EC						8,97	6,5	10,27	7,45

Al observar el compost producido, se puede notar las siguientes características señaladas en la **Tabla 23**

**Tabla 23**

*Características Organolépticas del Compost Óptimo.*

<b>Propiedades</b>	<b>Características Organolépticas</b>
Textura	Suelta y granulosa.
Olor	Tierra húmeda.
Aspecto	Terroso libre de patógenos.
Color	Oscuro

En T-2 las características de la tabla anterior corresponden a la muestra con mayor índice de efectividad con relación al método usado.

En la **Tabla 24 (Ver p. 73)** se muestran los parámetros fisicoquímicos de dicha muestra.

**Tabla 24***Propiedades Fisicoquímicas del Compost Óptimo.*

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Impurezas > 2 mm	8,20	%
Humedad	39,00	%
pH	7,98	Adim.
Materia Orgánica total	35,00	%
C/N	11,06	Adim.
Azufre	1,28	%
Boro	132,10	mg/Kg
Calcio	3,98	%
Carbono Orgánico Total	28,42	%
Cloruros	12 140,00	mg/Kg
Cobre	57,30	mg/Kg
Conductividad Eléctrica	1 836,45	μS/cm a 20°C
Fósforo	1,62	%
Hierro	11 000,00	mg/Kg
Magnesio	1,36	%
Manganeso	388,50	mg/Kg
Molibdeno	9,95	mg/Kg
Nitrógeno total	2,57	%
Potasio	1,10	%
Zinc	226,00	mg/Kg

## VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

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

Contrastación de las hipótesis específicas:

- 1) **Primera hipótesis específica.**- Hipótesis específica nula ( $H_0$ ): La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores no permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Takakura en el proceso de compostaje.

Hipótesis específica alternativa ( $H_1$ ): La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Takakura en el proceso de compostaje.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ):  $\mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0,05$ , se consideró el criterio de rechazo de la hipótesis nula si  $t < -2,1318$  o  $t > 2,1318$ , donde 2,1318 es el valor de  $t_{crítico}(0,05)$  para  $2 + 2 + 2 - 2 = 4$  grados de libertad.

Para ello, en la **Tabla 25 (Ver p. 75)** se muestra la efectividad de las dosis inoculadas a las tres camas elaboradas en base al método Takakura en dos diferentes tiempos.

Las medias y las varianzas de las tres concentraciones son:

$$Y_1 ([-]) = 13,75$$

$$Y_2 ([0]) = 10,42$$

$$Y_3 ([+]) = 7,08$$

$$s_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_1 - Y_i)^2}{n - 1}$$

$$s_1^2 = \frac{[(13,75 - 15)^2 + (13,75 - 12,50)^2]}{2 - 1} = 1,56 + 1,56 = 3,13$$

$$s_1 = 1,77$$

$$s_2^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_2 - Y_i)^2}{n - 1}$$

**Tabla 25**

*Eficiencia de Bio Aceleradores en el Método Takakura.*

[ C ]	t	VNEC (Y)
-	-	15,00
0	-	11,67
+	-	8,33
-	+	12,50
0	+	9,17
+	+	5,83

$$s_2^2 = \frac{[(10,42 - 11,67)^2 + (10,42 - 12,50)^2]}{2 - 1} = 1,56 + 1,56 = 3,13$$

$$s_2 = 1,77$$

$$s_3^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_3 - Y_i)^2}{n - 1}$$

$$s_3^2 = \frac{[(7,08 - 8,33)^2 + (7,08 - 5,83)^2]}{2 - 1} = 1,56 + 1,56 = 3,13$$

$$s_3 = 1,77$$

$$s_p^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2 + (n_3-1)s_3^2}{n_1+n_2+n_3-2}; t = \frac{Y_1 - \left(\frac{Y_2+Y_3}{2}\right)}{s_p \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3}}}$$

De modo que

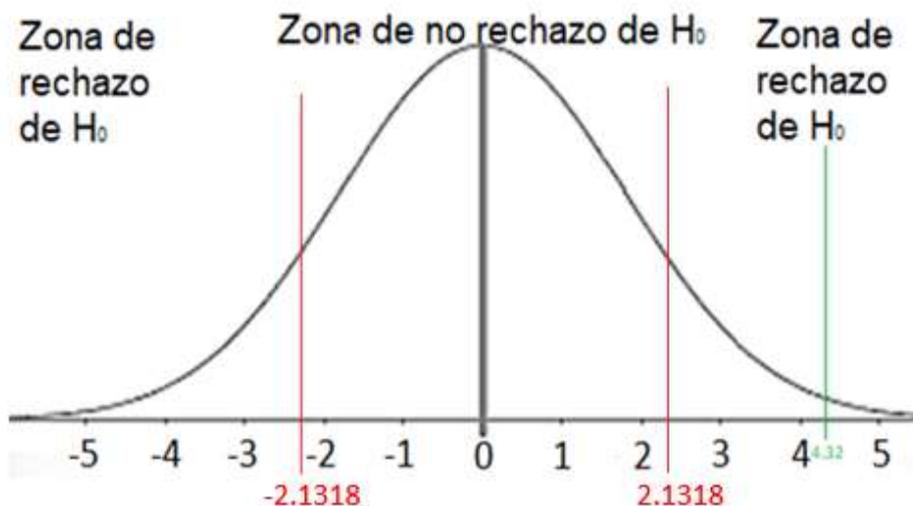
$$s_p^2 = \frac{3,13 + 3,13 + 3,13}{2 + 2 + 2 - 2} = 1,33; s_p = 1,15 \text{ y } t = \frac{0}{\left(0,81 * \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}}\right)}$$

$$t = \frac{4,97}{1,15} = 4,32$$

Para verificar la zona en la que se encuentra el  $t_{\text{experimental}}$ , en la **Figura 12** se muestra la campana de Gauss con los límites críticos y las zonas de rechazo.

**Figura 12**

*Límites de la Prueba Bilateral para la Primera Hipótesis Específica.*



Como  $t_{\text{experimental}} = 4,32$  supera a 2,1318, la hipótesis nula debe rechazarse al nivel  $\alpha = 0,05$  y afirmarse la hipótesis alternativa. Por ende, se

constata que la dosis idónea de bioaceleradores para la aplicación del método Takakura es la de menor concentración.

**2) Segunda hipótesis específica.-** Hipótesis específica nula ( $H_0$ ): La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores no permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Bokashi en el proceso de compostaje.

**3) Hipótesis específica alternativa ( $H_1$ ).**- La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Bokashi en el proceso de compostaje.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ):  $\mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0,05$ , se consideró el criterio de rechazo de la hipótesis nula si  $t < -2,1318$  o  $t > 2,1318$ , donde 2,1318 es el valor de  $t_{crítico}(0,05)$  para  $2 + 2 + 2 - 2 = 4$  grados de libertad.

Para ello, en la **Tabla 26** se muestra la efectividad de las dosis inoculadas a las tres camas elaboradas en base al método Takakura en dos diferentes tiempos.

**Tabla 26**

*Eficiencia de Bio Aceleradores en el Método Bokashi.*

[ C ]	t	VNEC (Y)
-	-	15,00
0	-	11,67
+	-	8,33
-	+	12,50
0	+	9,17
+	+	5,83

Las medias y las varianzas de las tres concentraciones son:

$$Y_1 ([-]) = 13,75$$

$$Y_2 ([0]) = 10,42$$

$$Y_3 ([+]) = 7,08$$

$$s_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_1 - Y_i)^2}{n - 1}$$

$$s_1^2 = \frac{[(13,75 - 15)^2 + (13,75 - 12,50)^2]}{2 - 1} = 1,56 + 1,56 = 3,13$$

$$s_1 = 1,77$$

$$s_2^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_2 - Y_i)^2}{n - 1}$$

$$s_2^2 = \frac{[(10,42 - 11,67)^2 + (10,42 - 12,50)^2]}{2 - 1} = 1,56 + 1,56 = 3,13$$

$$s_2 = 1,77$$

$$s_3^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_3 - Y_i)^2}{n - 1}$$

$$s_3^2 = \frac{[(7,08 - 8,33)^2 + (7,08 - 5,83)^2]}{2 - 1} = 1,56 + 1,56 = 3,13$$

$$s_3 = 1,77$$

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + (n_3 - 1)s_3^2}{n_1 + n_2 + n_3 - 2}; t = \frac{Y_1 - \left(\frac{Y_2 + Y_3}{2}\right)}{s_p \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3}}}$$

De modo que

$$s_p^2 = \frac{3,13 + 3,13 + 3,13}{2 + 2 + 2 - 2} = 1,33; s_p = 1,15 \text{ y } t = \frac{(\quad)}{\left(0,81 * \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}}\right)}$$

$$t = \frac{4,97}{1,15} = 4,32$$

Para verificar la zona en la que se encuentra el  $t_{\text{experimental}}$ , en la **Figura 13** se muestra la campana de Gauss con los límites críticos y las zonas de rechazo.

**Figura 13**

*Límites de la Prueba Bilateral para la Segunda Hipótesis Específica.*



Como  $t = 4,32$  supera  $2,1318$ , la hipótesis nula debe rechazarse al nivel  $\alpha = 0,05$  y afirmarse la hipótesis alternativa. Por ende, se constata que la dosis idónea de bioaceleradores para la aplicación del método Bokashi es la de menor concentración.

#### 4) **Contrastación de la hipótesis general**

Hipótesis nula ( $H_0$ ): La sustitución del método Bokashi por el método Takakura no muestra cambios significativos en la producción de compost respecto al tiempo y concentración de nutrientes.

**5) Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>).**- La sustitución del método Bokashi por el método Takakura muestra cambios significativos en la producción de compost respecto al tiempo y concentración de nutrientes.

Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):  $\mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>):  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0,05$ , se consideró el criterio de rechazo de la hipótesis nula si  $t < -2,92$  o  $t > 2,92$ , donde 2,92 es el valor de  $t_{crítico}$  (0,05) para  $2 + 2 - 2 = 2$  grados de libertad.

Para ello, en la **Tabla 27** se muestra la efectividad del proceso de compostaje según cada método.

**Tabla 27**

*Efectividad del Proceso de Compostaje según ambos Métodos.*

Muestras	EC (Y)
T-1	8,97
B-1	6,50
T-2	10,27
B-2	7,45

Las medias y las varianzas de las dos muestras son:

$$Y_1(\text{Takakura}) = 9,62$$

$$Y_2(\text{Bokashi}) = 6,975$$

$$s_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_1 - Y_i)^2}{n - 1}$$

$$s_1^2 = \frac{[(9,62 - 8,97)^2 + (9,62 - 10,27)^2]}{2 - 1} = 0,4225 + 0,4225 = 0,85$$

$$s_1 = 0,92$$

$$s_2^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_2 - Y_i)^2}{n - 1}$$

$$s_2^2 = \frac{[(6,98 - 6,50)^2 + (6,98 - 7,45)^2]}{2 - 1} = 0,23 + 0,23 = 0,45$$

$$s_2 = 0,67$$

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}; t = \frac{Y_1 - Y_2}{s_p \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

De modo que

$$s_p^2 = \frac{0,85 + 0,45}{2 + 2 - 2} = 0,65; s_p = 0,81 \text{ y } t = \left( \frac{2,65}{0,81} * \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}} \right) 00$$

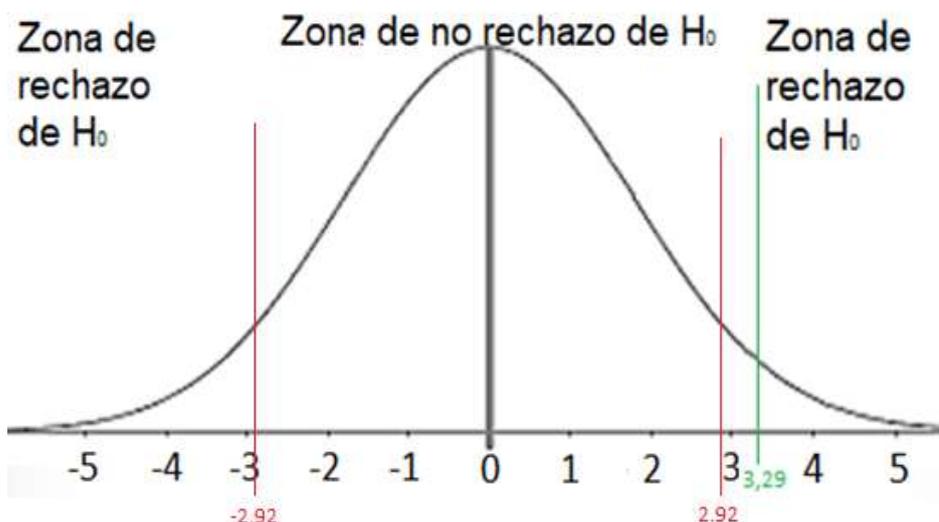
$$t_{\text{experimental}} = \frac{2,65}{0,81} = 3,29$$

Para verificar la zona en la que se encuentra el  $t_{\text{experimental}}$ , en la **Figura 14 (Ver p. 82)** se muestra la campana de Gauss con los límites críticos y las zonas de rechazo.

Como  $t = 3,29$  supera 2,92, la hipótesis nula debe rechazarse al nivel  $\alpha = 0,05$  y afirmarse la hipótesis alternativa. Por ende, se constata que el método más efectivo para la elaboración de compost es el método Takakura dado que muestra cambios significativos respecto al tiempo y concentración de nutrientes en la producción de compost.

**Figura 14**

*Límites de la Prueba Bilateral para la Hipótesis General.*



## **6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

Con relación a los parámetros fisicoquímicos del compost podemos indicar que en ambos métodos se alcanzaron valores dentro de los niveles óptimos de humedad, en los diez primeros días estando en el intervalo de 40% a 60% de humedad para que los microorganismos puedan vivir y en el día 20 ligeramente más seco producto de la culminación del proceso, asimismo altos niveles de humedad pueden facilitar una mayor pérdida de nitrógeno, que favorecen la desnitrificación (FAO, 2013, p. 15)

El pH alcanzado resultó con valores ligeramente superiores a 7,5 recomendados por (FAO, 2013, p. 31), por lo que está controlada la generación de olores y pérdidas de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas y la formación de compuestos húmicos.

Los parámetros fisicoquímicos del compost producido a los diez días por ambos métodos analizados fueron comparados con los resultados obtenidos del compost elaborado en el día 20, notándose que los parámetros impureza,

humedad, pH, materia orgánica y relación C/N son mayores a inicios del proceso de compostaje y van disminuyendo mientras transcurren los días. Con relación a la concentración de potasio presente en el compost elaborado en los diez primeros días en ambos métodos es de 0,97% y 0,95% en comparación al 0,47% encontrado por (Cabrera y Rossi, 2016), este resultado nos indica que los compost elaborados por los dos métodos son de buena calidad para uso agrícola según FAO (2013) porque los valores de  $K_2O$  deben estar entre 0,3% y 1,0%, los resultados obtenidos se acercan a los valores recomendables.

Respecto a los resultados obtenidos en el contenido de fósforo en el día 20 reportan valores entre 1,62% y 1,52%, 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.

Así mismo, en la evaluación de la efectividad de los métodos de compostaje empleadas en el estudio, se dio una calificación entre alto (<10;15]), regular (<5;10]) y bajo (<0;5] ), resultando que los métodos de Bokashi alcanzó el puntaje de 7,45 a los veinte día del proceso, siendo inferior a la efectividad del método de Takakura con un puntaje de 10,27

Se han evaluado experimentalmente los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el proceso de compostaje, deduciéndose y por consiguiente, aceptando la hipótesis planteada, tras la aplicación de la prueba de hipótesis en un análisis bilateral con un nivel de significancia de 0,05. Se obtuvo que el parámetro t con un valor de 3,29 de la hipótesis general y 4,32 de las hipótesis

específicas, supera a la cota superior 2,920 y 2,1318, por ende, las hipótesis nulas deben rechazarse y aceptarse las alternativas.

### **6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente informe final de investigación, de acuerdo al Código de Ética de la investigación, con Resolución de Consejo Universitario N° 210–2017–CU, de la UNAC

## CONCLUSIONES

La concentración de bio aceleradores necesarios en el método Takakura para disminuir el tiempo del proceso de compostaje es el de la mitad respecto a la concentración control. A esta concentración, el compost en 20 días contiene 8,20% de impurezas mayores a 2 mm, 39% de humedad, 7,98 de pH, 35% de materia orgánica, 11,06 de C/N y valores relativamente altos de macronutrientes primarios.

La concentración de bio aceleradores necesarios en el método Bokashi para disminuir el tiempo del proceso de compostaje es el de la mitad respecto a la concentración control. A esta concentración, el compost en 20 días contiene 12,50% de impurezas mayores a 2 mm, 49% de humedad, 8,26 de pH, 46,10% de materia orgánica, 15,20 de C/N y valores relativamente altos, pero menores en comparación al método Takakura, de macronutrientes primarios.

Los valores de la efectividad en el día 20, en función a los parámetros fisicoquímicos y al tiempo, indican que el método Takakura con puntaje de 10,27 es superior al método Bokashi que obtuvo de puntaje 7,45.

## RECOMENDACIONES

Continuar las investigaciones respecto a la concentración y dosis de bio aceleradores para camas de compostaje de diversas dimensiones, porque, en la presente investigación se obtuvo que la concentración más baja de bio aceleradores inoculados descompuso de manera más eficiente a los residuos sólidos orgánicos. Con dichos aportes se podrá reducir costos en la producción de compost.

Se sugiere realizar el monitoreo de temperatura y humedad e involucrar al número de volteos por día de las camas a lo largo de las 24 horas del día con la finalidad de describir de manera más detallada las variables intervinientes en el proceso de compostaje y para que se pueda realizar la aireación (Volteos de las camas) porque es posible que la efectividad de las camas con concentraciones más altas de bio aceleradores tuvieron menor eficiencia debido a la reducción de microorganismos por las altas temperaturas y el tapado hermético.

Emplear el método Takakura como técnica idónea en la planificación de y diseño de las futuras plantas de compostaje, dado que este método demostró descomponer con mayor efectividad a los residuos. Así mismo, utilizar los implementos de seguridad fundamentales al realizar la aireación de las camas de compostaje, tales como los guantes, lentes, mascarilla y botas de jebe, porque, se desprende vapores con temperatura significativa al realizar los volteos de dichas camas con ambos métodos, pudiendo ocasionar daños a la salud de los operarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Bogotá. [http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP\\_SR.pdf](http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf)
- Bermeo Naira, R. (2016). Elaboración de Bokashi como alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos del matadero y mercado del distrito de Chulucanas - Morropón. <http://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/584>
- Boechat, C., Gonzaga, J. & De Aguiar, A. (2015) Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with fermented Bokashi Compost Acta Scientiarum Agrom., 35 (2013), pp. 257-264
- Castañeda, S. & Palomino, M. (2018). Evaluación del Efecto Productivo de un Abono Natural (Takakura) en la Siembra de Alfalfa (Medicago Sativa V. California 101) en Cajabamba. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAG\\_8549ef78b8fa3ba9fff03e00621a5be3](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAG_8549ef78b8fa3ba9fff03e00621a5be3)
- Castillo, Marlon. (2013). Efecto Del Tiempo de Fermentación de Residuos Animales Y Vegetales En La Elaboración de Bokashi <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/603/1/T-UTEQ-0095.pdf>
- Chavez, R., Campos, R., Brenes, L. & Jiménez, M. (2018). Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica.

Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte. Informe sintético. <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>

Corbella, R., & Fernández, J. (s.f.). Materia orgánica del suelo. Tucumán. Universidad Nacional de Tucumán.

De Corato, U. (2020). El reciclaje de residuos agrícolas en sistemas de cultivo intensivo en horticultura mediante el compostaje en la granja y la aplicación de té a base de compost mejora la calidad del suelo y la salud de las plantas: una revisión bajo la perspectiva de una. Ciencia del Medio Ambiente Total.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972033360X#!>

Hernández Ocampo, R., Torres Gutierrez, R., & Ramirez Armijo, Y. (2015). Implementing Takakura Composting Method For Waste Recycling In Loja City, Ecuador. researchGate, [https://www.researchgate.net/publication/295254069\\_IMPLEMENTING\\_TAKAKURA\\_COMPOSTING\\_METHOD\\_FOR\\_WASTE\\_RECYCLING\\_IN\\_LOJA\\_CITY\\_ECUADOR](https://www.researchgate.net/publication/295254069_IMPLEMENTING_TAKAKURA_COMPOSTING_METHOD_FOR_WASTE_RECYCLING_IN_LOJA_CITY_ECUADOR)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). Metodología de la investigación. México D.F.: Mc Graw Hill

Instituto de Investigaciones Medioambientales J-PEC Wakamatsu, (2005). Teoría básica de Compostaje.

<https://archive.iges.or.jp/files/research/sustainablecity/PDF/compost/FolletoCompostTakakura.pdf>

Iliquín Fernández, R. E. (2014). Producción de Compost Utilizando Residuos Orgánicos Producidos en el Camal Municipal y Viviendas Urbanas Aplicando los Métodos Takakura y Compost en el Distrito de Chachapoyas, Región Amazonas.

[http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1005/FIA\\_144.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1005/FIA_144.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ingeniería y Gestión Ambiental. (2003). Compost, Clasificación y Requisitos <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>

Instituto de Investigación de la Estrategia Ambiental Global. (2009). ¿Qué es Compost Takakura?

<https://archive.iges.or.jp/files/research/sustainablecity/PDF/compost/FolletoCompostTakakura.pdf>

Kiss Kofalusi, G. y Encarnación Aguilar, G. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2877246.pdf>

Leblanc, H. (2007). Determinación De La Calidad De Abonos Orgánicos A Través De Bioensayos.

Liqiang, M., Weiguang, L., Xiancheng, Z., Yi, Z., Li, C., & Shumei, Z. (2020). Influencia del sustrato de hongos usado y enmienda de melaza sobre la pérdida de nitrógeno y la humificación en el compostaje de lodos de depuradora. Heliyon, 1.

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405844020318314?token=7E DE30AA6CE8D4571AE7456725053BF2DB4C6EC6274C2A3609FC68B 5BAB3BDEF241405C0B36DA55B2AABC8991B47130>

Maque Pérez, A. (2018). Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la producción de compost y Bokashi con bioaceleradores en el Parque La Alborada, Lima 2018. VIII

Marquina, L., & Martínez, J. (2016). Obtención de abonos orgánicos por medio de las lombrices "Eisenia Foetida" a partir de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de aguas residuales San Antonio de Carapongo Lima - Perú. Universidad Nacional del Callao: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1745>

Merfield, C. (2012). Treating Food Preparation. <http://www.merfield.com/research/2012/treating-food-preparation-waste-by-Bokashi-fermentation-vs-composting-for-crop-land-application-a-feasibility-and-scoping-review-2012-ffc-merfield.pdf>

Mianshen, G., Haibin, Z., Yujun, S., Haibo, M., Ran, L., Jun, Z., Hongsheng, C., Xi, Z., Jingtao, D., Jian, W., Jiarui, W. (2020). Efecto de las tasas de aireación sobre la actividad enzimática y la sucesión de comunidades bacterianas durante el compostaje de estiércol de ganado. Tecnología Bioambiental. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420301978>

Pérez E. & Lagunes J. (2017). Growth and reproductive potential of Eisenia foetida (Sav) on various zoo animal dungs after two methods of pre-composting followed by vermicomposting. Vol. 64, pp. 67-78

- Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura.  
(1991). Manejo del Suelo: Producción y Uso del Composte en Ambientes Tropicales y Subtropicales. Roma: FAO
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.  
(2013). Manual del Compostaje Para el Agricultor.  
<http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Ortiz, L. (2020). Efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (Volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4430>
- Quecholac, X., Garcia, M., Espinosa, R., Vázquez, A., Beltrán, M., & Cisneros, A. (2016). Biodegradación de películas plásticas compostables y oxodegradables. 4TH International Symposium On Environmental Biotechnology And Engineering-2014 (pág. 1). Berlin Heidelberg: Springer. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-6553-0>
- Roberth, E (2014). "Elaboración de compost utilizando residuos orgánicos aplicando los métodos Takakura y em-compost"
- Rodríguez Núñez, I. (2017). Influencia del Uso de Residuos Orgánicos de Domicilios, Mercados y Jardinería, en la Calidad y Eficiencia del Compost Takakura, Laredo – 2017.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22505/rodri-guez\\_ni.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22505/rodri-guez_ni.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Venezuela: Omnia.  
<https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

- Shuchi, Z., Jingli, W., Xu, C., Jiayi, G., Yue, S., & Donglei, W. (2021). Compostaje de residuos de alimentos a escala industrial: efectos de las frecuencias de aireación sobre el consumo de oxígeno, las actividades enzimáticas y la sucesión de comunidades bacterianas. *Tecnología Bioambiental*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085242031631X>
- SINIA. (2016). Generación de residuos sólidos en Lima Metropolitana. <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1007>
- Suthamathy and Seran, (2013). Suthamathy, T.H. Seran Residual effect of Organic manure EM Bokashi applied to Proceeding Crop of Vegetable Cowpea (*Vigna unguiculata*) on succeeding Crop of Radish (*Raphanus sativus*). *Res. J. Agric. Forest. Sci.*, 1 (2013), p. 2-5
- Urrea J., Lanzén A., Mijangos I. & Garbisu C. (2019). The application of fresh and composted horse and chicken manure affects soil quality, microbial composition and antibiotic resistance. *Applied Soil Ecology*, Vol. 135, pp. 73-84
- Valderrama Ramírez, A. (2013). Biodegradación de Residuos Sólidos Agropecuarios y uso del Bioabono como Acondicionador del Suelo. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1326/Monograf%C3%ADa%20Biodegradaci%C3%B3n%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wu, D. (2020). Evaluación de la biodegradación de la gallinaza a través del compostaje con ayuda de complejo microbiano ACF - SR (Aqua Clean)

con sistema automático y monitorizado. Universidad Nacional Agraria la Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4516>

Xingyao, M., Bin, L., Chen, X., Xiaosha, L., Xufeng, Y., Xiaofen, W., . . .

Zongjun, C. (2018). Efecto del estiércol de cerdo sobre la composición química y la diversidad microbiana durante el co-compostaje con sustrato de hongos usados y cáscaras de arroz. *Tecnología Bioambiental*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417316425>

Yousif, A., Yousif, A., Tianzhu, L., Xi, C., Yi, C., Shanshan, S., Yue, W., Cheng, J., Hailian, Z., Chunyan, L. (2021). Papel de las cepas de hongos psicrotrofos en la aceleración y mejora de la madurez del compostaje de estiércol de cerdo en condiciones de baja temperatura. *Tecnología Bioambiental*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085242031676X>

## ANEXOS

### Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la efectividad al sustituir la aplicación del método Bokashi por la aplicación del método Takakura en el proceso de compostaje en el distrito del Rímac?	Determinar la efectividad al sustituir la aplicación del método Bokashi por la aplicación del método Takakura en el proceso de compostaje en el distrito del Rímac.	La sustitución del método Bokashi por el método Takakura provocará que se elabore compost de forma más efectiva.	Y= Efectividad del proceso de compostaje.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Tiempo (s)</li> <li>2) C.E. (dS/m)</li> <li>3) Porcentaje de materia orgánica.</li> <li>4) Porcentaje de nitrógeno.</li> <li>5) Porcentaje de óxido fosfórico.</li> <li>6) Porcentaje de óxido de potasio.</li> <li>7) Porcentaje de óxido de calcio.</li> <li>8) Porcentaje de óxido de magnesio.</li> <li>9) Porcentaje de humedad.</li> <li>10) Porcentaje de sodio.</li> <li>11) Relación C/N.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Composición y características fisicoquímicas del compost.</li> <li>2) Tiempo de duración del proceso de compostaje</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Método observacional experimental deductivo.</li> <li>2) Método analítico.</li> </ol>
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Qué cantidad de bio aceleradores es necesario aplicar para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Takakura?	Evaluar y cuantificar la cantidad de bio aceleradores necesarios para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Takakura.	La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Takakura en el proceso de compostaje.	X1. Cantidad de inóculos bio aceleradores según los métodos Takakura X2. Cantidad de inóculos bio aceleradores según los métodos Bokashi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Cantidad de yogurt (l)</li> <li>2) Cantidad de levadura (kg)</li> <li>3) Cantidad de cáscara de arroz (kg)</li> <li>4) Cantidad de afrecho de trigo (kg)</li> <li>5) Cantidad de uvas (kg)</li> <li>6) Cantidad de cal (kg)</li> <li>7) Cantidad de melaza (kg)</li> <li>8) Cantidad de levadura (kg)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Cantidad de inóculos bioaceleradores según el método Takakura.</li> <li>2) Cantidad de inóculos bioaceleradores según el método Bokashi.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Método observacional experimental deductivo.</li> <li>2) Método analítico.</li> </ol>
¿Qué cantidad de bio aceleradores es necesario aplicar para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Bokashi?	Evaluar y cuantificar la cantidad de bio aceleradores necesarios para disminuir el tiempo de elaboración de compost mediante el método Bokashi.	La aplicación de la cantidad suficiente de bio aceleradores permite disminuir el tiempo de elaboración por el método Bokashi en el proceso de compostaje.				

## Resultados de laboratorio



### INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	FT-21/000777	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (T):	REQUEÑA MEDINA LUIS GABRIEL
Análisis:	FT-PR-0004	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (T):	NO INDICA
Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS	Fecha Recepción:	26/04/2021	Contrato:	QMT-PE210400658
Fecha Inicio:	05/05/2021	Fecha Fin:	17/05/2021	Cliente SP (T):	---
Descripción (T):	Abono e labrada mediante el método Takakura T-1.				

Fecha/Hora Muestra:	26/04/2021	Muestreado por:	LUIS GABRIEL REQUEÑA MEDINA
Lugar de Muestra:	Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Santa Rosa - Rimac.		
Punto de Muestra:	Cama 1 y cama 4		

A continuación se exponen en el Informe de Ensayo y Anexo Técnico, asociadas a la muestra, en las cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Leandra Crivillera Amancio

FECHA EMISIÓN: 18/05/2021

OBSERVACIONES (T):

Nº de Referencia:	FT-21/000777	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGÁNICOS
Descripción[*]:	Abono elaborado mediante el método Tetastura T-1.	Fecha Fin:	17/05/2021

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert.
<b>Parámetros Físicos</b>			
Impurezas > 2 mm	11,70	%	±1
Materia Seca	59	%	±1
<b>Parámetros Químicos</b>			
L. pH (Extracto 1/10)	8,94		±1
Azufre	1,10	%	±1
Boro	120	mg/kg	±1
Calcio	3,73	%	±1
Carbonos	12.034	mg/kg	±1
Cobre	49,10	mg/kg	±1
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/10) s.m.s.	6.518	µS/cm a 20°C	±1
Fósforo	1,41	%	±1
Hierro	10.000	mg/kg	±1
Magnesio	1,15	%	±1
Manganeso	371	mg/kg	±1
Materia Orgánica Total	39	%	±1
Molibdeno	9,75	mg/kg	±1
Nitrógeno Total	2,34	%	±1
Potasio	0,97	%	±1
Relación C/N	20,7		±1
Sodio	4.975	mg/kg	±1
Zinc	212	mg/kg	±1

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con [\*]. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

Nº de Referencia:	FF-21/000777	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS
Descripción (1):	Abo no elaborado mediante el método Takatara T-1.	Fecha Fin:	17/05/2021

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PHI	Técnica	Ref. Norma:	Lim Cuantif/ Detect[1]
<b>Parámetros Físicos</b>				
Impurezas > 2 mm	PEC-395	Gravimetría		0,01 %
Materia Seca	PEC-022			1,01 %
<b>Parámetros Químicos</b>				
pH (Extracto 1/10)	PEC-001	Electrometría		2,00
Azufre	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,03 %
Boro	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Calcio	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,035 %
Cobalto	PEC-336	Análiz. Flujo Segmentada		300 mg/kg
Cobre	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/10) s.m.s.	PEC-002	Conductimetría		70,0 µS/cm a 20° C
Fósforo	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,05 %
Hierro	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Magnesio	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,06 %
Manganeso	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Materia Orgánica Total	PEC-012	Gravimetría		1,00 %
Molibdeno	PEC-009	Espect. ICP-OES		2,50 mg/kg
Nitrógeno Total	PEC-034	Anál. Elemental		1,50 %
Palasio	PEC-009	Espect. ICP-OES		0,024 %
Relación C/N	PEC-041	Calculado		1,01
Sodio	PEC-009	Espect. ICP-OES		2,50 mg/kg
Zinc	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg

(1) Lim. Cuantif. de laboratorio de control de calidad. El lim. Detectable de laboratorio de control de calidad es el 10% del lim. Cuantif. de laboratorio de control de calidad.

Nº de Referencia:	FT-21/000777	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGÁNICOS
Descripción [1]:	Abo no elaborado mediante el método Tetratura T-1.	Fecha Fin:	17/05/2021

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La Inzeri Exp. (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura de 2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

(1) El fin, cobertura, alcance y validez del ensayo depende de la muestra, el fin, necesidad de datos y de la calidad de la muestra. El fin, necesidad de datos y de la calidad de la muestra depende de la muestra y del fin, necesidad de datos y de la calidad de la muestra.

Nº de Referencia:	FT-21/000777	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (T):	REQUENA MEDINA LUIS GABRIEL
Análisis:	FT-P-R-0004	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	NO INDICA
Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS	Fecha Recepción:	06/05/2021	ITP:	
Fecha Inicio:	12/05/2021	Fecha Fin:	28/05/2021	Contrato:	QMT-P-E210400659
Descripción (T):	Abono elaborado mediante el método Tokatura T-2.				
Fecha/Hora Muestra:	06/05/2021	Muestreado por:	LUIS GABRIEL REQUENA MEDINA		
Lugar de Muestra:	Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos San la Rosa - Rimac.				
Punto de Muestra:	Cama 1 y cama 4				

A continuación se exponen en el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con las ensayos realizadas.

Los resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Leonardo Crivillero Amancio

FECHA EMISIÓN: 28/05/2021

OBSERVACIONES (T):

Nº de Referencia:	FT-21/00077	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS
Descripción [1]:	Abono elaborado mediante el método Takara T-2.	Fecha Fin:	29/05/2021

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert.
<b>Parámetros Físicos</b>			
Impurezas > 2 mm	9,20	%	-
Materia Seca	61	%	-
<b>Parámetros Químicos</b>			
1. pH (Extracto 1/10)	7,98		-
Azufre	1,28	%	-
Boro	132,10	mg/kg	-
Calcio	3,98	%	-
Cloruros	12,140	mg/kg	-
Cobre	57,30	mg/kg	-
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/10) s.m.s.	1836,45	µS/cm a 20° C	-
Fósforo	1,82	%	-
Hierro	11.000	mg/kg	-
Magnesio	1,36	%	-
Manganeso	388,50	mg/kg	-
Materia Orgánica Total	2,35	%	-
Matilideno	9,95	mg/kg	-
Nitrógeno Total	2,57	%	-
Palasio	1,10	%	-
Relación C/N	11,06		-
Sodio	5.102,01	mg/kg	-
Zinc	226	mg/kg	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otras datos descriptivos, marcados con [1]. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

Nº de Referencia:	FF-21/000777	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS
Descripción (1):	Abo no elaborado mediante el método Takatara T-2.	Fecha Fin:	28/05/2021

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PHI	Técnica	Ref. Norma:	Lim Cuantif/ Detect[1]
<b>Parámetros Físicos</b>				
Impurezas > 2 mm	PEC-395	Gravimetría		0,01 %
Materia Seca	PEC-022			1,01 %
<b>Parámetros Químicos</b>				
pH (Extracto 1/10)	PEC-001	Electrometría		2,00
Azufre	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,03 %
Boro	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Calcio	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,035 %
Cobalto	PEC-336	Análiz. Flujo Segmentada		300 mg/kg
Cobre	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/10) s.m.s.	PEC-002	Conductimetría		70,0 µS/cm a 20° C
Fósforo	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,05 %
Hierro	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Magnesio	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,06 %
Manganeso	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Materia Orgánica Total	PEC-012	Gravimetría		1,00 %
Molibdeno	PEC-009	Espect. ICP-OES		2,50 mg/kg
Nitrógeno Total	PEC-034	Anál. Elemental		1,50 %
Palasio	PEC-009	Espect. ICP-OES		0,024 %
Relación C/N	PEC-041	Calculado		1,01
Sodio	PEC-009	Espect. ICP-OES		2,50 mg/kg
Zinc	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg

(1) Lim. Cuantif. de laboratorio de control de calidad de AGQ Labs. En función de la sensibilidad de los métodos de análisis utilizados en el laboratorio de AGQ Labs.



Nº de Referencia:	FT-21/000777	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (T):	REQUENA MEDINA LUIS GABRIEL
Análisis:	FT-P-R-0004	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	NO INDICA
Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS	Fecha Recepción:	26/04/2021	ITP:	QMT-P-E210400659
Fecha Inicio:	05/05/2021	Fecha Fin:	17/05/2021	Cliente 3º ITP:	---
Descripción (T):	Abono elaborado mediante el método Bokashi B-1.				
Fecha/Hora Muestra:	26/04/2021	Muestreado por:	LUIS GABRIEL REQUENA MEDINA		
Lugar de Muestra:	Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos San la Rosa - Rimac.				
Punto de Muestra:	Cama 1 y cama 4				

A continuación se exponen en el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con las ensayos realizados.

Los resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Leonora Crivillero Amancio

FECHA EMISIÓN: 18/05/2021

OBSERVACIONES (T):

Nº de Referencia:	FT-21/000777	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGÁNICOS
Descripción[*]:	Abono elaborado mediante el método Batashi B-1.	Fecha Fin:	17/05/2021

## RESULTADOS ANALÍTICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert.
<b>Parámetros Físicos</b>			
Impurezas > 2 mm	17,10	%	±1
Materia Seca	43	%	±1
<b>Parámetros Químicos</b>			
L. pH [Extracto 1/10]	9,08		±1
Azufre	0,88	%	±1
Boro	115,20	mg/kg	±1
Calcio	3,24	%	±1
Carbonos	10,243	mg/kg	±1
Cobre	40,40	mg/kg	±1
Conductividad Eléctrica [Extracto 1/10] s.m.s.	9,370	µS/cm a 20°C	±1
Fósforo	1,33	%	±1
Hierro	9,619	mg/kg	±1
Magnesio	0,88	%	±1
Manganeso	359	mg/kg	±1
Materia Orgánica Total	51,6	%	±1
Molibdeno	9,68	mg/kg	±1
Nitrógeno Total	2,11	%	±1
Potasio	0,95	%	±1
Relación C/N	20,7		±1
Sodio	6,933	mg/kg	±1
Zinc	208	mg/kg	±1

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con [\*]. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

Nº de Referencia:	FT-21/00077	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS
Descripción (1):	Abono elaborado mediante el método Bokashi B-1.	Fecha Fin:	17/05/2021

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PHI	Técnica	Ref. Norma:	Lim Cuantif/ Detect(1)
<b>Parámetros Físicos</b>				
Impurezas > 2 mm	PEC-395	Gravimetría		0,01 %
Materia Seca	PEC-022			1,01 %
<b>Parámetros Químicos</b>				
pH (Extracto 1/10)	PEC-001	Electrometría		2,00
Azufre	PEC-009	Especi. ICP-OES		1,03 %
Boro	PEC-009	Especi. ICP-OES		5,00 mg/kg
Calcio	PEC-009	Especi. ICP-OES		1,035 %
Cobalto	PEC-336	Análiz. Flujo Segmentada		300 mg/kg
Cobre	PEC-009	Especi. ICP-OES		5,00 mg/kg
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/10) s.m.s.	PEC-002	Conductimetría		70,0 µS/cm a 20° C
Fósforo	PEC-009	Especi. ICP-OES		1,05 %
Hierro	PEC-009	Especi. ICP-OES		5,00 mg/kg
Magnesio	PEC-009	Especi. ICP-OES		1,06 %
Manganeso	PEC-009	Especi. ICP-OES		5,00 mg/kg
Materia Orgánica Total	PEC-012	Gravimetría		1,00 %
Molibdeno	PEC-009	Especi. ICP-OES		2,50 mg/kg
Nitrógeno Total	PEC-034	Anál. Elemental		1,50 %
Palasio	PEC-009	Especi. ICP-OES		0,024 %
Relación C/N	PEC-041	Calculado		1,01
Sodio	PEC-009	Especi. ICP-OES		2,50 mg/kg
Zinc	PEC-009	Especi. ICP-OES		5,00 mg/kg

(1) Lim. Cuantif. de laboratorio de AGQ Labs. El lim. Detect. de laboratorio de AGQ Labs es el menor valor de la muestra que puede ser detectado por el laboratorio de AGQ Labs.

Nº de Referencia:	FT-21/000777	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGÁNICOS
Descripción [1]:	Abo no elaborada mediante el método Batashi B-1.	Fecha Fin:	17/05/2021

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La Inzeri Exp. (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura de 2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

(1) El Fin. Cuantía el dato a partir del cual se genera el informe de ensayo. El Fin. Búsqueda de datos a partir de los cuales se genera el informe de ensayo. El Fin. Búsqueda de datos a partir de los cuales se genera el informe de ensayo.

Nº de Referencia:	FT-21/00077	Registro en:	AGQ Perú	Cliente (1):	REQUEÑA MEDINA LUIS GABRIEL
Análisis:	FT-PR-0004	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (1):	NO INDICA
Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS	Fecha Recepción:	06/05/2021	Contrato:	QMT-PE 210400658
Fecha Inicio:	12/05/2021	Fecha Fin:	28/05/2021	Cliente (2) (1):	---
Descripción (1):	Abo na elaborada mediante el método Bokashi B-2.				
Fecha/Hora Muestra:	06/05/2021	Muestreado por:	LUIS GABRIEL REQUEÑA MEDINA		
Lugar de Muestra:	Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Santa Rosa - Rimac.				
Punto de Muestra:	Cama 1 y cama 4				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico, asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con las ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Leonardo Crivillero Amancio

FECHA EMISIÓN: 28/05/2021

OBSERVACIONES (1):

Nº de Referencia: FT-21,000777 Descripción (1): Abono elaborado mediante el método Batashi B-2.	Tipo Muestra: FERTILIZANTES ORGÁNICOS Fecha Fin: 28/05/2021
--	--

## RESULTADOS ANALÍTICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert.
<b>Parámetros Físicos</b>			
Impurezas > 2 mm	12,50	%	-
Materia Seca	51	%	-
<b>Parámetros Químicos</b>			
1. pH (Extracto 1/10)	8,26		-
Acúfe	1,02	%	-
Boro	126,90	mg/kg	-
Calcio	3,41	%	-
Cálcicos	11.130	mg/kg	-
Cobre	47,23	mg/kg	-
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/10) s.m.s.	2.640	µS/cm a 20° C	-
Fósforo	1,52	%	-
Hierro	10.590,90	mg/kg	-
Magnesio	1,19	%	-
Manganeso	362	mg/kg	-
Materia Orgánica Total	46,1	%	-
Molibdeno	9,81	mg/kg	-
Nitrógeno Total	2,30	%	-
Potasio	0,95	%	-
Relación C/N	15,2		-
Sodio	7.016,40	mg/kg	-
Zinc	219	mg/kg	-

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (1). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

Nº de Referencia:	FT-21/00077	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGANICOS
Descripción (1):	Abono elaborado mediante el método Bokashi B-2.	Fecha Fin:	28/05/2021

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PHI	Técnica	Ref. Norma:	Lim Cuantif/ Detect[1]
<b>Parámetros Físicos</b>				
Impurezas > 2 mm	PEC-395	Gravimetría		0,01 %
Materia Seca	PEC-022			1,01 %
<b>Parámetros Químicos</b>				
pH (Extracto 1/10)	PEC-001	Electrometría		2,00
Azufre	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,03 %
Boro	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Calcio	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,035 %
Cobalto	PEC-336	Análiz Flujo Segmentada		300 mg/kg
Cobre	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/10) s.m.s.	PEC-002	Conductimetría		70,0 µS/cm a 20° C
Fósforo	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,05 %
Hierro	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Magnesio	PEC-009	Espect. ICP-OES		1,06 %
Manganeso	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg
Materia Orgánica Total	PEC-012	Gravimetría		1,00 %
Molibdeno	PEC-009	Espect. ICP-OES		2,50 mg/kg
Nitrógeno Total	PEC-034	Anál. Elemental		1,50 %
Palasio	PEC-009	Espect. ICP-OES		0,024 %
Relación C/N	PEC-041	Calculado		1,01
Sodio	PEC-009	Espect. ICP-OES		2,50 mg/kg
Zinc	PEC-009	Espect. ICP-OES		5,00 mg/kg

(1) Lim. Cuantif. de laboratorio de AGQ Labs. El lim. Detect. de laboratorio de AGQ Labs es el menor valor de la muestra que puede ser detectado en el laboratorio de AGQ Labs.

Nº de Referencia:	FT-21,000777	Tipo Muestra:	FERTILIZANTES ORGÁNICOS
Descripción (1):	Abono elaborado mediante el método Bokashi B-2.	Fecha Fin:	28/05/2021

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La Inzeri Exp. (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura de 2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

(1) El fin, cobertura, el uso o para el cual se reportan los resultados de ensayo, no debe ser utilizado para fines que no sean los que se especifican en el presente informe de ensayo.

Registro Fotográfico









