



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Valorización de Residuos Orgánicos Municipales y su Compostaje
Mediante el Método Takakura, Distrito de San Jerónimo,
Andahuaylas 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Becerra Hurtado, Gady Miriam (ORCID: 0000-0003-2608-4655)

ASESOR:

Mag. Honores Balcazar, Cesar Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedicado a mi madre y padre, como un reconocimiento al esfuerzo, que pese a las limitaciones económicas y sociales supieron llevar adelante a 8 hijos, quienes vemos en ustedes el ejemplo de que todo se puede lograr con perseverancia y amor. A mis queridos hermanos porque en cada dificultad que se me presentó en la vida supieron ayudarme y guiarme para seguir siendo una persona de bien. A ti mi compañero de vida Juan y a mi motor y motivo, mi pequeña Sofía.

Agradecimientos

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme gozar de sus maravillosas bendiciones.

A mis padres y hermanos, porque son el pilar fundamental que ayudaron mi formación como persona, por los valores que me enseñaron y por creer que si puedo.

A mi querido esposo, por alentarme a seguir estudiando y a cumplir todas mis metas, por las veces que caí y fuiste capaz de levantarme y ser mi ayuda idónea.

Al Blgo. Alexei Reynaga Medina, por tu apoyo incondicional en la elaboración de esta investigación como mi asesor, por tus consejos y motivaciones, pero sobre todo por tu amistad.

A mi docente y asesor, el ing. César Honores Balcázar, por haber sido mi guía en todo el proceso de elaboración de mi trabajo de investigación.

A la UCV, por haberme abierto sus puertas y cobijarme en los momentos difíciles de incertidumbre y permitirme vestir sus colores que sin duda pondré en alto.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	23
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	23
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS:...	24
3.4 PROCEDIMIENTOS:.....	26
3.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	38
3.6 ASPECTOS ÉTICOS	39
IV. RESULTADOS	40
V. DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	59
VII. RECOMENDACIONES.....	60
VIII. REFERENCIAS	61
IX. ANEXOS.....	67

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Clasificación de residuos sólidos, según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos</i>	12
Tabla 2: Organismos presentes en el proceso de compostaje	21
Tabla 3: Fuentes de generación su efectividad en la segregación desde la fuente..	29
Tabla 4: Residuos compostables y no compostables	30
Tabla 5: <i>Relación y proporción de insumos método takakura</i>	32
Tabla 6: <i>Test de parámetros físicos del compost</i>	37
Tabla 7: <i>Parámetros que determinan la calidad de compost</i>	38
Tabla 8: <i>Composición de residuos municipales – Origen domiciliario</i>	40
Tabla 9: <i>Composición de residuos municipales – Origen No domiciliario</i>	42
Tabla 10: <i>Residuos orgánicos recolectados</i>	44
Tabla 11: <i>Residuos segregados por fuente de generación</i>	44
Tabla 12: <i>Fuentes de generación de residuos orgánicos</i>	45
Tabla 13: <i>Formato de resultados del monitoreo y control de parámetro Pila 01</i>	46
Tabla 14: <i>Formato de resultados del monitoreo y control de parámetros Pila 02</i>	46
Tabla 15: <i>Formato de resultados del monitoreo y control de parámetros Pila 03</i>	47
Tabla 16: <i>Características físicas del compost takakura</i>	52
Tabla 17: <i>Evaluación test de Bonitut</i>	52
Tabla 18: <i>Parámetros químicos del compost takakura y evaluación de calidad</i>	53
Tabla 19: <i>Eficiencia de reducción de método takakura</i>	54

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Clasificación de residuos sólidos municipales, según la Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales.....	13
Figura 2: Fases de descomposición del compostaje.....	19
Figura 3: Datos geográficos del distrito de San Jerónimo	27
Figura 4: Flujo de diagnóstico problemática actual del manejo de residuos sólidos	28
Figura 5: Flujo del proceso de elaboración de compost método takakura	36
Figura 6: Composición de residuos sólidos municipales domiciliarios	41
Figura 7: Composición de residuos sólidos municipales no domiciliarios	43
Figura 8: Temperatura 3 pilas de compostaje takakura y días de evaluación	48
Figura 9: Humedad de las 3 pilas de compostaje y días de evaluación	49
Figura 10: Evolución del Ph, días de evaluación.....	50
Figura 11: Evolución de la conductividad eléctrica y días de control.....	51

Resumen

El objetivo general fue determinar el método compostaje Takakura para valorizar los residuos orgánicos municipales, este estudio es de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de tipo descriptivo, se realizó el diagnóstico de las fuentes de generación de residuos orgánicos del distrito de San Jerónimo que son el mercado (37.4%), viviendas (32.4%), restaurantes (27.6%) y parques y jardines (2.5%), por 2 semanas se recogieron los residuos orgánicos y se instaló 3 Pilas de compostaje con 2100 Kg de residuos orgánicos y semilla takakura. Se hizo un control durante el proceso de compostaje (T°, humedad, pH y C/E) cada 5 días, los parámetros en las Pilas presentaron resultados similares, en general se ve que el periodo mesófilo duró 5 días, el termófilo 25 días, el enfriamiento 15 días y 5 días de estabilización, siendo en total de 50 días (1 mes y 20 días). Los resultados de las características físicas y químicas del compost Takakura indican una Humedad (39 %), Conductividad eléctrica (2.8 dS/m), Ph (7.2), Relación de C/N (10:1), Nitrógeno (1.37 %), Fósforo (0.08 %) y Potasio (0.9 %) los cuales están en los rangos de calidad de compost según la NTP 201.207.2020.

Palabras clave: Valorización, compostaje, takakura

Abstract

The general objective was to determine the Takakura composting method to value municipal organic waste, this study is descriptive with a quantitative approach, non-experimental design and descriptive type, the diagnosis of the sources of generation of organic waste in the district was made. of San Jerónimo which are the market (37.4%), homes (32.4%), restaurants (27.6%) and parks and gardens (2.5%), organic waste was collected for 2 weeks and 3 composting piles with 2100 Kg were installed organic waste and takakura seed. A control was made during the composting process (T°, humidity, pH and C/E) every 5 days, the parameters in the Piles presented similar results, in general it is seen that the mesophyll period lasted 5 days, the thermophile 25 days. , cooling 15 days and stabilization 5 days, being a total of 50 days (1 month and 20 days). The results of the physical and chemical characteristics of the Takakura compost indicate Moisture (39%), Electrical conductivity (2.8 dS/m), Ph (7.2), C/N ratio (10:1), Nitrogen (1.37%), Phosphorus (0.08%) and Potassium (0.9%) which are in the compost quality ranges according to NTP 201.207.2020.

Keywords: Valorization, composting, takakura

I. INTRODUCCIÓN

La generación de los residuos sólidos actualmente a nivel mundial se ha convertido en un problema ambiental, social y político, debido a factores como la expansión urbana, el crecimiento de la población, el consumismo de productos empacados, el incremento de las actividades productivas agrava esta situación. Por otro lado, la escasa planificación y las pocas medidas que se toma al respecto por parte de las autoridades, población y demás involucrados hace que se convierta en un problema ambiental con consecuencias nefastas para las personas y el ambiente que nos rodea, ante esta situación se necesita de iniciativas y planteamiento de soluciones como la reducción, segregación, reciclaje, valorización, entre otros que estén basadas en una economía circular sustentable.

El Perú cuenta con aproximadamente 30 millones de personas, que diariamente generamos alrededor de 21 mil toneladas de residuos sólidos municipales por día (252 millones de toneladas /Año), lo cual equivale a 0.8 Kg/día por habitante, así mismo tenemos que 92,822.84 toneladas de residuos sólidos se valorizaron el año 2020 en todo el país de ese total, 24,423.22 toneladas han sido residuos inorgánicos municipales (papeles, plásticos, vidrio, latas, entre otros), también se tiene que 68,399.63 toneladas son residuos orgánicos municipales (restos de frutas, verduras, cereales, provenientes de mercados, o viviendas y otros), este paso constituye un avance importante hacia la implementación de la economía circular en el Perú, para lograr este progreso y seguir avanzando es fundamental el rol de la ciudadanía pues generar un consumo responsable y desarrollar principios relacionados a la minimización de los residuos es uno de los objetivos que tiene el país . (Sigersol 2020)

El distrito de San Jerónimo se encuentra ubicado en la Provincia de Andahuaylas departamento de Apurímac, tiene una población total de 20738 habitantes, de los cuales 12378 personas viven en la zona urbana y 8360 personas viven en la zona rural, tiene una extensión de 237.42Km². En este distrito como en otras partes del Perú en los últimos años ha experimentado muchos cambios, como el crecimiento poblacional, la migración del campo a la ciudad, aumento de las actividades

económicas, cambio en los hábitos de consumo ocasionado por la pandemia del COVID – 19, lo cual ha incrementado el consumo de productos empaquetados; los que conllevan al aumento en la generación y su deficiente gestión y manejo de los residuos sólidos municipales, esta problemática causa un impacto a nivel social, ambiental y económico en el distrito (ECRS 2019, p. 6).

Según el Estudio de caracterización de residuos municipales realizado en el distrito de San Jerónimo en el año 2019, la generación total de residuos sólidos es de 11.54Tn/día, de los cuales el 53.76% (6.2Tn/día), son residuos orgánicos que son un potencial para la valorización, la municipalidad en estos años ha implementado un programa de capacitación y recolección selectiva de manera exitosa, se llegó a recolectar hasta 400-500kg de residuos orgánicos por día, sin embargo la deficiencia está en el tratamiento que se le da a estos, pues la planta de compostaje que tiene la institución es pequeño (315m²), la que se llena rápido pues no tiene capacidad operativa para la cantidad de ingreso de residuos orgánicos diarios, se agrega a este problema que el método utilizado actualmente para compostaje es el método tradicional que demora en el proceso de descomposición entre 5-6 meses.

El impacto ambiental y social, se observa en la salud pública pues se ve afectada por la proliferación de vectores transmisores de enfermedades en los lugares de acumulación de estos residuos, ya que los procesos de descomposición de estos causan mal olor y es punto de proliferación y propagación de enfermedades. La vicepresidenta de desarrollo sostenible del Banco Mundial Laura Tuck, observa que desafortunadamente, las prácticas no saludables como “la mala gestión de los desechos está perjudicando la salud humana y los entornos locales, perjudicando al mismo tiempo los desafíos que plantea el cambio climático actualmente” (Meléndez, 2018)

La gestión inadecuada de los residuos orgánicos causa de manera directa a la generación de impactos ambientales negativos, esto se debe a que la mayoría de los residuos orgánicos son llevados directamente al relleno sanitario sin tratamiento previo, en este espacio continúan su proceso de descomposición y liberan gases de

efecto invernadero GEI, tales como el metano (CH₄), el dióxido de carbono (CO₂) que contribuyen al aumento de temperatura global, ocasionando como impacto el deshielo de los polos (Filippi, 2016). En el aspecto económico, el impacto se evidencia en el aumento de los costos en la tarifa de disposición final, pues los residuos orgánicos siempre tienen mayor porcentaje en peso, respecto al resto de residuos, la cual está asociado a los gastos excesivos por pagos y de posibles materias primas no utilizadas. Por ello el “El Banco Mundial concluye que, hacia 2025, el costo económico de manejar los residuos será cuatro veces mayor en los países de ingresos medios, como los latinoamericanos” (CEPAL, 2018, p.46).

Los residuos orgánicos y su mala disposición en botaderos y rellenos sanitarios, generan algunos de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), que provocan el calentamiento global, así como lixiviados que pueden ser incluso 50 veces más contaminantes que las descargas de aguas residuales domésticas. Así, por ejemplo, según el Sistema de Emisión de Emisiones de GEI – Perú en el año 2016, los residuos sólidos orgánicos dispuestos en los menos de 30 rellenos sanitarios que existían en ese año, generaron 4,953.3 toneladas de CO₂, sin considerar los que disponen en los más de 1,580 áreas degradadas que el OEFA identificó en el año 2018.

Bajo la premisa “No todo lo que botamos es basura”, un residuo no siempre se tiene que botar y destruir porque ya no tiene valor, sino al momento de botarlo nos pongamos a pensar si aún es posible recuperarlo dándole otro uso. En este sentido hay residuos que pueden ser valorizados en materia y energía, esto implica optimizar sus características mediante procesos de reutilización, recuperación, reciclaje y transformación.

De acuerdo con los principios de economía circular y valorización de residuos que rigen la gestión integral de residuos sólidos, es preciso tener en cuenta, por un lado, que (i) la creación de valor no se limita al consumo definitivo del recurso y debe procurarse su regeneración y recuperación; y, por otro lado, (ii) los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo pueden ser útiles en el reciclaje, el tratamiento o recuperación de suelos, la generación de energía, entre otras

opciones que eviten su disposición final, por lo que debe ser prioridad su valorización (Art. 5° Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos D.L N°1278).

Todos los generadores de residuos sólidos municipales se encuentran obligados a entregar los residuos debidamente clasificados al proveedor del servicio de limpieza pública, para facilitar su reaprovechamiento. En ese sentido, se requiere la participación y compromiso de los generadores de residuos sólidos municipales (es decir de todos los hogares, establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, centros educativos, entidades públicas y privadas, laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, veterinarias, centros comerciales, entre otros) para implementar un sistema integral de gestión y manejo de los residuos sólidos. (Art.34° Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N°1278).

En el Decreto Legislativo N° 1278 Art. 51°, establece que: “Las municipalidades deben valorizar, prioritariamente, los residuos orgánicos provenientes de mercados municipales y del mantenimiento de áreas verdes, así como, de ser posible, los residuos orgánicos que se generan en los domicilios”, para lograr esta disposición se puede emplear diversas alternativas y/o técnicas. Para efectos de esta investigación, nos centraremos en la valorización de residuos orgánicos en compostaje.

En este sentido, el método Takakura es una técnica innovadora que ha sido usado exitosamente en países como Filipinas, Tailandia, Ecuador y en el Perú en algunas regiones como Ayacucho, Lima, Chachapoyas, según estas experiencias se sabe que el compost obtenido es un producto de alta calidad y eficiencia. Estas cualidades son sumamente importantes pues permitirán determinar su uso en el campo, así como la promoción de su usanza. Diversas fuentes de investigación, manifiestan que este procedimiento disminuye el tiempo de degradación, lo cual supone una ventaja respecto de otros sistemas. (IGES, 2010, p.12). Por lo tanto, al comprobar lo antes mencionado aplicando el método Takakura en los residuos orgánicos municipales del distrito de San Jerónimo se podrá potenciar el proceso de elaboración del compostaje y la calidad de éste.

Por otra parte, el compostaje es un procedimiento que trata los residuos orgánicos hasta convertirlo en un producto estable, un abono rico en nutrientes, de buena calidad y de fácil aplicación, ya que al aplicar a los suelos mejora sus propiedades, reduce el uso de fertilizantes químicos y la contaminación ambiental según (Chelinho et al., 2019, p.2). Sin embargo, se tiene que analizar el método que mejor responde a la cantidad de residuos que genera el distrito, ya que el factor tiempo de desintegración de la materia es un problema en especial si las áreas donde se valoriza estos residuos es pequeño, es allí donde se incorporan los microorganismos aceleradores de la desintegración para lograr el compost. (Guerra, 2020, p.3)

Sobre todo, lo analizado en base a la realidad problemática se planteó la siguiente interrogante: **PG** ¿Es posible determinar el método de compostaje Takakura para valorizar los residuos orgánicos municipales en el distrito de San Jerónimo?

PE1: ¿Cuáles son las principales fuentes de generación de residuos orgánicos municipales en el distrito de San Jerónimo?

PE2: ¿Cuáles son las características físicas y químicas del compostaje de residuos orgánicos municipales con el método Takakura?

PE3: ¿Cuál es la eficiencia del método Takakura en el compostaje de los residuos orgánicos municipales?

El objetivo general fue determinar el método compostaje Takakura para valorizar los residuos orgánicos municipales.

OE1: Determinar las principales fuentes de generación de residuos orgánicos municipales.

OE2: Evaluar las principales características físicas y químicas del método Takakura en el compostaje de los residuos orgánicos municipales.

OE3: Analizar la eficiencia del método Takakura en el compostaje de los residuos orgánicos municipales.

La hipótesis de esta investigación se plantea como: Es posible determinar el método de Takakura para valorizar los residuos orgánicos municipales del distrito de San Jerónimo.

Las hipótesis específicas fueron las siguientes:

HE1: La determinación de las principales fuentes de generación de residuos orgánicos municipales mide la cantidad de residuos orgánicos valorizables.

HE2: La evaluación de los principales parámetros físicos y químicos del método Takakura en el compostaje de residuos orgánicos muestra las características propias en cada proceso.

HE3: El análisis de la eficiencia del método Takakura en el compostaje determina su aplicación en la valorización de residuos orgánicos municipales.

Al no contar con alternativas de tratamientos de residuos para minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales, se ha visto la necesidad de tratar los residuos de naturaleza orgánica, proponiendo una tecnología de aprovechamiento biológico con el fin de analizar y dar a conocer la eficiencia del método que se adapte a las necesidades de la población Jeronimiana, con ello se quiere contribuir a la conservación ambiental pues permitirá prolongar la vida útil del relleno sanitario, al disminuir la cantidad de residuos que ocupa la celda y evitando los diferentes procesos físico químicos y biológicos que sufren al degradarse, disminuyendo la producción de lixiviados.

II. MARCO TEÓRICO

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, se ha considerado algunos estudios previos referentes a:

El método Takakura, ha sido investigado tanto a nivel internacional y nacional tanto en sus bondades, características y eficiencia, pues utiliza bacterias de fermentación de fácil acceso como cáscaras de frutas, verduras, afrecho, lácteos, yogurt, entre otros. La mezcla con la basura orgánica hace posible la descomposición de estos en menor tiempo en un ambiente ventilado y su control de parámetros como la temperatura, humedad, entre otros. Para ver algunos resultados veremos algunas investigaciones:

Rivera, 2018, p.21, describe que el Método Takakura se originó en el Asia, en la ciudad de Surabaya, Indonesia, su nombre se debe a su inventor el Dr. Koji Takakura, quien implantó esta técnica con éxito en la ciudad de Surabaya. La problemática fue que en el 2004 esta ciudad emitió alrededor de 1500 toneladas de basura por día lo cual ocasionó que sus botaderos sean insuficientes, debido a esta situación, la gestión y manejo de la basura tanto orgánica e inorgánica fue un grave problema para la población y sus autoridades ya que su producción sobrepasó la capacidad para gestionarla. Entonces la basura se podía encontrar en las calles y ríos lo que ocasionó mucha contaminación ambiental, enfermedades infecciosas, sobre todo en los niños y ancianos. Entonces una de las estrategias para la reducción en la producción de residuos orgánicos fue la aplicación del método. El proceso para su aplicación fue participativo y voluntario, que inicio a través de talleres y visitas puerta a puerta, participaron cerca de 40000 hogares, se compartió y concientizó a las familias las bondades del método. Después de un periodo de evaluación, ya para el 2009, la ciudad de Surabaya producía mil toneladas de residuos sólidos al día, y al comparar las cifras de los años 2004 y 2009 se demostró que esta ciudad logró reducir aproximadamente el 35% de la basura generada por día. Así mismo al analizar las estadísticas, como uno de los logros más importantes figura que las enfermedades infecciosas desaparecieron y además los habitantes de Surabaya contaban con un compost que les ayudaba a mejorar su entorno con la fertilización de sus plantas.

Rivadeneira 2018, p.89, en la ciudad de Macas en Ecuador, realizó una investigación experimental basada en la aplicación de distintas concentraciones en cantidades de sal y azúcar con las que se elaboraron soluciones dulce y salada, las cuales fueron aplicadas a 9 camas y 9 pilas elaboradas de residuos orgánicos provenientes de los mercados municipales. En este estudio se hizo un control de todo el proceso de composta desde los sustratos y líquidos, se analizaron parámetros físico-químicos, químicos y microbiológicos, parámetros como temperatura, pH, humedad, conductividad eléctrica, relación C/N, entre otros. Así mismo se evaluó el compost final a nivel de macro y micronutrientes, metales pesados, nitratos, fosfatos, propiedades físicas, etc. En conclusión, el compost obtenido con el tratamiento C3S1D3 en cantidades adecuadas de semilla Takakura fue el más adecuado ya que los valores de C/N, IG, MO, metales pesados están dentro de los rangos de las normas internacionales para calidad de compost de la clase A siendo apto para la agricultura.

Rivera 2018, p 53., en su investigación realizada en la ciudad de Chiquimula Guatemala, se planteó evaluar modelos de composteras domiciliarias y métodos de compostaje que tenía como finalidad el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, para ello se instaló 3 métodos de tratamiento (modelo rectangular T3, modelo cilíndrico y método Takakura T4), el producto final se analizó en laboratorio y muestra como resultados que entre el tratamiento T3 conformado por el modelo rectangular y el método T4 de compostaje por fermentación "Takakura", este obtuvo mejores concentraciones de nutrientes como nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, calcio, y zinc; además presentó buen rendimiento de abono orgánico y bajo costo de implementación siendo 1:7.

Kartini, et. al. 2021. p. 12075 en Yakarta Indonesia, investigadores realizaron un estudio del método con el propósito de analizar la efectividad y el FODA del compostaje Takakura en el tratamiento de residuos orgánicos en los hogares. El resultado del estudio es que es bastante eficaz para tratar los residuos de alimentos a nivel doméstico, puesto que es una técnica fácil de implementar y económica, sin embargo, se necesita más investigación sobre el análisis comercial del compost Takakura y cómo acelerar el proceso de maduración en el momento del compostaje.

Chávez, et. al. 2018, p.8. En un estudio de investigación realizado en el restaurante del Instituto Tecnológico en Costa Rica, tenía como objetivo reaprovechar los residuos orgánicos, para lo cual se implementó 3 tipos de compostaje para así obtener abono orgánico. Para esto se hizo un análisis comparativo de 3 tratamientos diferentes denominados: Takakura (TK), Microorganismos de Montaña (MM) y Pellets con Residuos degradables (P). En el proceso se evaluaron los parámetros como humedad, pH, temperatura, y la eficiencia. Después de los análisis se determinó que el compost Takakura obtuvo el mejor resultado desde un punto de vista técnico, económico y ambiental, alcanzando fase termófila más rápidamente a una temperatura de (53°C), la humedad que presentó es entre 50 y 70%, el pH cerca de 7 y la eficiencia del 81%, por tanto, según esta investigación se concluye que el compost Takakura es una opción económicamente viable para el tratamiento adecuado de residuos orgánicos.

Zavala, 2019, p.34. El método Takakura también se utilizó para reducir los residuos orgánicos del Pueblo Joven San Borja, para ello se elaboró compostaje con la aplicación del método y se realizó el control y monitoreo de sus parámetros. Los resultados obtenidos están dentro de los rangos esperado, ya que el compost tuvo una temperatura final de 22.3°C, materia orgánica fue de 14.1%, una humedad de 62%, un pH de 6.23 y una conductividad eléctrica de 12.3 dS/m, analizado estos datos se concluyó que según con los estándares de calidad de compost, el compost obtenido es de buena calidad, así mismo se determina que la comparación realizado de los estudios de caracterización de residuos antes y después de, dio como positivo a la reducción de residuos orgánicos en un 50.87%.

Mejía et. al. 2019, p. 14. En la ciudad de Riobamba Ecuador, se realizó una investigación que tuvo como objetivo el reaprovechamiento de la materia orgánica domiciliaria con la implementación de 4 modelos y métodos de compostaje domiciliario como: compostaje tradicional, Takakura, Co-compostaje y vermicompostaje. Se realizó el control y monitoreo de características como la temperatura, humedad, pH y como parámetros de observación del proceso del Co-compostaje y Takakura, se evaluaron: El pH, %MO iniciales y finales, CE, %IG, (NPK), (Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn). Como conclusión afirma que los abonos obtenidos de los tres tipos de tratamientos de

compostaje cumplen con los estándares de calidad para ser utilizados en la agricultura, sin embargo, menciona que el compostaje tradicional, tiene que mezclarse con otros sustratos para así mejorar su calidad, lo cual quiere decir que hay deficiencia en algunos elementos.

Bases teóricas

Para realizar el presente trabajo de investigación se tomó de base el Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que en su artículo 37° determina que la valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos. Esta incluye las actividades de reciclaje, reutilización, valorización energética, compostaje, entre otras alternativas, y se realiza en infraestructura adecuada y autorizada para tal fin, dentro de este contexto el trabajo es viable y permitirá valorizar los residuos orgánicos municipales en compostaje con aplicación de un método innovador como es el Takakura.

El MINAM -DGRS, 2021, estima que en el Perú una persona genera 0.58 kilogramos de residuos de las cuales el 57.5% corresponde a residuos orgánicos. Así también se emite 4.482 Mt CO₂ eq (4.482 millones de toneladas de CO₂ equivalente) por la disposición final de los residuos sólidos municipales, siendo los residuos orgánicos los principales responsables de las emisiones de GEI. Si los residuos orgánicos fueran destinados a plantas de compostaje para la producción de COMPOST, y no a rellenos sanitarios, se lograría reducir las emisiones atmosféricas contaminantes considerablemente, ya que la valorización de los residuos orgánicos municipales contribuye a la reducción de GEI. Por ejemplo, por cada tonelada de residuos orgánicos que se valoriza en plantas de compostaje, se logra reducir 180 kg CO₂ eq.

Tello. 2018, p.8. En cuanto al concepto de valorización de residuos orgánicos, se puede definir como la obtención de energía a partir de tratamientos biotecnológicos (con microorganismos descomponedores como las bacterias y hongos), a los residuos biodegradables para la producción de compost, biochar y otras transformaciones biológicas que eviten su disposición final.

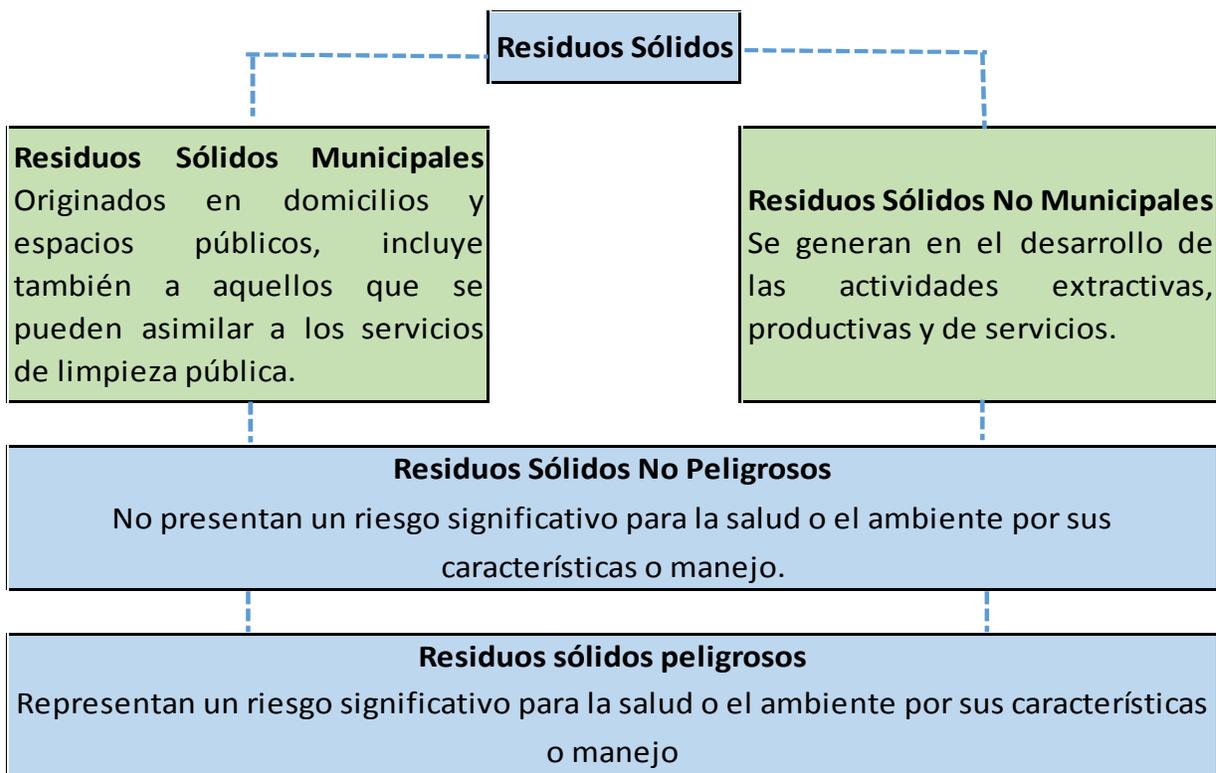
Takakura, 2010, p.12. Menciona que el compost Takakura es un método sencillo y económico, ya que utiliza microorganismos como bacterias y hongos fermentados por soluciones dulce y salado, que a su vez son mezclados con residuos orgánicos de índole vegetal y animal, el resultado es un abono orgánico rico en nutrientes que favorecen la calidad de suelos y por ende el desarrollo de las plantas. Este método de compostaje es económico debido a que sus ingredientes o elementos utilizados son fáciles de conseguir, los microorganismos como hongos y bacterias ayudan a degradar la materia orgánica, así mismos parámetros como la temperatura ayuda a eliminar patógenos del proceso.

Marco conceptual

Los residuos sólidos son aquellas sustancias, productos y subproductos, material o elemento en estado sólido o semisólido que resulta del consumo o uso de un bien o servicio, del cual el generador dispone, o está obligado a disponer, de acuerdo a los riesgos que causan a la salud y el ambiente, priorizando su valorización o en último caso su disposición final (D. Legislativo N° 1278). En otras palabras, residuos sólidos son todas aquellas sustancias o productos que ya no necesitamos pero que algunas veces pueden ser aprovechados.

Según la forma de administración en la gestión y manejo de los residuos sólidos por parte de las autoridades gubernamentales corresponden al ámbito en el que los residuos sólidos se generaron. Es así que, existen autoridades para la gestión y manejo de residuos sólidos del ámbito municipal y autoridades para la gestión y manejo de residuos sólidos del ámbito no municipal. Por esta razón, la Ley de residuos sólidos establece la siguiente clasificación:

Tabla 1: Clasificación de residuos sólidos, según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos



Fuente: D.L N°1278, Artículo 31° y anexo: definiciones de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos - Elaboración propia

Clasificación de los Residuos Sólidos Municipales

De acuerdo a las normas vigentes los residuos sólidos municipales pueden ser clasificados por tipos de generadores, de la siguiente manera:

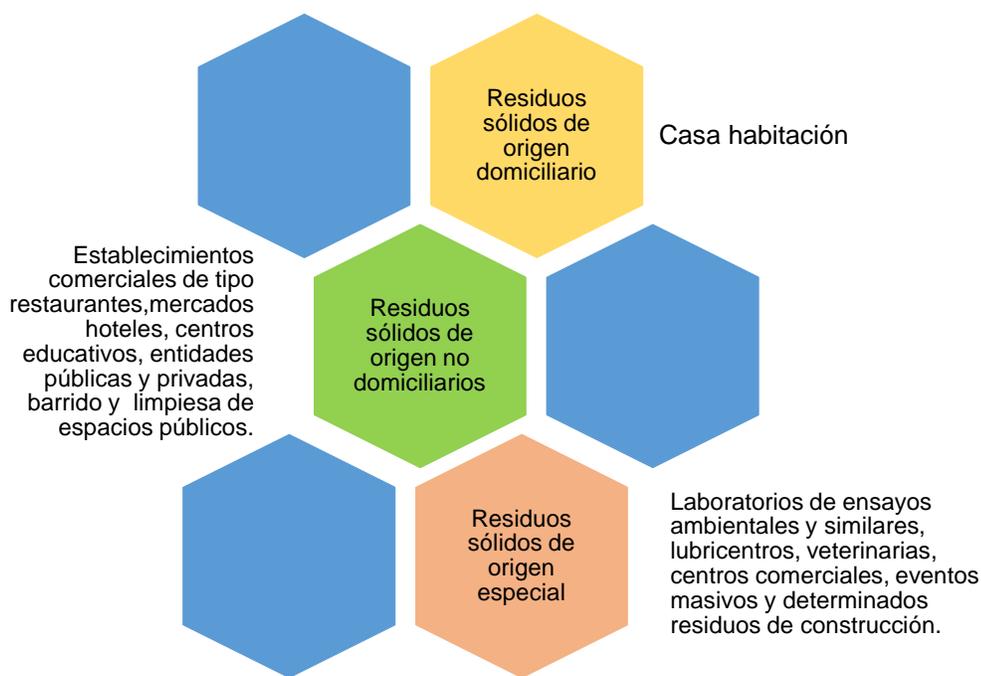
Residuos sólidos domiciliarios, que comprenden como fuente de generación a las viviendas, predios, entendiéndose como tales a cualquiera de los predios con el uso específico “casa habitación”; los cuales se pueden clasificar por el nivel socioeconómico (alto, medio y bajo).

Residuos sólidos no domiciliarios, comprenden una amplia diversidad de actividades económicas e institucionales tales como: restaurantes, establecimientos

comerciales, mercados, hoteles, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos.

Residuos sólidos municipales especiales, comprenden a aquellos residuos que son generados en áreas urbanas, sin embargo por su volumen o características, requieren de un manejo específico, por ejemplo los residuos de laboratorios de ensayos ambientales y similares, centros veterinarios, lubricentros, concentraciones, centros comerciales, eventos masivos como conciertos, ferias, y movilización temporal humana, residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales (MINAM 2019. Guía de caracterización de residuos sólidos p22).

Figura 1: Clasificación de residuos sólidos municipales, según la Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales



Fuente: Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, aprobada por la Resolución Ministerial N° 457-2018-MINAM - Elaboración propia

Segregación y Almacenamiento de los Residuos Sólidos

Según lo establecido en la Norma Técnica Peruana 900.058:2019 GESTIÓN DE RESIDUOS. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos. 2ª Edición, con el propósito de contribuir en minimizar los problemas de contaminación ambiental. Así mismo esta norma recomienda que, para el transporte y manejo de los residuos sólidos ejecutado por las municipalidades o empresas operadoras autorizadas, el traslado se realice siguiendo los protocolos establecidos y con el empleo de vehículos apropiados para facilitar su almacenamiento, valorización, recolección o disposición final.

Para el almacenamiento de los residuos sólidos en la gestión municipal, los colores establecidos son:

Color marrón: Residuos orgánicos:

Lo constituyen los residuos que se degradan, como los restos de verduras, hortalizas y frutas, restos de poda, pastos, hojas verdes y flores, aserrín, rastrojos, restos de pan, productos lácteos (sin recipiente), frutos secos, cereales, cascara de huevo, restos de café, té, estiércol de animales de granja, y otros.

Color verde: Residuos Aprovechables

Lo constituyen los residuos que aún se pueden aprovechar, como los papeles, cartones, vidrios, plásticos y sus derivados, textiles, metales, madera, cuero, entre otros.

Color negro: Residuos no aprovechables

Estos residuos lo constituyen aquellos que ya no se pueden aprovechar, la basura común, residuos sanitarios, papel metalizado y encerado, pañales, chicles, calzados, bolígrafos, colilla de cigarro, cerámicos, preservativos, hisopos, descartables y tecnopor, tejidos sintéticos, envolturas de productos y golosinas, bolsas plásticas de un solo uso, entre otros.

Color rojo: Residuos peligrosos / Biocontaminados

Estos residuos lo constituyen los residuos peligrosos y bio contaminados como la mascarilla, guantes, gorros descartables, pilas, medicinas, empaques de plaguicidas, entre otros.

Valorización de los Residuos Sólidos

Se puede definir como la producción de energía a partir de tratamientos aplicados a los residuos, los cuales pueden ser, tratamientos térmicos, gasificación, incineración, pirolisis; compostaje, co-procesamiento, biogás, fabricación de combustibles, reciclado, etc. que demuestren la viabilidad económica, técnica, y ambiental (Tello, et. al, 2018).

Los residuos se valorizan por medio de mecanismos de reciclaje y de recuperación energética logrando así minimizar su cantidad inicial, reduciendo lo más posible la fracción orgánica dirigida a los rellenos sanitarios, lo cual sólo debe pasar cuando ya no exista la posibilidad de otros medios de recuperación para estos (Graziani, 2018).

En el Artículo 51° del Decreto Legislativo N°1278 Ley de la Gestión Integral de los residuos sólidos, señala sobre la Valorización de residuos orgánicos municipales; “Las Municipalidades deben valorizar, prioritariamente, los residuos orgánicos provenientes de mercados municipales, del mantenimiento de áreas verdes, así como de ser factible, los residuos orgánicos de origen domiciliario. El compost, humus, biochar producido de los residuos orgánicos deben beneficiar prioritariamente a los parques y jardines municipales. En caso de que haya excedentes estos pueden ser destinados a la donación o intercambio con otras Municipalidades”. (Decreto Legislativo N° 1278, 2016).

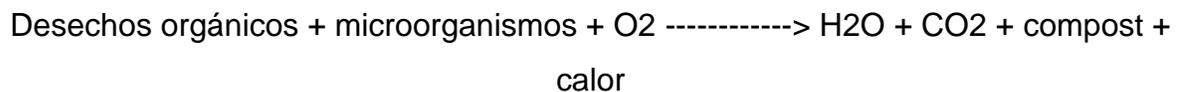
Para no confundir y entender los términos de “valorización” y “valoración”, debemos acudir al ente rector que es el Ministerio del Ambiente, que en este caso define el término de valorización que está relacionado con el reaprovechamiento, en darle un valor agregado o uso a un producto, el cual se considera en desuso, mientras que el término de valoración, está relacionado con el valor monetario o económico que se le

da a un bien o servicio ecosistémico que también se puede denominar valoración económica, según la Guía de Valoración Económica del Patrimonio Natural (Ministerio del Ambiente, 2016).

El Compostaje

El compostaje se puede definir como la transformación de los residuos orgánicos degradados por distintos agentes descomponedores como las bacterias y hongos en condiciones aerobias; para ello es importante el control de los parámetros físicos, químicos y biológicos, que intervienen en su metabolismo como el agua, la temperatura, este proceso tiene el objetivo de activar materia orgánica para su descomposición y obtener un compost de calidad. (Bohorques, 2019, p.9).

El compostaje es el producto de un proceso de valorización de los residuos orgánicos, con la presencia de microorganismos que degradan la materia orgánica en condiciones óptimas de agua, oxígeno y temperatura fundamentalmente (Liu et al., 2017), este proceso ha sido descrito por Neugebauer y Solowiej (2017), con la siguiente ecuación:



El uso del compost tiene muchos beneficios en el sector agrícola, esto debido a que este abono natural es el resultado de un proceso controlado que mejora las características físicas del suelo (mejora la aireación, la acumulación de agua, densidad y composición), químicas (proporciona nutrientes y regula el pH) y biológicas (se adiciona microorganismos benéficos para el crecimiento de las plantas, así mismo su uso incrementa la materia orgánica en los suelos. (Bohórques, 2019, p.24).

El compostaje es una alternativa para realizar un tratamiento biológico, que puede definirse como un proceso de degradación y estabilización que se da tanto en un medio aerobio (en presencia de oxígeno), que es obtenida en un ambiente abierto, así también tenemos el proceso de compostaje que se lleva a cabo en un medio anaeróbico (ausencia de oxígeno) que se lleva a cabo en un ambiente cerrado, en

ambos casos interviene la acción de poblaciones de microorganismos que descomponen la materia orgánica (Graziani, 2018,p.17).

El compost es la materia orgánica estabilizada que se puede usar para reducir el uso de los agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, combustibles), de esta manera se recupera la calidad de los suelos degradados y se restaura su fertilidad, esta práctica daría como resultado directo en la disminución de los costos de producción y la prevención de impactos ambientales negativos (Pergola et al., 2018), debido a sus efectos múltiples beneficios del compost se le atribuye de ser un mejorador eficaz de la calidad del suelo. El compost debe promoverse para reducir costos y mantener la salud del suelo, como una alternativa viable en especial para los pequeños agricultores, ya que puede revertir el efecto negativo de los insumos químicos que se usa como fertilizantes, pues mejora la respiración, aumenta la biomasa del suelo al contener una rica diversidad de microorganismos benéficos que aumenta la fertilidad orgánica del suelo (Sharma et al., 2017).

Parámetros para evaluar del proceso de compostaje:

El proceso de compostaje implica la intervención de factores físicos y químicos que intervienen en la velocidad de las reacciones de fermentación, oxidación, degradación, los cuales determinan la calidad del compost obtenido, constituyen los principales factores que están implicados en el proceso de compostaje, (Bohorques, 2019, p.10-20), estos factores son los siguientes:

La temperatura, es uno de los factores más importantes en el proceso de compostaje, pues determina las reacciones bioquímicas y la actividad metabólica de los microorganismos. Cuando la temperatura se incrementa, el proceso y desarrollo metabólico se activa y la materia orgánica se degrada de forma rápida, cuando llega a un punto crítico y empieza a descender, el proceso se ve afectada (Bohorques, 2019, p.10).

Las fases del proceso de compostaje según la temperatura son:

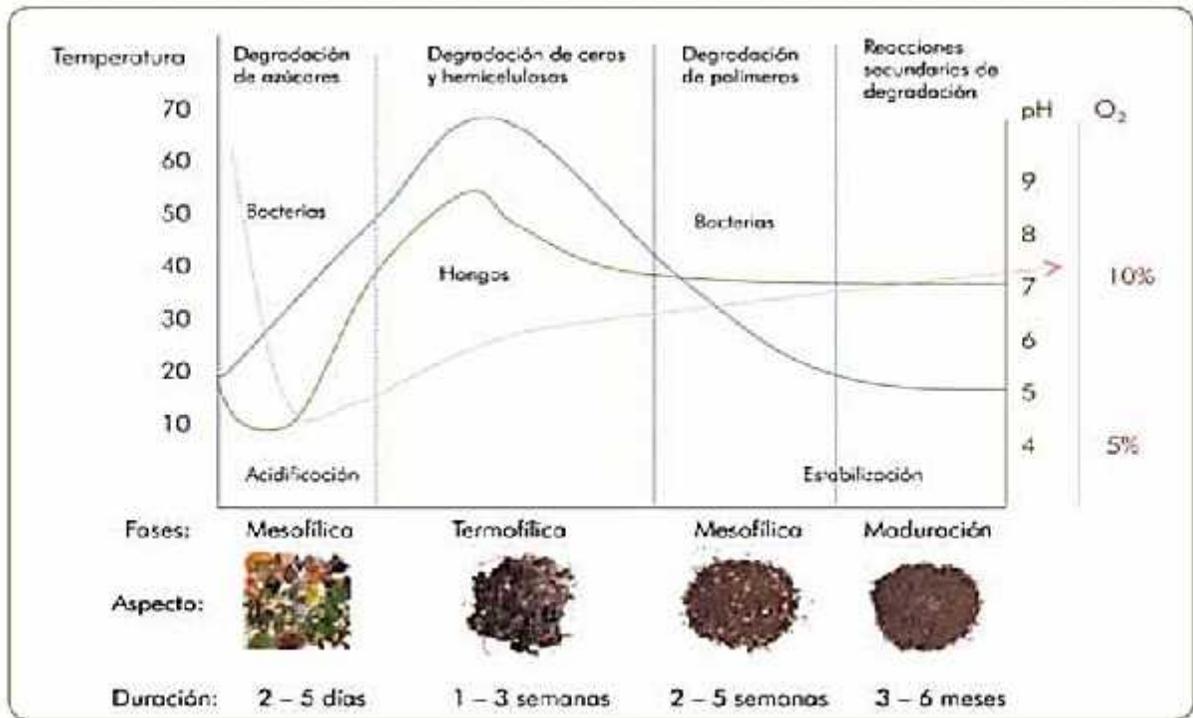
- ☞ Fase mesofílica: Es donde comienza el proceso de compostaje, dura alrededor de 2-10 días, es esta fase es cuando la diversidad de bacteria y hongos se multiplican y la temperatura se incrementa, degradando los materiales como las proteínas, almidones, carbohidratos que son fácilmente degradables (35–40°C) (Rossi, 2016).

- ☞ Fase termofílica: en este proceso se da un aumento a temperaturas máximas, puede alcanzar hasta 65 e incluso 70°C, en este proceso la descomposición avanza rápidamente y conduce a la producción de más energía térmica. La materia orgánica que es degradada en esta fase es más compleja, como la celulosa, la lignina y las grasas. También hay un aumento de pH debido al alto nivel de amoníaco (Van der Wurff et al., 2016). Así mismo al incrementarse la temperatura se produce la higienización, es decir que los microorganismos patógenos y larvas mueren.

- ☞ Segunda fase mesófila: llamado también fase de estabilización, en esta fase se genera un descenso de la temperatura hasta temperatura ambiente (40-45°C), esto debido a la falta de nutrientes, la velocidad de degradación disminuye y aparecen los microorganismos mesófilos, logrando la disminución del material fácilmente degradable, eliminándose los hongos termofílicos (Cantor, 2014).

- ☞ Fase de maduración: en esta fase ocurren complejas reacciones de condensación y polimerización, que dan como resultado el compost como producto final. Las propiedades químicas se estabilizan, la temperatura baja a nivel ambiente, es necesario que esta fase tenga la duración de tal forma que el material adquiera la madurez y la estabilidad necesaria para la aplicación agrícola (Comesaña et al. 2017).

Figura 2: Fases de descomposición del compostaje



Fuente: Comesaña et al., 2017. p.89

Oxígeno, los microorganismos implicados en el proceso de compostaje en su mayoría son organismos aerobios, por lo cual es indispensable que el medio tenga el nivel óptimo de oxígeno, esto se logra realizando volteos manualmente. Al disminuir el oxígeno utilizable, disminuye la actividad de los microorganismos que necesitan de este elemento para vivir, el tiempo de transformación y degradación de la materia se reduce considerablemente, esto causa que se generen malos olores ya que en este estado se incrementan los microorganismos anaerobios. (Bohorques, 2019, p.16).

Humedad, el proceso de compostaje requiere un porcentaje adecuado de humedad, por lo cual este parámetro es importante para el desarrollo de los organismos descomponedores, el agua es necesario pues es el espacio donde se alimentan, habitan y realizan diferentes funciones como el transporte de nutrientes y elementos energéticos a nivel celular. En el desarrollo del compostaje, se debe prevenir una humedad alta que causaría la putrefacción, el oxígeno se movilizaría, por consiguiente,

el proceso se daría en ausencia de aire. En cambio, si el porcentaje de humedad es baja, provocará el descenso de la actividad microbiana, de modo que el desarrollo del compostaje se atrasaría. Para tener niveles óptimos se considera una humedad del 40 al 60%, sin embargo, esto depende de varios factores como los materiales a incorporar, el estado de partículas y el método de compostaje. (Silbert et.al, 2018, p.28).

pH, es uno de los parámetros principales que determina la reacción bioquímica de los microorganismos, ya que su evolución afectará cada fase del proceso, ya que los microorganismos deben tener niveles de pH adecuado para que su desarrollo sea favorable. Por lo tanto, para regular el Ph, se debe mantener una adecuada aireación. El rango ideal del pH es por encima de 7,5 lo cual indica una apropiada degradación de los residuos orgánicos. (Bohorques, 2019, p.20).

Relación carbono nitrógeno, es la materia orgánica que se encuentra estabilizada en un suelo. Esta relación de carbono nitrógeno se obtiene al dividir el porcentaje de la cantidad de carbono (C% total) con el contenido total de nitrógeno orgánico (N% total) de los materiales que se van a compostar. Se considera importante conocer la relación C/N al inicio para tener una idea de cómo es la velocidad del proceso y las pérdidas de nitrógeno (Soliva, 2011, p .12).

Microorganismos que intervienen en el compostaje:

En todo el proceso de compostaje actúan una gran variedad de microorganismos, que van apareciendo desapareciendo en cada fase, ya que dependen de algunos factores para sobrevivir, estos factores pueden ser el oxígeno, temperatura, humedad, pH, entre otros. La degradación de la materia orgánica se da por la actividad metabólica esencialmente de bacterias y hongos quienes contribuyen a la maduración del compostaje aerobio. En este proceso el grupo más abundante son las bacterias, desde los phylum Proteobacterias, Eubacterias, Heterotrofas, Actinobacterias y Bacteroidetes, seguido de los hongos, principalmente del phylum Ascomycota, Eumicetos, Basiomicetos, entro otros.

La inoculación con microorganismos exógenos en el compostaje es cada vez mayor, esto se debe a los beneficios que aportan en la degradación rápida de los residuos orgánicos gracias a su actividad metabólica, principalmente de componentes lignocelulolíticas, lo cual mejora la calidad del compost, así mismo aporta en la disminución en el tiempo de obtención del compostaje. (Castro, et al.2021, p. 253-275).

Tabla 2: Organismos presentes en el proceso de compostaje

MICROORGANISMOS	CLASIFICACIÓN
Bacterias	Hipomicrobiales
	Heterótrofas
	Eubacteriales
	Pseudomonas
Actinomicetos	Actinomicetos
Hongos	Sifomicetos mixomicetos
	Basomicetos
	Eumicetos o septomicetos, sigomicetos y mucorales
	Mixomicetales y acrasiales
	Entomoftorales, ascomicetos, protoascomicetos y Euascomicetos.

Fuente: RIVADENEIRA Juan, 2018, Fuente: Mollinedo, 2009, 9.p16

Método Takakura

El método de compostaje Takakura utiliza microorganismos aerobios fermentados en soluciones saladas y dulces para la degradación de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, el resultado es un compost rico en nutrientes que favorece la calidad de los suelos y el desarrollo óptimo de las plantas. En este método intervienen gran cantidad bacterias y hongos que bajo parámetros como la temperatura y el oxígeno ayudan a eliminar los posibles patógenos que puedan afectar el proceso, además es económico pues los elementos utilizados para la preparación son fáciles de conseguir. (Rivadeneira, 2018 p.30)

Este método es poco utilizado en compostajes a nivel industrial, ha sido utilizado mayormente en compostajes en jardines de hogares con residuos domiciliarios en los cuales ha demostrado mucha efectividad, puesto que los microorganismos fermentativos que intervienen descomponen la materia orgánica en un periodo corto, se ha evidenciado que los restos de alimentos pueden ser descompuestas en 48 horas, si es que los parámetros en el proceso de compostaje como la temperatura estén de 70°C ó 80C, donde se acelera la fermentación. (Mendoza, 2019, p.15).

El método tiene una buena aceptación en la sociedad, en los lugares donde se ha implementado ya que es fácil, rápido, sencillo y económico, generando beneficios, debido a que elimina agentes patógenos y los malos olores, produciendo un fertilizante de muy buena calidad. Este método cumple con dos fenómenos en su proceso (putrefacción y fermentación), sin embargo, la putrefacción se logra neutralizar cuando el número de bacterias de fermentación sobrepasa a las bacterias de putrefacción. En investigaciones realizadas del método Takakura se pudo multiplicar las bacterias de fermentación, superando así al número de bacterias de putrefacción. (JICA, 2019).

Los microorganismos que intervienen en el Método Takakura se encuentran en los alimentos fermentados (yogurt, queso, vino, levadura, entre otros), también se pueden encontrar en los bosques (mantillo o manto conformado por hojarasca, hongos y moho), al ser inoculados a los residuos orgánicos estos descomponen alimentos específicos; por ejemplo: los alimentos ricos en carbohidratos, proteínas y grasas son degradados por microorganismos de los alimentos fermentados y los microorganismos encontrados en los bosques descomponen principalmente las partes más duras de la comida, las fibras y las ligninas de los alimentos.(Zavala, 2019 p.9)

III. METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y diseño no experimental, descriptivo correlacional, ya que el estudio se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan y relacionan el comportamiento de las variables en su ambiente natural para analizarlos, la recolección de datos se realiza en un tiempo determinado y se apoya con la estadística para mostrar resultados. (Hernández, et al., 2018, p. 176).

3.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Población:

Es un conjunto de individuos, objetos, elementos que poseen algunas características definidas y comunes observables en un lugar y en un momento determinado (Hernández et. al 2014, p.175). En este entender la población considerada para llevar a cabo esta investigación son el total de residuos orgánicos generados diariamente en el distrito de San Jerónimo, que tiene una generación per cápita diaria de 11.54Tn/día, de los cuales el 53.76% (6.2Tn/día), lo constituyen los residuos orgánicos (ECRSM, 2019.), en este caso son los participantes empadronados en programa segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos orgánicos que tiene 100 viviendas, 01 mercado de abastos, 2 parques, 20 restaurantes empadronadas.

Muestra

Es el subconjunto fielmente representativo del conjunto de la población, se selecciona esta muestra porque pocas veces es posible medir a toda una población (Fernández et, al. 2014, p.175). Es así que en esta investigación se utilizará todos los residuos orgánicos recolectados (Kg/día/semana) de todas las fuentes de generación identificadas, ya que se requiere de toda la cantidad generada por día, por ello decimos que nuestra población se convierte en muestra.

Muestreo

El muestreo es no probabilístico, se tomará a criterio del investigador, quien por razones de conveniencia y características de la investigación puede manipular el tamaño de la muestra, esto porque la muestra está disponible en el periodo de investigación, la cual está fundamentada en la facilidad en el acceso y proximidad al investigador. (Otzen et, al. 2017, p. 230). En este caso la sumatoria del % de composición de los residuos orgánicos municipales generados en las fuentes, en la fracción de residuos compostables será la muestra final.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS:

Para las investigaciones se dispone en las diferentes ciencias y disciplinas de diferentes métodos de recolección de datos, para estudios cuantitativos son sumamente útiles los cuestionarios, las escalas de actitudes, pruebas estandarizadas, y recopilación de contenidos para análisis estadístico u observación, así también se usa diversos instrumentos se ayuda a establecer la validez de criterio (Hernández et, al. 2018, p.194).

En la presente investigación se hace uso tanto de técnicas e instrumentos, y la combinación de estas para la recolección de datos, los cuales nos ha permitido tener una fuente técnica y teórica que se detalla a continuación:

a. Análisis documental

Para realizar este análisis se acudió a fuentes primarias y secundarias de nivel científico, los cuales se pudo obtener de base de datos como google académico, scielo, Alicia concytec, entre otros. La información principal de búsqueda fue en base a las palabras claves de la investigación, así como a las variables planteadas, a lo cual se obtuvo resultados tanto en artículos científicos, libros, repositorios y artículos.

Así mismo en el marco al derecho a la información pública, se ha solicitado bajo documento a la Municipalidad de San Jerónimo, documentos, normas legales, el Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (última versión 2019), el

Plan distrital de manejo de residuos sólidos 2019, Plan del programa Segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos 2021, entre otros de interés. Con estos datos se puede analizar la problemática de la gestión de los residuos sólidos en el distrito y proponer la propuesta de valorización con un método de compostaje que es innovador y beneficioso según el análisis documental.

b. Observación:

Esta técnica es uno de los elementos fundamentales de este proceso de investigación, ya que obtenido los residuos orgánicos se inoculará un método de compostaje innovador que no es conocido en esta ciudad, el cual demandará la observación de los parámetros, los cambios que se presentan según pasan los días, el comportamiento, los eventos que se presentan de acuerdo al contexto teórico presentado. La “observación” nos permitirá obtener datos fiables para su posterior análisis estadístico, y de laboratorio.

c. Ficha de investigación

Esta ficha se realizará para monitorear el proceso de compostaje con la aplicación del método Takakura, es un diseño elaborado para registrar los datos de control como la temperatura, la humedad, el pH, conductividad eléctrica, en el período de tiempo de obtención del compost.

d. Procesamiento de datos y análisis estadístico

El procesamiento de datos en esta investigación será aplicado a los resultados obtenidos del estudio de caracterización realizado en los residuos sólidos municipales, con la finalidad de conocer los principales datos de generación per cápita total, por fuente de generación, % de composición.

También se realizará cálculos matemáticos, proyección de cuadros, gráficos que nos permita mostrar las características y eficiencia del método aplicado para el compostaje y de esa manera plantear una propuesta eficiente de valorización de residuos orgánicos municipales.

3.4 PROCEDIMIENTOS:

La siguiente investigación es un proceso que ha sido desarrollado en etapas, desde la evaluación y análisis del problema, identificación de las fuentes de generación de los residuos orgánicos y la aplicación del método de compostaje Takakura a la muestra seleccionada. En este sentido se describe las siguientes etapas:

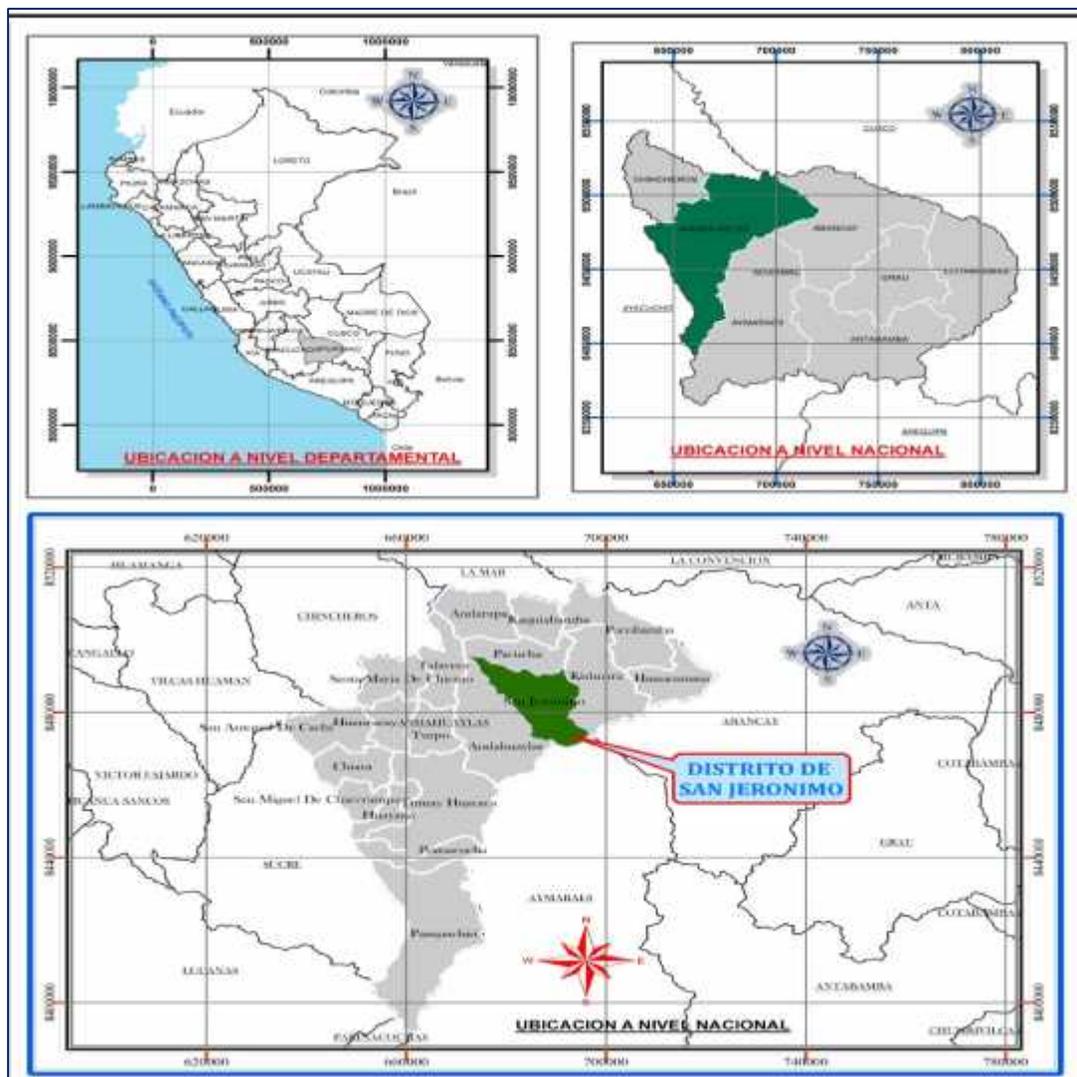
ETAPA 1: Diagnóstico de la generación de residuos orgánicos municipales

Para comenzar con el proceso de investigación se realizó primeramente el diagnóstico de la zona de influencia del problema, en este caso estos datos han sido recopilados del Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de San Jerónimo (ECSR 2019), en este caso se sistematizó información como el GPC, % de composición, humedad, densidad de los residuos sólidos municipales. Así mismo se analizó la cantidad de generadores que están empadronados en el programa de segregación en la fuente de residuos orgánicos.

Para tener acceso a la información se ha presentado un documento, en el cual se solicita documentos técnicos como el Estudio de caracterización de residuos sólidos, Plan de manejo de residuos sólidos, Plan de valorización de residuos orgánicos e inorgánicos, informes finales de la meta 3.

Realizado el análisis de los documentos recabados en la Municipalidad de San Jerónimo, se realizó la sistematización de la información, lo cual se muestra en los siguientes esquemas:

Figura 3: Datos geográficos del distrito de San Jerónimo



Información General	Descripción
Región	Apurímac
Provincia	Andahuaylas
Distrito	San Jerónimo
Ubigeo	30213
Superficie	237.42 Km ²
Altitud	2950 m.s.n.m
Latitud	13° 23' 02" S
Longitud	73° 21' 33.72" L
Temperatura	5°- 22°C
Población	Urbana: 12378 Hab Rural: 8360 Hab

Fuente: INEI 2017

Figura 4: Flujo de diagnóstico problemática actual del manejo de residuos sólidos



GENERACIÓN	SEGREGACIÓN EN LA FUENTE	RECOLECCIÓN SELECTIVA	VALORIZACIÓN DE RESIDUOS
GPC Total= 11.54Tn/día GPC= 0.50Kg/hab/día Densidad=319.56 Kg/m ³ Humedad= 58.5% Composición= Orgánicos: 53.76%, R. Aprov: 24.45% y R. No Aprov: 21.79%	N° de viviendas participantes= 800viv Segregación efectiva= 40% Participantes en segregación de residuos orgánicos= 100 viv, 20 restaurantes, 1 mercado, 2 parques y jardines.	Vehículos recolectores= 3 unidades, 1 compactador y 2 moto recicladoras (orgánico y aprovechable) Frecuencia de recolección= Diaria	Residuos aprovechables con una Asociación de recicladores formales. Residuos orgánicos tratados de manera tradicional (mínimo aprovechamiento), deficiencia en la elaboración de compost (2Tn/mes).

Fuente: Elaboración propia con datos del ECRS 2019 Distrito de San Jerónimo – PSFRS 2021

Determinar las fuentes de generación de residuos orgánicos

Según el ECRS 2019 del distrito de San Jerónimo, las principales fuentes de generación de residuos orgánicos son: el mercado, los restaurantes, las viviendas y los parques y jardines.

Conociendo esta información se realizó durante 2 semanas de manera diaria el monitoreo de la recolección selectiva de residuos orgánicos que es realizada por un vehículo acondicionado para este fin, se trata de un Motoreciclador municipal que recorre todos los días por la zona urbana del distrito según su plan de ruta.

Los residuos recolectados fueron pesados por fuente de generación y registrados en el formato correspondiente.

Clasificación de residuos orgánicos

Los residuos que ingresan a la planta de compostaje son previamente pesados por fuente de generación, luego son clasificados ya que según el Informe final del año 2021 respecto a la Meta 3 en la actividad Valorización de residuos orgánicos municipales, reporta que las fuentes generadoras principales y su efectividad en la segregación de orgánicos son:

Tabla 3: Fuentes de generación su efectividad en la segregación desde la fuente

Fuente de generación	% de efectividad en la segregación de residuos orgánicos
Mercado	75%
Restaurantes	60%
Viviendas	50%
Parques y jardines	95%

Fuente: Municipalidad de San Jerónimo, Informe final Meta 3

Esto datos nos indican que los residuos orgánicos recolectados que llegan hasta la planta de compostaje no son todos compostables, por ello deben pasar por un proceso de clasificación y/ selección, los residuos valorizados lo constituyen los residuos que

garantizarán la obtención de una buena calidad de compost. En este sentido se clasifica en:

Tabla 4: Residuos compostables y no compostables

Residuos Compostables	Residuos No compostables
- Restos de fruta cruda y cocida	- Pescados, carnes y huesos
- Restos de verdura cruda y cocida	- Plantas o frutos enfermos
- Cáscaras de huevo	- Piedras
- Cereales y frutos secos	- Tabaco
- Yogures, leche y queso	- Excrementos de animales domésticos
- Restos de poda, césped	- Material no orgánico
- Flores, hojas verdes o secas	- Cáscaras de moluscos
- Ceniza y aserrín	- Residuos inorgánicos
- Estiércol de animales de granja	- Grasas y aceites
- Restos de té y café	

Fuente: Informe Anual de Segregación MDSJ

Los residuos orgánicos son pesados por fuente de generación, esto nos permite registrar la cantidad de residuos orgánicos que ingresan a ser valorizados, así como saber la cantidad de desechos que se descarta. Con los datos obtenidos respecto a lo valorizado y el producto obtenido se podrá conocer la relación de reducción en volumen y el % de descomposición final.

ETAPA 2: Preparación del método Takakura

Según (JICA, 2019), para iniciar un compostaje Takakura se deben cultivar la gran cantidad de microorganismos en medio salado y dulce, para asegurar una descomposición rápida y, sobre todo, efectiva de los residuos orgánicos, las mezclas que se preparan tiene una finalidad y es que la solución salada sirve para la captura de microorganismos que viven en las superficies de las verduras y frutas en donde se encuentran las bacterias ácido lácticas y levaduras, los cuales son resistentes a la sal; sin embargo los microorganismos patógenos no resisten a las altas concentraciones de sal porque altera su actividad fisiológica, así mismo disminuye los proceso de

reproducción y obstruye el metabolismo de bacterias, hongos y moluscos, lo cual permite el cultivo de microorganismos eficaces. En cambio, la finalidad de la solución dulce es la captura de microorganismos que viven en alimentos fermentados como el queso, levadura, yogurt, ya que estos contienen una gran cantidad de microorganismos eficaces y al agregarlos a un medio con azúcar se genera un ambiente idóneo para cultivar muchos microorganismos (Hernández, 2018, p.39)

Pasos preparación del método Takakura:

Primera fase: Preparación de mezclas

Solución salada

Materiales:

- Bidón con tapa de 50 Litros
- Sal Yodada 2 kiloS
- Frutas: 1 kilo cada de plátanos, manzanas, piñas, uvas (masticado)
- Verduras: 1 kilo de tomate, coliflor, pepino, col, lechuga
- Agua declorada (reposar dos días antes de usar)
- Balanza
- Cámara fotográfica

Preparación:

Para la preparación de la solución salada se utilizó ingredientes como frutas, verduras, las cuales han sido peladas (la porción que se usa) ya que no es necesario usar las pulpas, todas las cascarras se picaron en pequeños trozos (2-3cm), estos son agregados a un bidón que contiene 30 litros de agua previamente declorada 2 días antes, por último se agregó 1kilo de sal (probar solo pasado la sal), se remueve bien en contenido y se tapa, pero no herméticamente, sino dejando abertura o tapar con tul.

- Revisar al quinto día la formación de una capa o nata blanca

Solución dulce

Materiales:

- Bidón con tapa de 50 Litros
- Levadura

- Yogurth
- Azúcar
- Queso
- Agua declorada (reposar dos días antes de usar)
- Balanza
- Cámara fotográfica

Preparación:

Para la preparación de la solución dulce se utilizó ingredientes como: yogurt, queso, levadura, estos han sido agregados a un bidón que contiene 30 litros de agua previamente declorada 2 días antes, por último, se agregó 2 kilo de azúcar (probar solo pasado la azúcar), se remueve bien en contenido y se tapa, pero no herméticamente, sino dejando abertura o tapar con tul.

- Revisar al quinto día la formación de una capa o nata blanca

La elaboración de las soluciones fermentativas y semilla Takakura se realiza utilizando los siguientes productos, y en proporciones aplicables a nivel domiciliario, comunitario y municipal:

Tabla 5: Relación y proporción de insumos método takakura

Relación de insumos a diferentes escalas para el método takakura				
Ingredientes	Ingredientes Domiciliario	Comunitario	Municipal	
SOLUCIÓN SALADA	Agua	1lt	5lt	50 lt
	Sal	50 gr	500gr	2 kg
	Naranja	1 unid	3 unid	10 unid
	Col	1 unid	1 unid	2 unid
	Papaya	1 unid	1 unid	2 unid
	Uva	500 gr	1 kg	3 kg
	Mansana	1 unid	5 unid	10 unid
	Lechuga	500gr	1 unid	2 unid
	Pepino	1 unid	1 unid	3 unid
	Queso	227 gr	500 gr	1 kg
SOLUCIÓN DULCE	Azúcar	10 gr	100 gr	2 kg
	Agua	1 lt	5 lt	50 kg
	Levadura	1 sobre (7gr)	3 sobre (7gr)	1 paquete (170gr)
	Yogurth	200 ml	3 lt	4 lt
SEMILLA TAKAKURA	Aserrín	5 kg	10 kg	30 kg
	Harina	2.3 kg	2.3 kg	8 kg
	Afrecho	2.5 kg	5 kg	50 kg
	Hojarasca	1 kg	5 kg	20 kg

Fuente: GADM de MORONA, JICA, 2019

Segunda fase: Elaboración del lecho semilla

Materiales:

- Aserrín.
- Hoja seca.
- Afrecho.
- Harina de trigo (8 kilos).
- Soluciones salada y dulce.
- Hongos de montaña (mantillo) pequeños y grandes trozados.
- Palas.
- Carretilla.
- Balanza.
- Cámara fotográfica.

Elaboración del lecho de fermentación:

Para la elaboración del lecho madre (donde se reproducirá microorganismos), se utilizó insumos como: 30 kilos de aserrín, 08 kilos de harina común, 50 kilos de afrecho, 20 kilos de hojas secas, 30 kilos de mantillo en descomposición con microorganismos de montaña. Preparado un lecho se combina todos los ingredientes y se echa los 30 litros de mezcla dulce y 30 litros de mezcla salada, se homogeniza todos los ingredientes (se prueba humedad haciendo prueba del puño que no esté demasiado seco, ni chorreando solo mojado debe estar entre 40-60%). Cubrir con tejido transpirable como costales y cartones para evitar la entrada de insectos.

El compost estará listo cuando se vea la formación de telarañas, que son las bacterias y hongos blancos que han proliferado en la superficie, esto sucede a los 5 a 7 días.

Tercera fase: Elaboración de las pilas composteras Takakura

Materiales:

- Residuos orgánicos compostables.
- Qopakuchana (tritador manual de residuos orgánicos)
- Semilla.
- Palas.

- Carretilla.
- Balanza.
- Cámara fotográfica.

Procedimiento:

- a. Los residuos orgánicos recolectados primeramente han sido pre clasificados, es decir se separa los residuos compostables y los que no son compostables (se registró sus pesos).
- b. Los residuos compostables han sido finamente picados (aprox. 2-5cm) y distribuidos a las hileras o pilas de compostaje, el instrumento que se usó para picar o triturar es la qopakuchana que se usa manualmente pero que es mejor opción que un machete o cuchillos.
- c. Se instalaron 3 pilas con la recolección de 2 semanas de residuos orgánicos (se implementó 3 pilas con 2100kg de residuos orgánicos, cada pila con 700kg de residuos orgánicos homogenizadas de las 4 fuentes de generación).
- d. Para formar las pilas (medida 4x1.5x0.8m) se tendió una plataforma de 30 kg de aserrín (estructurante), se agregó 700kg de residuos orgánicos triturados, 50kg de semilla, se homogenizan los insumos y se tapan con cartones para evitar el ingreso de insectos y roedores. Este mismo proceso se repitió en el armando de las 3 pilas (incluye los mismos insumos, pesos).
- e. Cuando la descomposición de los residuos orgánicos es exitosa, toma alrededor de 45 días para transformarse en compost. Una vez esté listo parte del compost debe ser extraído. Pero no se debe retirar todo el abono. El compost restante puede seguir actuando como lecho de fermentación. Es decir, puede ser utilizado como semilla para formar otras pilas composteras y así es más eficiente porque se pueden acortar los pasos iniciales de preparación, cuando se repita el proceso.
- f. El producto obtenido se llama compost semi maduro, pues los elementos orgánicos no se han descompuesto en su totalidad. Por lo tanto, los microorganismos de fermentación aún se conservan activos posteriormente al

- aplicar compostaje. Por ello se necesita estabilizar el abono durante 2-3 semanas antes de su utilización para que se eliminen los microorganismos fermentativos.
- g. Después de esto ya se tiene un abono rico en nutrientes y libre de patógenos, apto para la aplicación a todo tipo de cultivos, lo cual le aportará nutrientes, mejorará la retención hídrica, la aireación de los suelos, en general se mejora la composición física, química y biológica del suelo, todo esto con un bajo costo en su elaboración.

ETAPA 3: Control de parámetros en el proceso de compostaje:

Desde el armado de las pilas composteras se realizó el control de parámetros cada 5 días, ya que es importante controlar estos indicadores del proceso de degradación, estos parámetros monitoreados con: la temperatura, humedad, pH, C/E, oxigenación. Para la toma de estos datos se utilizó instrumentos como el termómetro de suelos, aparatos digitales medidor de conductividad eléctrica, ph, humedad y temperaturas, los resultados fueron registrados en el formato correspondiente.

Volteos / aireación en el proceso de compostaje:

El método Takakura utiliza los microorganismos aerobios para la degradación de materia orgánica, por lo tanto, es fundamental oxigenar las pilas composteras, a través de lo volteos, los cuales se hicieron cada 5 días de forma manual con lampas y palas. El personal de volteos contó con los implementos de bioseguridad ya que las pilas emanan gases contaminantes.

Refinado y/o tamizado

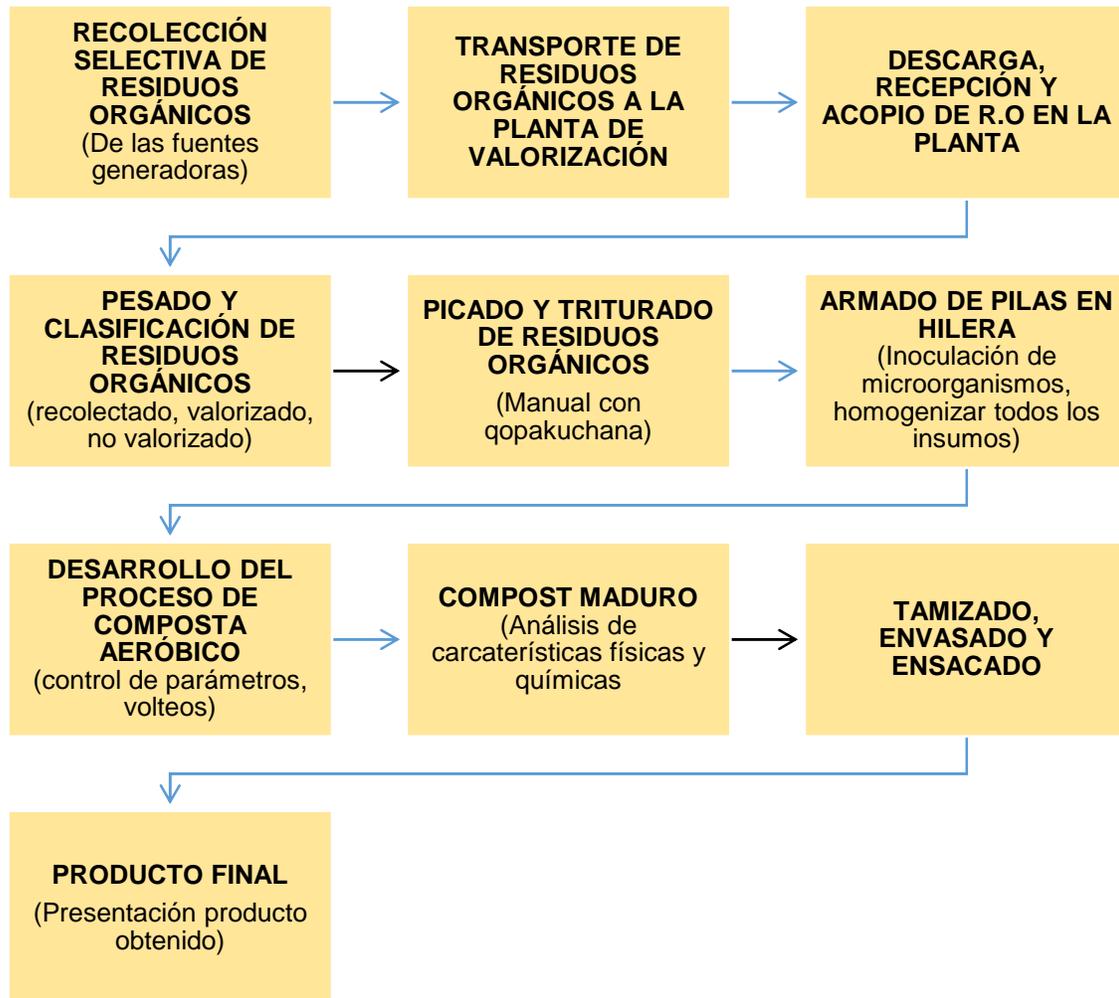
Después del proceso de maduración el compost obtenido se pasó por el proceso de tamizado (malla de 1x1cm de diámetro), para separar el material granulado del pequeño, se tamizó el producto obtenido para tener un compost de calidad.

Presentación final del producto y almacenamiento

El compost maduro y tamizado se envasó en costales y en presentación de 1 y 3 kilos para mostrar a la población de los resultados, se cosechó 830Kg, 16.6 Sacos. Estos a su vez fueron almacenados en un lugar seco libre de humedad para su uso.

Para la presentación se diseñó un sticker plegable para las bolsas de papel graft de 1kilo, esto con la finalidad de promocionar le producto de manera atractiva.

Figura 5: Flujo del proceso de elaboración de compost método takakura



Fuente: Elaboración propia

ETAPA 4: Análisis de características físicas y químicas del compost

El proceso de compostaje se inició el 21 de marzo del 2022, con la instalación de 3 pilas (Con residuos del mercado, viviendas, restaurantes y parques y jardines), la

degradación duro 45 días, la fase de maduración y estabilización duro 5 días, por lo tanto, el proceso de compostaje culminó en 50 días. Después del cual se realizó el análisis de las características físicas, químicas del producto final.

Aplicación del Test de parámetros físicos

Para el análisis de parámetros físicos de usará el test de Bonitut, este instrumento nos permitirá evaluar características del compost obtenido de manera visual, parámetros como el color, olor, humedad, degradación y presencia de impurezas.

Tabla 6: Test de parámetros físicos del compost

Variable	Indicador	Categorías
Color	Original	1
	Marrón claro	2
	Marrón oscuro	3
Olor	Desagradable	1
	Neutro	2
	Tierra vegetal	3
Humedad	Original	1
	Media	2
	Baja	3
Degradación	Original	1
	Intermedio	2
	Descompuesto	3
Impurezas	Presencia muy evidente (>10%)	1
	Pocos (2-10%)	2
	No se detectan (2<%)	3
CALIDAD: Muy Buena > 13; Buena: 13-10; Regular: 9-6; Baja < 6		

Fuente: Test de Bonitut (Jiménez 1998).

Análisis de parámetros químicos

Para tomar la muestra para el laboratorio se usó materiales como pala pequeña, fundas ziploc, guantes y mascarilla. Primeramente, se homogenizó el compost y con una pala pequeña se tomó 6 sub muestras de diferentes partes de la pila, luego estas

muestras se procedieron a realizar el método del cuarteo y se obtuvo una muestra representativa de 1 kg de las 3 pilas ya que contienen el mismo tipo de residuos orgánicos municipales. Se envió con los protocolos debidos al laboratorio que a su vez envía los resultados obtenidos.

Con los resultados obtenidos se evaluará en comparación con la calidad de compost que establece la FAO y otras entidades, los parámetros a analizar son:

Tabla 7: *Parámetros que determinan la calidad de compost*

Parámetros	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO	Norma Técnica Peruana 201.207.2020 - Abono uso agrícola	Norma Técnica Chilena
Humedad	30-40%	-	30-45%
Conductividad eléctrica	-	2-4	3-8
pH	6.5-8.5	7.0-8.3	5.0-8.5
Relación C/N	10.1-15.1	-	25, 30
Nitrógeno	0.3-1.5	0.8-1.5	0.5
Fósforo	0.1-1.0	0.4-1.0	-
Potasio	0.3-1.0	0.6-1.5	-

Fuente: Castillo, 2019, tomado de Paredes Calderón, J. Compost y Norma Chilena. NCh2880. www.fao.org / Manual del compostaje del Agricultor. NTP 201.207.2020

3.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para ver los resultados y el análisis de los datos utilizaremos la estadística descriptiva teniendo en cuenta el programa Word, Power Point, Excel, SPSS para presentar los cuadros, gráficos de barras. Estas herramientas nos ayudaron a recolectar los datos y mostrar los resultados obtenidos.

3.6 ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación se ha desarrollado de manera responsable, con información verídica, confiable y contrastable, lo cual garantiza los datos obtenidos y los resultados mostrados. Así mismo para fines de recolección de información respecto al tema de investigación se ha acudido a investigaciones externas, sin embargo, se ha respetado todos los derechos de autor citándolos de acuerdo a la Norma ISO 690 y la forma como lo establece en su reglamento la Universidad César Vallejo

IV. RESULTADOS

4.1 Determinar las principales fuentes de generación de residuos orgánicos municipales

Para obtener resultados en base a nuestro objetivo general en donde se propone determinar el método de compostaje Takakura para la valorización de los residuos orgánicos municipales del distrito de San Jerónimo, tuvo diferentes etapas y procesos los cuales iniciaron con la identificación de la composición de los residuos municipales, así como las principales fuentes de generación de los residuos orgánicos, para ello se analizó el ECRSM del año 2019.

Del análisis ECRSM se obtuvo información cuantitativa, datos como es el caso de la cantidad de generación total de residuos sólidos municipales en la zona urbana del distrito que es 11.54 Tn/día, de los cuales el 77.82% lo constituyen los residuos domiciliarios y el 22.18% son residuos no domiciliarios (mercado, restaurantes, parques y jardines, barrido de calles, hoteles, entre otros).

Así también vemos en tabla 8, la composición de los residuos sólidos domiciliarios, el 51.98% son residuos orgánicos seguido de los residuos aprovechables con 25.81% y los no aprovechables con el 22.21%; en caso de los residuos no domiciliarios la composición se muestra en la tabla 9, donde se ve que el 57.35% son residuos orgánicos, el 29.42% son residuos aprovechables y el 13.22% son residuos no aprovechables.

Tabla 8: Composición de residuos municipales – Origen domiciliario

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN
	PORCENTUAL
	%
Residuos Orgánicos	51.98%
Papel	3.37%
Cartón	3.73%

Vidrio	3.19%
Plástico	8.67%
Tetra brik (envases multicapa)	0.38%
Metales	3.68%
Textiles (telas)	2.10%
Caucho, cuero, jebe	0.68%
Bolsas plásticas de un solo uso	6.59%
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales)	7.48%
Pilas	0.64%
Tecnopor (poliestireno expandido)	2.40%
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, etc)	3.41%
Restos de medicamentos	0.41%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	0.62%
Otros residuos no categorizados	0.66%
TOTAL	100.00%

Fuente: Elaboración propia / Datos ECRSM 2019

Figura 6: Composición de residuos sólidos municipales domiciliarios

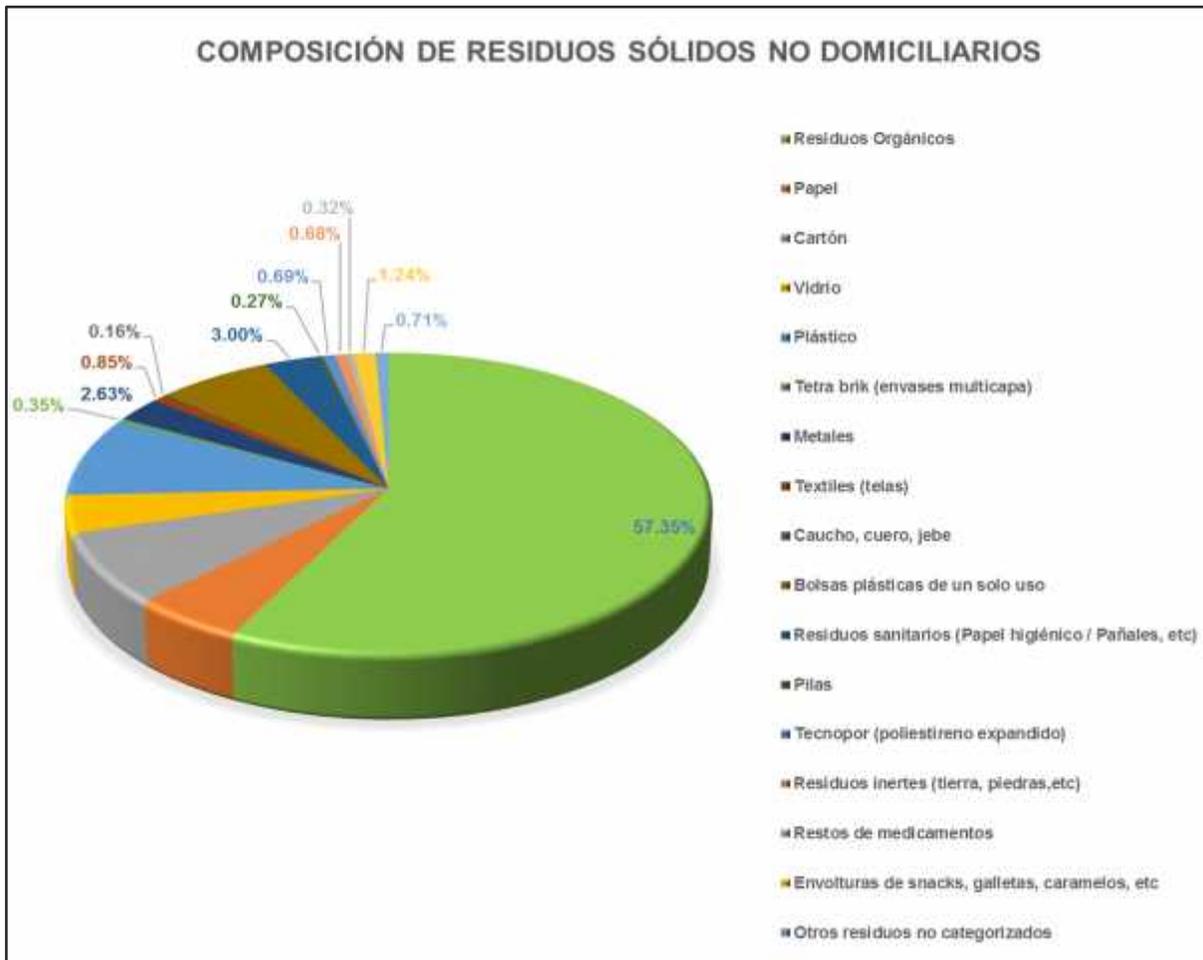


Tabla 9: Composición de residuos municipales – Origen No domiciliario

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN
	PORCENTUAL
	%
Residuos Orgánicos	57.35%
Papel	5.17%
Cartón	7.75%
Vidrio	4.04%
Plástico	8.47%
Tetra brik (envases multicapa)	0.35%
Metales	2.63%
Textiles (telas)	0.85%
Caucho, cuero, jebe	0.16%
Bolsas plásticas de un solo uso	6.31%
Residuos sanitarios (Papel higiénico / Pañales, etc)	3.00%
Pilas	0.27%
Tecnopor (poliestireno expandido)	0.69%
Residuos inertes (tierra, piedras, etc)	0.68%
Restos de medicamentos	0.32%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, etc	1.24%
Otros residuos no categorizados	0.71%
TOTAL	100.00%

Fuente: Elaboración propia / Datos ECRSM 2019

Figura 7: Composición de residuos sólidos municipales no domiciliarios



En este sentido los residuos orgánicos generados tanto de los domicilios y los no domiciliarios (mercado, restaurantes, viviendas, parques y jardines), son un potencial para ser valorizados mediante compostaje y así evitar su disposición final en el Relleno Sanitario, lo cual se demostrará con más detalle en el desarrollo de este capítulo.

Fuentes de generación de residuos orgánicos

Según el ECRSM se puede observar que las principales fuentes de generación de residuos orgánicos municipales son el mercado, restaurantes, viviendas y parques y jardines; sin embargo, no se registra la cantidad de residuos orgánicos recolectados diariamente de estas fuentes generadoras. Por ello en este trabajo de investigación se realizó el monitoreo de la recolección de este tipo de residuos por 2 semanas (diario

de lunes a viernes), desde la fuente de generación hasta el traslado a la planta de compostaje, en donde se realizó el pesado diario de los residuos orgánicos.

En la Tabla 10, se muestra que hay una buena segregación de residuos orgánicos de los generadores que en este caso lo constituyen 100 viviendas, 01 mercado de abastos, 2 parques, 20 restaurantes empadronadas en programa de segregación de residuos orgánicos. En las 2 semanas de monitoreo se ha recolectado 2419 Kg de residuos orgánicos, sin embargo, los residuos que fueron valorizados han sido 2100Kg, se ha descartado 319Kg de residuos no compostables.

Tabla 10: Residuos orgánicos recolectados

Semanas	Recolectado (Kg)	Valorizado (Kg)	Producto obtenido (Kg)
Semanas 1 y 2	2,419	2,100	830

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la Tabla 11, se puede observar los pesos de los residuos orgánicos por fuente de generación, para ello se recolectó con un vehículo recolector específico por 2 semanas, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 11: Residuos segregados por fuente de generación

Semanas	Cantidad residuos orgánicos viviendas (Kg)	Cantidad residuos orgánicos Restaurantes (Kg)	Cantidad residuos orgánicos mercado (Kg)	Cantidad residuos orgánicos parques y jardines (Kg)	Totales (Kg)
Semana 1	322	294	363	20	999
Semana 2	359	286	423	33	1,101
Totales	681	580	786	53	2,100

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12, se observa que las principales fuentes de generación de residuos orgánicos lo constituyen en primer lugar el mercado (37.4%), las viviendas (32.4%), restaurantes (27.6%) y los parques y jardines (2.5%).

Tabla 12: Fuentes de generación de residuos orgánicos

Generador	Frecuencia	%
Viviendas	681	32.4
Restaurantes	580	27.6
Mercado	786	37.4
Parques y jardines	53	2.5
Total	2,100	100.0

Fuente: Elaboración propia

4.2 Evaluar las principales características físicas y químicas del método Takakura en el compostaje de los residuos orgánicos municipales.

Durante el proceso de compostaje

Los principales parámetros a monitorear y controlar son la temperatura, humedad, conductividad eléctrica y pH, ya que estos también han permitido determinar la eficiencia del método Takakura.

Las 3 pilas de compostaje han sido instaladas en la misma fecha y controladas cada 5 días en formatos diseñados para tal fin.

Tabla 13: Formato de resultados del monitoreo y control de parámetro Pila 01

"Valorización de residuos orgánicos municipales y su compostaje con el método Takakura, San Jerónimo, Andahuaylas 2022"									
TABLA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE (CADA 5 DÍAS)									
MESES : Marzo a Mayo									
MUESTRA	MÉTODO APLICADO	FECHA	DIAS	ACTIVIDAD	TEMPERATURA (C°)	PH	CONDUCTIV ELÉCTRICA (dS/m)	HUMEDAD %	RESPONSABLE
PILA 01	TAKAKURA	21/03/2022	0	Instalación de camas	24	6.5	1.7	65%	TESISTA
		26/03/2022	5	Control de parametros y volteo	48	6.4	1.9	60%	
		31/03/2022	10	Control de parametros y volteo	62	5.9	2.1	59%	
		05/04/2022	15	Control de parametros y volteo	65	5.5	2.5	55%	
		10/04/2022	20	Control de parametros y volteo	54	5.9	2.6	52%	
		15/04/2022	25	Control de parametros y volteo	48	6.1	2.7	49%	
		20/04/2022	30	Control de parametros y volteo	46	6.5	2.7	48%	
		25/04/2022	35	Control de parametros y volteo	40	6.7	2.9	45%	
		30/04/2022	40	Control de parametros y volteo	28	7.2	2.9	44%	
		05/05/2022	45	Cosecha	23	7.1	2.9	42%	
		10/05/2022	50	Estabilización	22	7.5	3	38%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Formato de resultados del monitoreo y control de parámetros Pila 02

PILA 02	TAKAKURA	21/03/2022	0	Instalación de camas	26	6.4	1.9	60%	TESISTA
		26/03/2022	5	Control de parametros y volteo	45	5.2	2.1	65%	
		31/03/2022	10	Control de parametros y volteo	58	5.3	2.2	64%	
		05/04/2022	15	Control de parametros y volteo	61	5	2.5	58%	
		10/04/2022	20	Control de parametros y volteo	58	6.1	2.7	55%	
		15/04/2022	25	Control de parametros y volteo	55	6.8	2.8	50%	
		20/04/2022	30	Control de parametros y volteo	49	6.4	2.9	45%	
		25/04/2022	35	Control de parametros y volteo	46	6.5	2.8	44%	
		30/04/2022	40	Control de parametros y volteo	34	7.2	2.9	43%	
		05/05/2022	45	Cosecha	30	7.1	3	40%	
		10/05/2022	50	Estabilización	25	7	3	40%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Formato de resultados del monitoreo y control de parámetros Pila 03

PILA 03	TAKAKURA	21/03/2022	0	Instalación de camas	22	6	1.8	51%	TESISTA
		26/03/2022	5	Control de parametros y volteo	44	5.4	1.9	60%	
		31/03/2022	10	Control de parametros y volteo	55	5.1	1.9	65%	
		05/04/2022	15	Control de parametros y volteo	60	5	2.2	62%	
		10/04/2022	20	Control de parametros y volteo	59	5.6	2.5	58%	
		15/04/2022	25	Control de parametros y volteo	52	6.4	2.6	55%	
		20/04/2022	30	Control de parametros y volteo	46	6.7	2.7	50%	
		25/04/2022	35	Control de parametros y volteo	41	6.5	2.8	48%	
		30/04/2022	40	Control de parametros y volteo	35	6.9	2.9	45%	
		05/05/2022	45	Cosecha	26	7.2	2.8	42%	
		10/05/2022	50	Estabilización	24	7.2	2.8	39%	

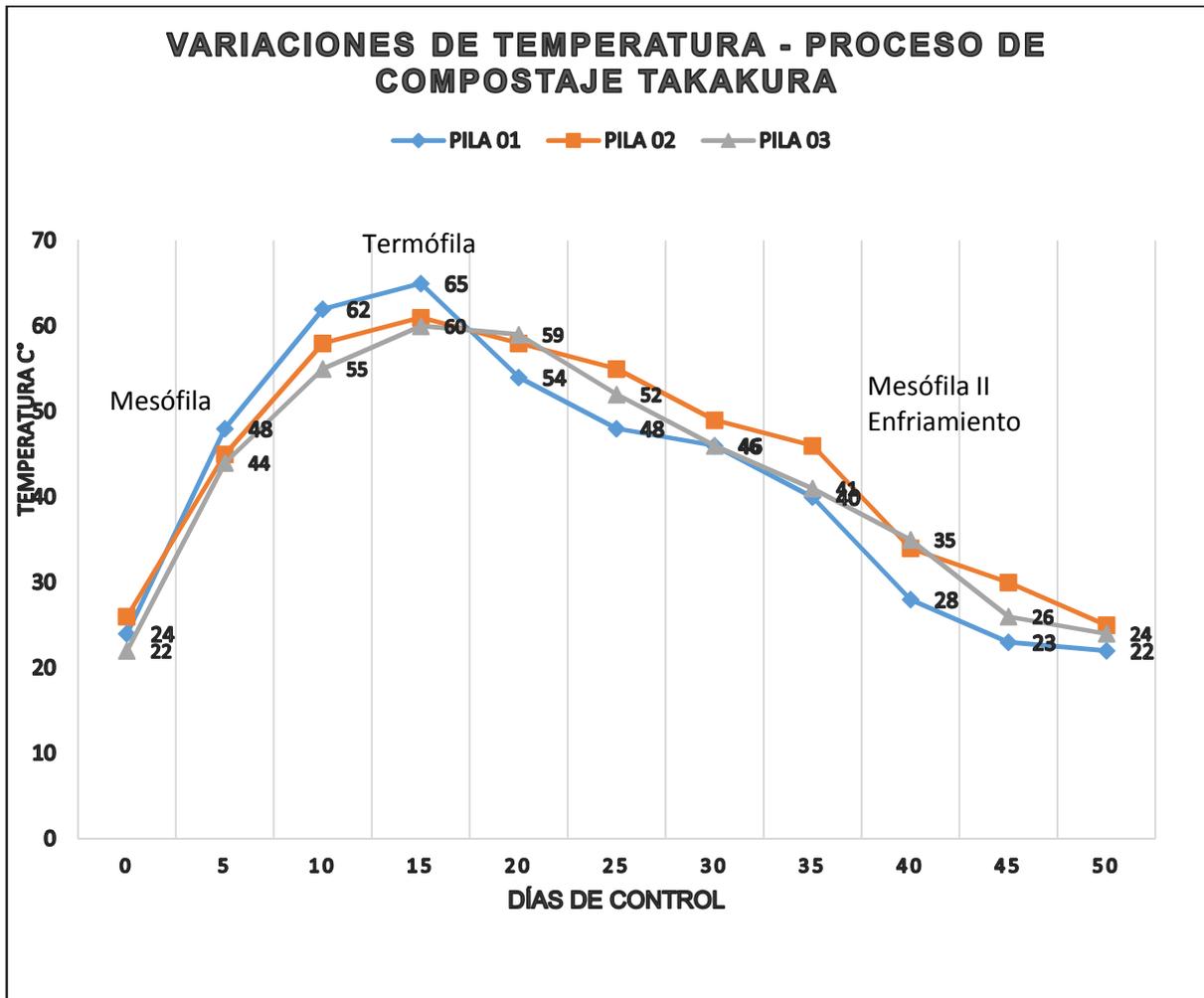
Fuente: Elaboración propia

Temperatura

Según se observa en la figura 8, la temperatura registrada en el proceso de compostaje con el método takakura, presentó las variaciones desde su instalación, en general se ve que el periodo mesófilo duró 5 días, el termófilo 25 días, el enfriamiento 15 días y 5 días de estabilización, siendo en total de 50 días (1 mes y 20 días).

La temperatura inicial fue similar entre las 03 repeticiones oscilando alrededor de los 24 °C. Al quinto día se observó un incremento ascendente de las temperaturas, alcanzando la PILA 01 (48 C°), en la PILA 02 (45C°) y la PILA 03 (44 C°). Así mismo se ve que desde el quinto día hasta los 25 días la temperatura es bastante alto llegando a registrar máximas temperaturas como la PILA 01 (Asciende hasta Los 65 C°), la PILA 02 (alcanza los 61 C°) y la PILA 03 (llega hasta los 60°). Después de este periodo las temperaturas fueron disminuyendo paulatinamente. A los 45 -50 días, la temperatura de las pilas descendió hasta alcanzar temperaturas próximas a las del ambiente.

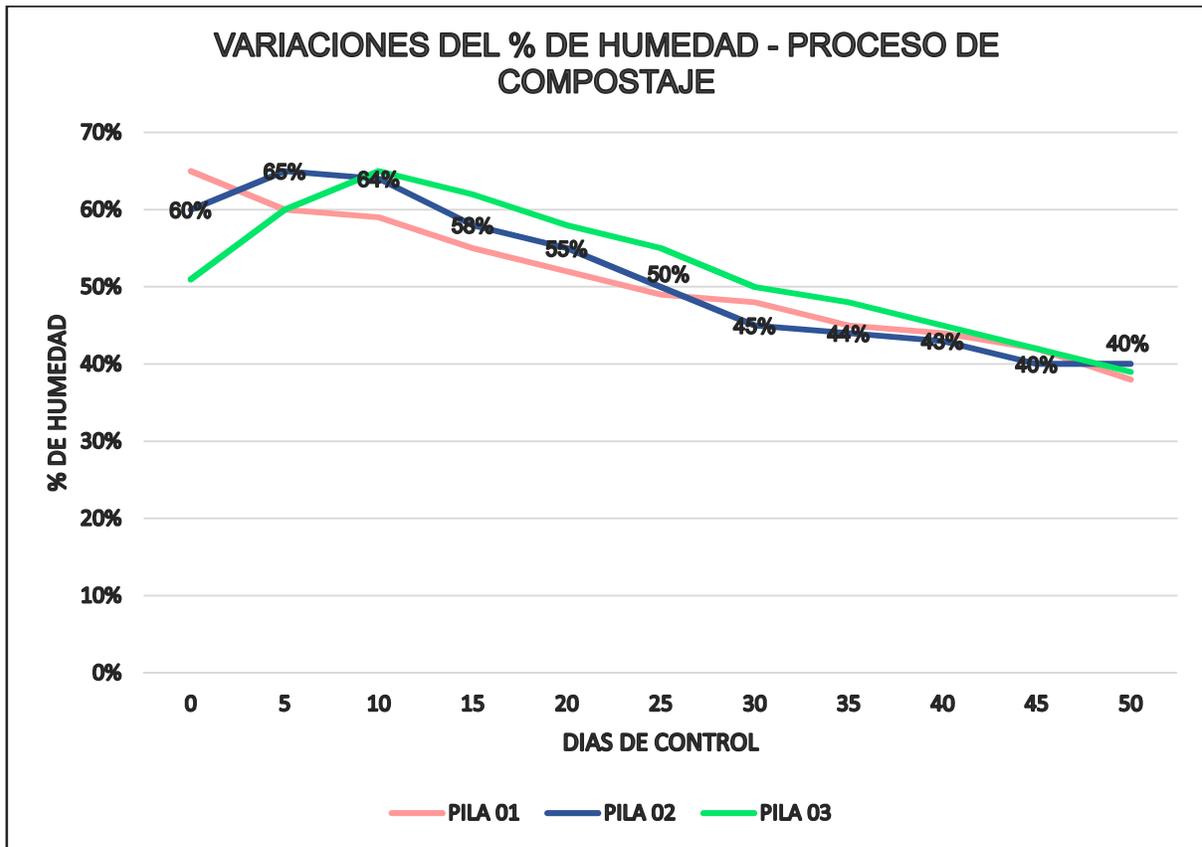
Figura 8: Temperatura 3 pilas de compostaje takakura y días de evaluación



Humedad

La humedad de las pilas composteras fue controlada en todo el proceso de compostaje, ya que este parámetro determina del desarrollo y el metabolismo correcto de los microorganismos, es así que se observó según lo registrado este parámetro varía en las 3 repeticiones. Cabe señalar que las pilas en todo el proceso no han sido mojadas o regadas como en otros tipos de compostaje.

Figura 9: Humedad de las 3 pilas de compostaje y días de evaluación



Según la Figura 9, se puede observar que los datos registrados en el proceso de compostaje en las 3 repeticiones se encuentran en los rangos o niveles óptimos de humedad, los cuales deben fluctuar entre 40-60% de humedad para que los microorganismos puedan vivir (FAO, Manual del compostaje). Sin embargo, ya en los días de cosecha y estabilización de 45 a 50 días las pilas presentan de 38 – 40% de humedad, el cual también está en los niveles normales de compost (FAO, Manual del compostaje).

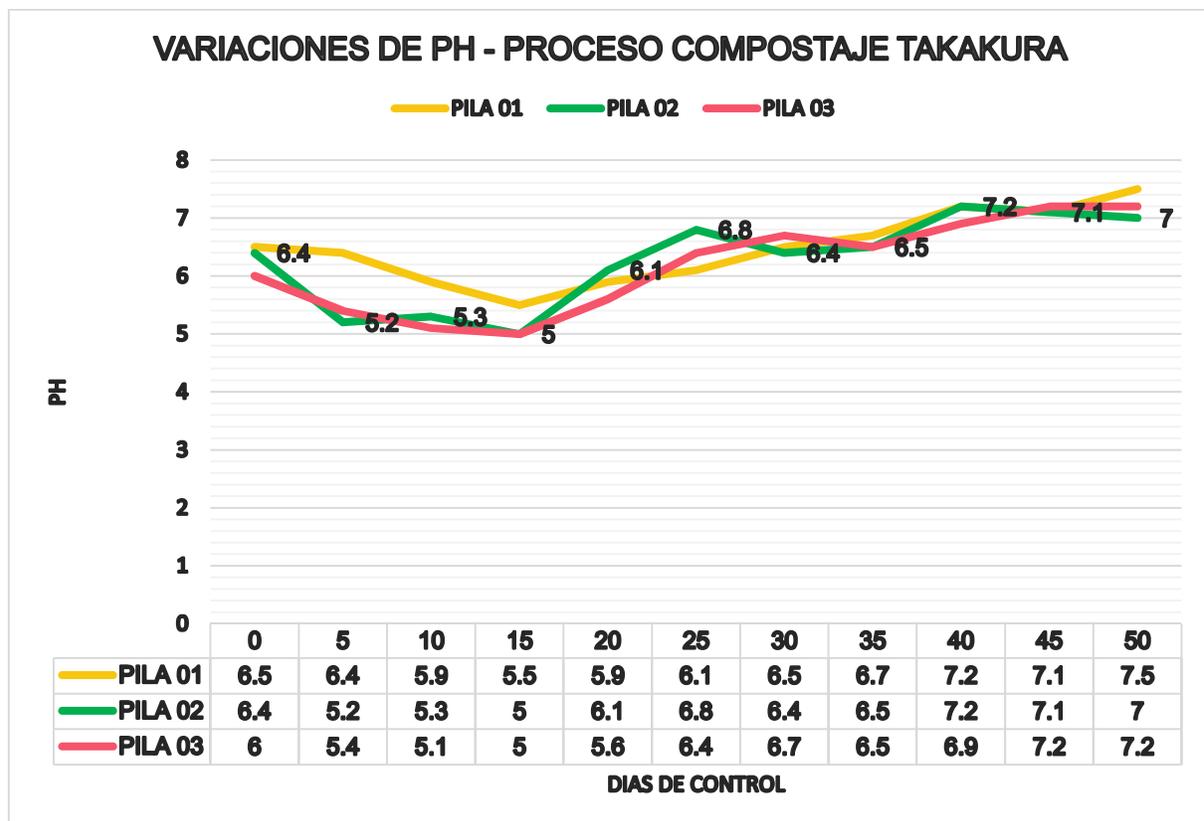
pH

El pH es otro de los parámetros monitoreados cada 5 días, de los datos obtenidos se observa que, en las 3 repeticiones, los datos varían durante el periodo de estudio.

En la Figura 10, se puede observar que las 03 pilas de compostaje en la primera etapa mesófila inician con un Ph ligeramente ácido (De 6.4, 6.5 y 6 respectivamente), sin

embargo, se vio un descenso a mayor acidez de 5 y 5.5 (hasta los 15 días) esto se debe al proceso mismo de degradación, desde el día 20 para adelante se generó un aumento del pH alcanzando valores promedios cercanos a 7 y se estabilizó en ligeramente alcalino Ph 7.5 que también está en los rangos normales (Norma Técnica Peruana 201.207.2020 - Compost uso agrícola).

Figura 10: Evolución del Ph, días de evaluación

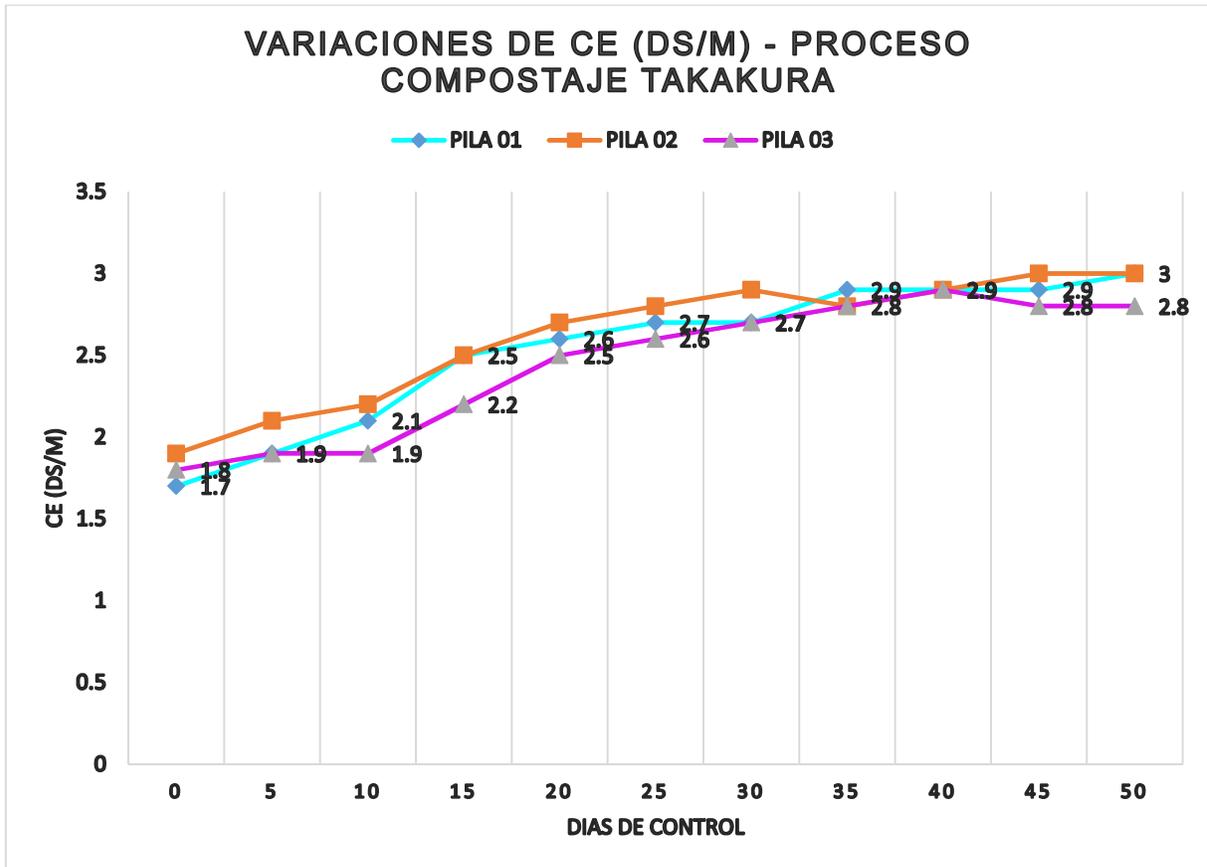


Conductividad eléctrica

Las pilas de compostaje takakura han presentado una conductividad eléctrica de tendencia variable con un comportamiento ascendente durante todo el proceso, esto debido a la mineralización de la materia orgánica, el cual genera un aumento en la concentración de nutrientes. En el caso de las pilas 01 y 02 alcanzaron mayor valor de conductividad eléctrica (3.0 dS/m), por lo que se puede afirmar que estas pilas son más eficientes por su mayor valor frente a la pila 03, esto quiere decir estas contiene mejor concentración de nutrientes; sin embargo, la Pila 03 (tiene 2.8 dS/m), y está en

valores normales, en consecuencia, las 3 pilas presentan las sales que mejoran la calidad de compost obtenido. (Fraisoro, p.6).

Figura 11: Evolución de la conductividad eléctrica y días de control



3.3 Analizar la eficiencia del método Takakura aplicado al compostaje de los residuos orgánicos municipales.

La calidad de compost está condicionada a los parámetros físicos y químicos que presenta como producto final, los resultados se muestran a continuación:

Parámetros físicos del compost

El test de Bonitut fue elaborado al obtener el producto final, el compost takakura, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 16: Características físicas del compost takakura

Método	Variables físicas del compost					
Takakura	Color	Olor	Humedad	Degradación	Impurezas	
PILA 1	3	3	2	3	2	13
PILA 2	3	2	2	3	2	12
PILA 3	3	2	3	3	2	13
PROMEDIO						12.7

Fuente: Elaboración propia

El compost obtenido con el método takakura, fue analizado, es así que se vio que las 3 pilas respecto al color presentan un color marrón oscuro, lo cual es agradable a la vista. En cuanto al olor, la PILA 01 presentó un olor a tierra vegetal agradable, mientras que las PILAS 02 y 03, presentaron un olor neutro (no agradable ni desagradable). Respecto a la humedad que debe presentar un compost, este no debía ser seco tampoco muy húmedo para facilitar el tamizado, en este sentido el compost obtenido de las 3 pilas se vio que tenía una humedad media. En el caso del nivel de degradación de la materia orgánica se vio que las 03 pilas han tenido un alto grado de descomposición total, es decir no se vio ni identificó que clase de residuos orgánicos lo conformaron al inicio. Respecto a la presencia de impurezas presentes en el compost takakura, las 3 pilas mostraron algunos residuos inorgánicos de 2-10%, los cuales fueron objetos y plásticos pequeños.

Al realizar la sumatorio total de las variables físicas del compost obtenido, el resultado nos arroja un promedio de 12.7, este dato se compara a los rangos que define el test de Bonitut, el cual indica que el compost obtenido es de BUENA CALIDAD.

Tabla 17: Evaluación test de Bonitut

CALIDAD: Muy Buena > 13; Buena: 13-10; Regular: 9-6; Baja < 6

Fuente: Test de Bonitut (Jiménez 1998).

Parámetros químicos del compost

Los parámetros químicos han sido determinados bajo análisis de laboratorio e la Universidad José María Arguedas, los resultados se muestran como Anexo 3. Cabe señalar que se ha realizado análisis de una sola muestra de las 3 pilas de compostaje (muestra previamente homogenizado y representativo de cada pila), esto debido a que se observó en el proceso que las 3 pilas al tener el mismo contenido, pesos y volteos presentan similares datos, así mismo en el análisis físico también muestra que los resultados son similares.

Los resultados obtenidos del análisis de laboratorio del compost Takakura son: Humedad (39 %), Conductividad eléctrica (2.8 dS/m), Ph (7.2), Relación de C/N (10:1), Nitrógeno (1.37 %), Fósforo (0.08 %) y Potasio (0.9 %), estos parámetros han sido comparados con los niveles de calidad de compost que estipulan organismos como: Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y alimentación FAO, Norma Técnica Peruana 201.207.2020 Compost uso agrícola y la Norma Técnica Chilena.

En ese sentido se ve que el compost takakura está dentro de los niveles normales de calidad que debe tener como producto final el compost, solamente en el % de fosforo tuvo un nivel medianamente bajo, sin embargo, los demás parámetros tienen buenos resultados, por ello se considera un compost de BUENA CALIDAD.

Tabla 18: Parámetros químicos del compost takakura y evaluación de calidad

PARÁMETROS	Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y alimentación FAO	Norma Técnica Peruana 201.207.2020 Compost uso agrícola	Norma Técnica Chilena	Resultados Calidad Compost Takakura
Humedad	30-40%	15-35%	30-45%	39%
Conductividad eléctrica (dS/m)	-	Máximo 5 dS/m	3-8	2.8
pH	6.5-8.5	5.0-8.5	5.0-8.5	7.2
Relación C/N	10.1-15.1	Min 10 / Max 25	25, 30	10:1

% Nitrógeno	0.3-1.5	0.3-1.5	0.5	1.37
% Fósforo	0.1-1.0	0.1-1.0	-	0.08
% Potasio	0.3-1.0	0.3-1.0	-	0.9

Fuente: Elaboración propia

Eficiencia del compostaje Takakura

La eficiencia del método takakura se determina al final del compostaje, para ello se realizó el pesado del producto obtenido, se tamizó el compost y se obtuvo el material de descarte, para luego aplicar la fórmula de eficiencia.

$$Eficiencia = \frac{C_t}{P} \frac{T_t}{T} \times 100$$

Tabla 19: Eficiencia de reducción de método takakura

Método Takakura	Semilla Takakura Kg	Peso de R .O Kg	Peso del Compost Kg	Material Descarte Kg	Eficiencia en reducción (%)
PILA 1	50	700	284	6	37.87
PILA 2	50	700	262	5	34.93
PILA 3	50	700	270	3	36.00
PROMEDIO					36.27

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 19 , nos muestra que la eficiencia en la reducción de residuos del método es del 36.27%, esto quiere decir tiene la capacidad de reducir materia orgánica en proporción de 3:1, lo cual es bueno para realizar la descomposición de grandes cantidades de materia orgánica, respecto al material de rechazo en las tres pilas los residuos no excedieron a los 14kg, el producto obtenido es de 830Kg de compost de los 2100 Kg valorizados, datos que demuestran la eficiencia del método de compostaje takakura.

V. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo, el de determinar las principales fuentes de generación de residuos orgánicos municipales, se pudo ver la composición de los residuos municipales es mayormente orgánico con 54% del total, las principales fuentes de generación de residuos orgánicos lo constituyen en primer lugar el mercado (37.4%), las viviendas (32.4%), restaurantes (27.6%) y los parques y jardines (2.5%), también se tuvo datos de cantidades de residuos orgánicos recolectados que son 2419 Kg, de los cuales se valoriza 2100Kg y se descarta 319Kg de residuos no compostables. Eso nos da a entender que los principales generadores de residuos orgánicos potenciales para valorización lo constituyen el mercado, las viviendas, restaurantes y parques y jardines. Frente a lo mencionado se acepta la hipótesis respecto a la cantidad de residuos orgánicos valorizables recolectados de las principales fuentes de generación. Esto resultados coinciden con nuestros resultados en que la composición mayormente es de materia orgánica (Binner, 2016), además Guerra (2020), menciona que la composición orgánica de los residuos municipales es de 70%, sin embargo no coincide en que su estudio menciona que los domicilios generan más residuos orgánicos que los no domiciliarios (mercado, restaurantes, parques y jardines) generan menos porcentaje de residuos orgánicos, puesto que en el presente estudio vemos que el mercado es el primer generador con el 37.4%, seguido recién de viviendas, de restaurantes y parques). En este sentido podemos decir que el manejo adecuado de los residuos sólidos no solo debe ser el interés de los gobiernos, sino un tema conjunto donde las organizaciones, la comunidad que debería asumir su responsabilidad como generador el de tomar conciencia y compromiso de cambio de actitudes, todo generador debe practicar la segregación correcta de sus residuos para que el gobierno local realice la valorización como prioridad. Soliati, 2019

La presente investigación también tuvo como objetivo evaluar las principales características físicas y químicas del método Takakura en el compostaje de los residuos orgánicos municipales, se realizó el control de parámetros (T°, humedad, pH

y C/E) cada 5 días, en caso de la temperatura las 03 Pilas presentaron variaciones desde su instalación, en general se ve que el periodo mesófilo duró 5 días, el termófilo 25 días, el enfriamiento 15 días y 5 días de estabilización, siendo en total de 50 días (1 mes y 20 días), los rangos de datos obtenidos en las pilas han sido similares en T° va desde los 22C° a 65C° en su máxima elevación, la humedad se mantuvo controlado de 38% a 65%, el Ph tuvo variaciones desde ligeramente ácido 5.5 hasta un medio alcalino de 7.5, la C/E alcanzo niveles de 3 dS/m. Los resultados del proceso de monitoreo de parámetros del compostaje con el método takakura mostró datos interesantes como es el caso de la temperatura que llego a 65C°, esto nos indica que hubo una correcta higienización del material compostado y la obtuvo un compost libre de patógenos y de semillas de malas hierbas, pues al mantener una temperatura por encima de los 55C° por 15 días garantiza un compost limpio, sin embargo, no excede los 70C° (Comesaña, 2017). También mencionar que la humedad se mantuvo en niveles normales (40 - 60%), no se necesitó el regado, tampoco agregar estructurantes, se estabilizó en humedad media de 38% que permitió un tamizado normal. En caso del pH los resultados muestran que las pilas tuvieron una variación que va desde u medio ligeramente acido en las primeras etapas hasta los 20 días propio del proceso de degradación, mientras en la etapa de enfriamiento llego hasta niveles alcalinos de 7.5 como producto final. Así mismo la C/E mostró una tendencia ascendente en el proceso debido a la mineralización de la materia orgánica el cual aumenta la concentración de nutrientes y sales, las 3 pilas mostraron rangos normales de C/E. (NTP 201.207.2020). En este sentido se acepta la hipótesis de que la evaluación de los principales parámetros físicos y químicos del método Takakura en el compostaje de residuos orgánicos muestra las características propias en cada proceso, en ese sentido los resultados muestran un comportamiento óptimo que determina que la calidad de compost obtenido es bueno, higienizado. Estos resultado difieren con autores como Kartini et al (2021), en Yakarta realiza el análisis FODA del método takakura instalando composteras, en donde como uno de los resultados señala que el proceso de compostaje de residuos de viviendas en demoró 75 días, esto probablemente porque no tuvo las condiciones adecuadas en el proceso de compostaje pues no menciona por ejemplo que se haya triturado los residuos orgánico,

tampoco que se haya tomado el control de parámetros; sin embargo en la presente investigación bajo condiciones controladas de lugar, techo, cantidad y control de parámetros (humedad, pH, T°, C/E, oxigenación) se ha obtenido el compost en 50 días, lo cual es beneficioso ya que cuanto menos tiempo demore la degradación de los residuos y se estabilice habrá más espacio en la planta de compostaje y por ende mayor capacidad de recepción de desecho orgánicos. Suni, 2018 realiza la investigación del aprovechamiento de los residuos orgánicos de un mercado en Arequipa en compostaje con el método tradicional, menciona que se controló parámetros de humedad, temperatura, C/E y pH; sin embargo el proceso duró hasta su estabilización 21 semanas, la temperatura máxima alcanzada fue de 55C° lo cual no cumpliría con una buena higienización del material, (Comeseña, 2017) pues la temperatura debe estar por encima de 55°C durante 15 días para reducir patógenos como Pseudomonas (Zhang, et,al 2016). En cambio, en el presente trabajo de investigación aplicando el método takakura se obtuvo el compost en 50 días, los parámetros monitoreados hacen ver una prevalencia de temperaturas por encima de los 60C°. La población crece día en día de forma exponencial y con ello la generación de sus residuos, los gobiernos locales carecen de espacios que permita la valorización de sus residuos, por ello es importante tener alternativas biotecnológicas que permitan reducir el tiempo y el gasto económico en la elaboración de compost, ante este dilema se presenta el método de compostaje takakura como una alternativa viable de valorización de residuos orgánicos municipales ya que ahorra tiempo, espacio y es económico pues los materiales que usan para su elaboración está al alcance de todos.

Además, como tercer objetivo se planteó analizar la eficiencia del método Takakura en el compostaje de los residuos orgánicos municipales, se analizó la características físicas del compost obtenido con el test de Bonitut que dio como resultados de evaluación un promedio de 12.7, en caso de los parámetros químicos analizados en laboratorio dio como resultado humedad (39 %), Conductividad eléctrica (2.8 dS/m), Ph (7.2), Relación de C/N (10:1), Nitrógeno (1.37 %), Fósforo (0.08 %) y Potasio (0.9 %), la eficiencia en la reducción de residuos del método es del 36.27%, esto quiere decir tiene la capacidad de reducir materia orgánica en proporción de 3:1. Al respecto

podemos afirmar y determinar que el compostaje con el método takakura presenta resultados similares en las 3 pilas pues tienen rangos adecuados del color, olor, humedad, degradación y presencia de impurezas, teniendo como resultado de evaluación un promedio de 12.7, este dato se compara a los rangos que define el test de Bonitut, el cual indica que el compost obtenido es de BUENA CALIDAD. Al realizar el análisis de laboratorio se vio que el compost takakura está dentro de los niveles normales de calidad que debe tener como producto final según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO, Norma Técnica Peruana 201.207.2020 Compost uso agrícola y la Norma Técnica Chilena, solamente en el % de fósforo tuvo un nivel medianamente bajo, sin embargo, los demás parámetros tienen buenos resultados, por ello se considera un compost de BUENA CALIDAD. Respecto a la eficiencia el método de compostaje takakura logró la eficiencia de reducción de residuos orgánicos a una proporción aproximada de 3:1 en peso de 2100 kg de residuos valorizados 830 Kg de compost obtenido, lo cual es una señal de la eficiencia de este tipo de compostaje. Ante este análisis se acepta la hipótesis de que la eficiencia del método Takakura se mide por medio de la evaluación física, química de sus características, así como de la eficiencia de éste y se determina que su aplicación en la valorización de residuos orgánicos municipales es viable a nivel de calidad de compost obtenido, tiempo de degradación, eficiencia en reducción. Al respecto autores como Beingolea (2021) en su investigación eficiencia del método takakura y bocashi, indica que el compost presenta rangos aceptables de parámetros analizados como el Nitrógeno 1.5%, fósforo 0.47% y potasio 1.6%, pH de 8.5, menciona que estos resultados indican un compost bueno de acuerdo a niveles que estipula la FAO y la NTCH; sin embargo, con la NTP no coincide en los niveles aceptables de potasio que es de 0.3-1%. En cambio en la presente investigación los resultados son: Humedad (39 %), Conductividad eléctrica (2.8 dS/m), Ph (7.2), Relación de C/N (10:1), Nitrógeno (1.37 %), Fósforo (0.08 %) y Potasio (0.9 %), estos parámetros han sido comparados con los niveles de calidad de compost que estipulan organismos como: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO, Norma Técnica Peruana 201.207.2020 Compost uso agrícola y la Norma Técnica Chilena y están dentro de niveles aceptables. La calidad del compost

depende de los resultados del análisis de los distintos parámetros físicos-químicos, es así que el método takakura usa microorganismos activadores que favorecen el incremento de temperaturas y el desarrollo de microorganismos que degradan en menor tiempo los residuos orgánicos, logrando con ello obtener un compost de BUENA CALIDAD con niveles aceptables de características físicas, a nivel macro nutrientes según la NTP y otros organismos, así mismo demostró eficiencia en la valorización de residuos orgánicos municipales a gran escala.

VI. CONCLUSIONES

Las principales fuentes de generación de residuos orgánicos lo constituyen en primer lugar el mercado (37.4%), las viviendas (32.4%), restaurantes (27.6%) y los parques y jardines (2.5%), en la etapa de monitoreo de recolección para implementar las pilas de compostaje se registró 2419 Kg de residuos recolectados, de los cuales se ha valorizado 2100Kg, se descarta 319Kg de residuos no compostables y Se ha obtenido 830Kg de compost. Esto nos indica que en los distritos hay un gran potencial de residuos orgánicos a nivel municipal, ya que la composición de residuos orgánicos siempre será mayor por el contenido de humedad, por ello es necesario que los gobiernos locales implementen proyectos de valorización energética.

La calidad del compost depende de los resultados del análisis de los distintos parámetros físicos-químicos, es así que el método takakura usa microorganismos activadores que favorecen el incremento de temperaturas (en el estudio ascendió hasta los 65°C) y el desarrollo de microorganismos que degradan en menor tiempo los residuos orgánicos, así mismo este parámetro garantiza la higienización del material compostado y la obtención de un compost libre de patógenos y de semillas de malas hierbas, por ello se concluye que este método es adecuado para la valorización de residuos orgánicos municipales, puesto que también el compost es de BUENA CALIDAD ya que tiene niveles aceptables en sus características físicas, a nivel macro

nutrientes según la NTP y otros organismos, así mismo demostró eficiencia en la valorización de residuos orgánicos a nivel municipal.

La población crece día en día de forma exponencial y con ello la generación de sus residuos, los gobiernos locales carecen de espacios que permita la valorización de sus residuos, por ello es importante tener alternativas biotecnológicas que permitan reducir el tiempo y el gasto económico en la elaboración de compost, ante este dilema se presenta el método de compostaje takakura como una alternativa viable de valorización de residuos orgánicos municipales ya que ahorra tiempo, espacio y es económico pues los materiales que usan para su elaboración está al alcance de todos.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de la identificación y/o el diagnóstico del tipo de microorganismo y bacterias que componen el método takakura.
- Realizar un estudio detallado del contenido de metales pesados del compost takakura y analizar su ventajas y desventajas.
- Repotenciar el método takakura con la aplicación de microorganismos de montaña
- Evaluar la aplicación y a eficiencia en los cultivos andinos como la papa, maíz, y demás.

VIII. REFERENCIAS

1. ZAVALA SANDOVAL, Renato André. Compostaje con el método Takakura para reducción de residuos orgánicos del Pueblo Joven San Borja. 2019.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/46346>
2. MEJÍA HIDALGO, Estalin Fabián; Ramos Romero, Steven Stalin. Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de la Empresa Pública Municipal mancomunada de aseo de los cantones Colta, Alausi y Guamote, mediante tratamientos biológicos, compostaje, co-compostaje, vermicompostaje y takakura. 2019. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10799>
3. RIVERA MONZÓN, Sindy Anallency. Evaluación de modelos de composteras domiciliarias y métodos de compostaje, para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Chiquimula, Guatemala, 2018. 2018. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/13217>
4. KARTINI, A. Z.; Hasibuan, h. S.; Tumuyu, s. S. A Swot Analysis of Takakura Compost as a Treatment for Household Food Waste (Case Study in Pondok Labu Urban Village). En IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. p. 012075.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/940/1/012075/meta>
5. GUERRA HUAMÁN, Stefany Grissel; Quispe Parhuay, Marianela. Valorización de residuos sólidos urbanos para el compostaje en el distrito de San Ramón-Chanchamayo, 2020.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60815/Guerra_HS_G-Quispe_PM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed
6. P. GRAZIANI, Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina, Buenos Aires: CAF, 2018.
<http://cdi.mecon.gov.ar/bases/docelec/az4041.pdf>

7. SHARMA, Anamika, et al. Efficient microorganism compost benefits plant growth and improves soil health in Calendula and Marigold. Horticultural Plant Journal, 2017, vol. 3, no 2, p. 67-72.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468014117301711>
8. LIU, Ling, et al. Succession and diversity of microorganisms and their association with physicochemical properties during green waste thermophilic composting. Waste Management, 2018, vol. 73, p. 101
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X17309923>
9. NEUGEBAUER, Maciej; Sołowiej, Piotr. El uso de residuos verdes para superar la dificultad del compostaje a pequeña escala de residuos orgánicos domésticos. Journal of Cleaner Production, 2017, volumen 156, páginas 865-875.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617308156>
10. AYILARA, Modupe Stella, et al. Waste Management through Composting: Challenges and Potentials, 2020, vol. 12, N° 11, pág. 4456.
<https://doi.org/10.3390/su12114456>
11. CZIKKELY, Marton; Csabáné Tóth, Zsófia; Fogarassy, Csaba. Alternative Utilization Options In Multi-Function Composting Techniques. Ingeniería Agrícola Húngara, 2018, no 33, p. 11-16.
<https://doi.org/10.17676/HAE.2018.33.11>
12. BOHÓRQUEZ SANTANA, Wilson. *El proceso de compostaje*. Universidad de la Salle, 2019.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X_1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=El+proceso+de+compostaje&ots=0lnQ7V5MCb&sig=v0QICN5KU43L6i2IRxp1
13. PERGOLA, Maria, et al. Composting: The way for a sustainable agriculture. Applied Soil Ecology, 2018, vol. 123, p. 744-750.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139316306928>
14. SAMPIERI, Roberto Hernández. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México, 2018.
<https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf>

15. MÉNDEZ RETAMERO, Cristina María, et al. Valorización de residuos orgánicos mediante la obtención de fertilizantes. 2019.
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37774>
16. ROJAS VILELA DE ECHE, Cinthya Carolina; Yenque Lamas, Leidy Nohely. Revisión sistemática: Métodos de compostaje de residuos orgánicos. 2021.
<http://doi.org/10.26439/ulima.tesis/10557>
17. CRUZADO LUNA, Silvia Elizabeth. Caracterización de residuos sólidos municipales en la determinación de materia orgánica y valorizar mediante el compost, en el distrito de Santa Eulalia, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. 2021
<http://hdl.handle.net/20.500.12840/5059>
18. ALARCÓN VARGAS, Milagros; Ramos Ordoñez, Ademir Rei. Diseño de una planta de valorización de residuos orgánicos generados en los mercados de abasto del distrito de Wanchaq, Cusco 2020. 2021
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/63527>
19. BRENES-PERALTA, Laura; Jiménez-Morales, María F.; Campos-Rodríguez, Rooel. Food waste valorization through composting and bio-drying for small scale fruit processing agro-industries. *Ingeniería y competitividad*, 2021, vol. 23, no 1.
<http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v23n1/2027-8284-inco-23-01-e9623.pdf>
20. ASLANZADEH, Solmaz; KHO, Katherine; Sitepu, Irnayuli. An Evaluation of the Effect of Takakura and Effective Microorganisms (EM) as Bio Activators on the Final Compost Quality. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. p. 012017.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/742/1/012017/meta>
21. ASTUTI, Yuni; Tafiprios, Tafiprios; Widayati, Cristina Catur. Takakura Compost Making Training Joglo Village, West Jakarta. En *ICCD*. 2018. p. 692-699.
<https://doi.org/10.33068/iccd.Vol1.Iss1.103>
22. RIVADENEIRA SUÁREZ, Juan Miguel. Compostaje de residuos sólidos orgánicos provenientes de los mercados municipales de la ciudad de Macas, mediante la técnica de takakura. 2018. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10149>
23. BLAY, Vicente, et al. Valorización mediante compostaje de los restos vegetales en el Mercado de Abastos de Valencia (Mercavalencia). Gestión integral de residuos orgánicos. Poniendo en marcha la economía circular en la sociedad, 2018, p. 67-71.
<http://hdl.handle.net/20.500.11939/6909>
24. GARCÍA CAMPOS, José Manuel. Obtención de compost a partir de residuos orgánicos segregados desde la fuente, en el distrito de Bambamarca. 2020.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/48864>
25. Cabrera López, Wilson Ariel. (2018). Empleo de lixiviados para compostar los residuos sólidos orgánicos domiciliarios de la ciudad de Sucúa, mediante las técnicas de takakura y de vermicompostaje. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Macas.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10148>
26. SOLIATI, Suzi. Community empowerment in managing waste through Takakura Training. Jurnal Empowerment, 2019, vol. 8, no 1, p. 48-54.
www.ejournal.stkipsiliwangi.ac.id/index.php/empowerment/article/download/1158637
27. DEWILDA, Yommi; Aziz, Rizki; Handayani, Restu Ayu. The effect of additional vegetables and fruits waste on the quality of compost of cassava chip industry solid waste on takakura composter. En IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2019. p. 012060.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/602/1/012060/meta>
28. ABDEL-SHAFY, Hussein I.; Mansour, Mona SM. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. Egyptian journal of petroleum, 2018, vol. 27, no 4, p. 1275-1290.
<https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
29. SEGURA, A.; Rojas, Luis; Pulido, Y. Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. Revista espacios, 2020, vol. 41, no 17, p. 1-9.
<https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p22.pdf>

30. HERNÁNDEZ OCAMPO, Raquel Verónica y Bustos Villamar, Roger Andrés. Medición del dióxido de carbono equivalente y eficiencia de los procesos de compostaje takakura y lumbricultura en el centro integral del manejo de residuos sólidos en la ciudad de Loja. 2019.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/22464>
31. RODRÍGUEZ NÚÑEZ, Irina Yesabel. Influencia del uso de residuos orgánicos de domicilios, mercados y jardinería, en la calidad y eficiencia del Compost Takakura, Laredo-2017. 2017.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/22505>
32. BEINGOLEA MEDINA, Katia Melissa. Eficiencia del Método Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la Urbanización Enace Ayacucho, 2021.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/61917>
33. TARAZONA-TELLO, Ethel-Jimena; Gómez-De-La-Piedra, Ana-Gabriela. Estudio de prefactibilidad para la fabricación de abono a base de residuos sólidos orgánicos. 2019.
<https://hdl.handle.net/20.500.12724/10557>
34. HERRERA DONAYRE, Karen Liseth; Palomino Tito, Oriely Ingri t. Revisión sistemática sobre tratamiento de residuos orgánicos para la obtención de compost. 2021.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/69805>
35. HUAMÁN FLORES, Kelinn Lizzeth. Residuos de cocina y jugueria enriquecidos con melaza y microorganismos eficaces para compost-Chongos Bajo–Junín 2020. 2020.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/60903>
36. CASTAÑEDA LUZA, Shirley Katerine; Palomino Chávez, Maximila Esther. Evaluación del Efecto Productivo de un Abono Natural (Takakura) en la Siembra de Alfalfa (Medicago Sativa V. California 101) en Cajabamba. 2018.
<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/797>

37. COMESAÑA, Iria Villar. Estudio de la dinámica microbiana durante la fase de maduración del compostaje de residuos orgánicos: vermicompostaje como alternativa de tratamiento. 2017. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=155905>
38. GARCÍA PÉREZ, Francis Johan. Calidad y tiempo de obtención del compost aplicando microorganismos eficientes en la Universidad Cesar Vallejo, filial-Chiclayo. 2018.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/31497>
39. VÁSQUEZ; CHANAMÉ, Carlos Eduardo Millones. Una revisión sobre la diversidad microbiana y su rol en el compostaje aerobio. Aporte Santiaguino, 2021, pág. 253-275.
http://181.176.163.42/index.php/Aporte_Santiago/article/view/822
40. LARGO, Ana, et al. Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. Scientia Agropecuaria, 2019, vol. 10, no 3, p. 353-361.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S207799172019000300005&script=sci_arttext&tlng=en
41. GUSTI, Awalia; Sugriarta, Evino; Seno, Basuki Ario. Efectividad del Método Takakura y el Microorganismo Local del Arroz (Mol) Takakura Plu en la Elaboración de Compost Mediante el Uso de Residuos de Alimentos en el Paciente de Rsup M. Djamil Padang. Padang, 20 de diciembre de 2017, p. 371.
<https://main.poltekkes-pdg.ac.id/download1/al290.pdf#page=386>
42. COAQUIRA MAMANI, Edgar. Valorización de residuos sólidos orgánicos en la municipalidad distrital de ciudad nueva, Tacna 2020. 2021.
http://repositorio.ulc.edu.pe/bitstream/handle/ULC/187/T134_72258115_T.pdf?sequence=1
43. CASTILLO HUAMAN, Lady Cely. Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. 2020.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8245>

IX. ANEXOS

9.1 Matriz de Operacionalización de Variables

9.2 Panel Fotográfico

9.3 Resultados del análisis de laboratorio

9.4 Expediente de Validación de instrumentos de medición a través de juicio de expertos (2 validadores)

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“Valorización de residuos orgánicos municipales y su compostaje mediante el método Takakura, San Jerónimo, Andahuaylas 2022”

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
<p>VARIABLE DEPENDIENTE Y1= Valorización de Residuos orgánicos municipales</p>	<p>La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos en su artículo 37° determina que la valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos. Esta incluye las actividades de reutilización, reciclaje, compostaje, valorización energética entre otras alternativas, y se realiza en infraestructura adecuada y autorizada para tal fin. (D. L N° 1278. Art 37°)</p>	<p>Los residuos orgánicos municipales provienen de diferentes fuentes de generación, por ello se realizó un monitoreo de la recolección selectiva de estos con la finalidad de cuantificar las cantidades recolectados, valorizados y producto obtenido.</p>	<p>.Generación total de residuos orgánicos municipales. .Recolectado .Valorizado .Producto obtenido</p>	<p>.Generación Total .Tn de RO Recolectado .Tn de RO Valorizado .Tn de Producto obtenido</p>	<p>Tn/día Peso en Kg /día</p>
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE X1= Compostaje método Takakura</p>	<p>El método Takakura, es eficiente en la generación de compost pues utiliza bacterias de fermentación de obtención local como comida fermentada, cáscaras de arroz, cáscaras de fruta, estiércol, entre otros. La mezcla con basura orgánica hace posible la descomposición en menor tiempo debiendo tener en cuenta la ventilación y movimiento. (JICA, 2019, párr. 6)</p>	<p>El método de compostaje es aplicado a 3 réplicas de camas composteras instalados con los residuos orgánicos municipales recolectados en 2 semanas, el proceso es controlado en un medio óptimo para el desarrollo de los microorganismos, se mide los parámetros físicos, químicos hasta la obtención del producto final que también es analizado para ver sus características físicas, químicas y la eficiencia del compost obtenido.</p>	<p>.Características físicas y químicas del proceso .Características físicas compost .Características químicas compost .Eficiencia</p>	<p>Temperatura PH Humedad Conductividad eléctrica Color, olor, Humedad, Degradación, impurezas Humedad PH Carbono C/E Contenido Nutrientes: Nitrógeno (N) Fosforo (P) Potasio (N) Reducción de residuos orgánicos</p>	<p>°C Acidez/alcalinidad % dS/m Categorías % Acidez/alcalinidad % dS/m % %</p>

ANEXO 2. PANEL FOTOGRÁFICO

ETAPA 1: Determinar las fuentes de generación de residuos orgánicos

Monitoreo de la recolección de residuos orgánicos de las fuentes de generación: mercado, restaurantes, las viviendas y los parques y jardines.



Recolección selectiva, Motoreciclador



Pesado de residuos orgánicos por fuente de generación y registrados en el formato correspondiente.



Cantidad de residuos orgánicos que ingresan a ser valorizados, no valorizados.



ETAPA 2: Preparación del método Takakura

1. Preparación de soluciones: Salada y Dulce

Se utilizó ingredientes como frutas, verduras, todas las cascaras se pican en pequeños trozos (2-3cm).



Agregar todos los ingredientes de ambas mezclas a un bidón con 30 litros de agua de clorada, se hecha la sal o el azúcar, remover y tapar con tul.



Revisar al quinto día la formación de una capa o nata blanca



2. Segunda fase: Elaboración del lecho semilla

Mezclar ingredientes para el lecho semilla con las soluciones dulce y salada.



Cubrir con tejido transpirable como costales y cartones para evitar la entrada de insectos y roedores.



La semilla está listo cuando se ve la formación de telarañas, que son los microorganismos que han proliferado en la superficie, esto sucede a los 5 a 7 días.



3. Tercera fase: Elaboración de las pilas composteras Takakura

Procedimiento:

Los residuos orgánicos recolectados se pre clasifican, es decir se separa los residuos compostables y los que no son compostables (se registró sus pesos).



Los residuos compostables se trituran (aprox. 2-5cm) con instrumento manual qopakuchana



Se arma 3 pilas de compostaje a lo largo 4mx1.5mx0.80m, con 2100kg de residuos orgánicos (Cada pila con 700kg), 50 Kg de semilla.

Se homogenizan los insumos y se tapan con cartones para evitar el ingreso de insectos y roedores.



ETAPA 3: Control de parámetros en el proceso de compostaje:

Control y monitoreo de parámetros cada 5 días: la temperatura, humedad, pH, C/E, oxigenación. Los datos fueron registrados en el formato correspondiente.



Los microorganismos son aerobios y necesitan oxígeno para degradar la materia orgánica. El personal realizó volteos cada 5 días de forma manual y contó con los implementos de bioseguridad.



Producto final / Cosecha

El proceso se concretó en 45 días, se procede a secar, tamizar (malla de 1x1cm de diámetro)



Compost semi maduro, estabilización en 1-2 semanas.



El compost maduro y tamizado se envasó en costales y en presentación de 1 y 3 kilos para mostrar a la población de los resultados.





LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CONTROL Y ANÁLISIS DE AGUAS



INFORME DE ENSAYO Nº 007-2022

Razón social: Municipalidad distrital de San Jerónimo

Solicitado por: ---

Muestreado por: Cliente

Fecha de muestreo: 18/05/2022

Fecha de recepción de muestras: 18/05/2022

Fecha de inicio de análisis: 18/05/2022

Tipo de análisis: Laboratorio

Lugar de muestreo: ---

Proyecto: Valorización de residuos orgánicos y su compostaje con el método Takamura, distrito de San Jerónimo – Andahuaylas.

Punto de muestreo: ---

Referencia: ---

Ubicación: ---

Vol. de reservorio: No aplica

Sistema de Clorado: No aplica

Coordenadas: ----

Presión atmosférica: ----

DE LA MUESTRA

Código del cliente	Código de laboratorio	Condiciones	Tipo de agua	Hora de muestreo
COMPOST	CMP	---	MS*	---

* material solido

RESULTADOS

Muestra	PARÁMETRO QUÍMICOS				
	% C	% N	P (mg/kg)	% Ceniza	K (mg/kg)
CMP	13.89±0.33	1.37±0.15	804.33±11.02	51.20±1.8	8979.7±180.73
Método	Combustión catalítica	EPA 3015A, Cadmiun reduction, diazotization y Nessler.	Espectrometría	Gravimétrica	Espectrometría

Metales	Muestra	Método
	CMP	
Plata (mg/kg)	0.04	Espectrometría
Aluminio (mg/kg)	7789.10	
Boro (mg/kg)	41.90	
Bario (mg/kg)	62.29	
Berilio (mg/kg)	0.90	
Calcio (mg/kg)	5387.00	
Cadmio (mg/kg)	8.60	
Cobalto (mg/kg)	24.90	
Cromo (mg/kg)	23.40	
Cobre (mg/kg)	20.00	
Manganeso (mg/kg)	289.69	
Molibdeno (mg/kg)	19.40	
Sodio (mg/kg)	470.00	
Níquel (mg/kg)	9.31	



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CONTROL Y ANÁLISIS DE AGUAS



Antimonio (mg/kg)	115.00	
Selenio (mg/kg)	138.00	
Silicio (mg/kg)	3938.50	
Titanio (mg/kg)	722.15	
Talio (mg/kg)	182.00	
Vanadio (mg/kg)	45.20	
Zinc (mg/kg)	31.02	

COMENTARIO: Los análisis se realizaron de acuerdo al método mencionado en el resultado.

Andahuaylas, 23 de mayo de 2022

Ing. David Choque Quispe
Responsable Laboratorio de Investigación
en Control y Análisis de Aguas – UNAJMA

Ing. Diego E. Peralta Guevara
CIP. N° 233878
Especialista LICAA



**EXPEDIENTE PARA VALIDAR LOS
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE
JUICIO DE EXPERTOS**

1



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a):

Mg. ALEXEI REYNAGA MEDINA

Presente:

Asunto: “Validación de instrumento a través de Juicio de expertos”

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo Bachiller de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es “**Valorización de Residuos Orgánicos Municipales y su Compostaje Mediante el Método Takakura, Distrito de San Jerónimo – Andahuaylas 2022**” y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de Operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Diagrama de flujo del método para extraer la correlación entre las Variables
3. **Anexo N°03:** Instrumentos de recolección de datos para la variable dependiente: Valorización de Residuos orgánicos municipales
4. **Anexo N°04:** Instrumentos de recolección de datos para la variable independiente: Compostaje método Takakura
5. **Anexo N°05:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Becerra Hurtado, Gady Miriam

DNI: 42308068

ANEXO N°05: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Reynaga Medina Alexei
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UTEA - Ing. Ambiental
- 1.3. Especialidad del validador: Gestión Ambiental / Residuos Sólidos
- 1.4. Nombre del instrumento: Formatos de control y seguimiento resultados
- 1.5. Título de la investigación:
"Valorización de residuos orgánicos municipales en compostaje con la aplicación del método Takakura, San Jerónimo, 2022"
- 1.6. Autor del instrumento: Becerra Hurtado Gady Miriam

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					82
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					90
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					85



7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					85
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					82
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN						

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✦ Primera variable: Valorización de Residuos orgánicos municipales

Dimensión	Indicadores	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
.Generación total de residuos orgánicos municipales .Recolectado .Valorizado .Producto obtenido	.Tn de residuos generados	Si		
	.Tn de RO Recolectado	Si		
	.Tn de RO Valorizado	Si		
	.Tn de Producto obtenido	Si		

✦ Segunda Variable: Compostaje método Takakura

Dimensión	Indicadores	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
.Características físicas y químicas del proceso	Temperatura	Si		
	PH	Si		
	Humedad	Si		
	Conductividad eléctrica	Si		
.Características físicas compost	Color, olor, Humedad, Degradación, impurezas	Si		
.Características químicas compost	Humedad	Si		
	PH	Si		
	Relación C/N	Si		



	Conductividad eléctrica	Si		
	Contenido Nutrientes: Nitrógeno (N) Fosforo (P) Potasio (N)	Si		
Eficiencia	% de reducción residuos orgánicos	Si		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 84.9 %

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 14 de febrero de 2022



(Handwritten signature)
ALEXEI REYNAGA MEDINA
BIÓLOGO
C.B.P. N° 6184

Firma del experto informante

DNI N°: 31176503 Teléfono N° 984574573



**EXPEDIENTE PARA VALIDAR LOS
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE
JUICIO DE EXPERTOS**

2



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a):

Mg. DAVID CHOQUE QUISPE

Presente:

Asunto: “Validación de instrumento a través de Juicio de expertos”

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo Bachiller de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es **“Valorización de Residuos Orgánicos Municipales y su Compostaje Mediante el Método Takakura, Distrito de San Jerónimo – Andahuaylas 2022”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de Operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Diagrama de flujo del método para extraer la correlación entre las Variables
3. **Anexo N°03:** Instrumentos de recolección de datos para la variable dependiente: Valorización de Residuos orgánicos municipales
4. **Anexo N°04:** Instrumentos de recolección de datos para la variable independiente: Compostaje método Takakura
5. **Anexo N°05:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Becerra Hurtado, Gady Miriam

DNI: 42308068

ANEXO N°05: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: DAVID CHOQUE QUISPE
- 1.2. Cargo e institución donde labora: RESPONSABLE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN - UNAJMA
- 1.3. Especialidad del validador: INVESTIGADOR
- 1.4. Nombre del instrumento: FORMATOS DE CONTROL Y MONITOREO, RECOLECCIÓN DE DATOS
- 1.5. Título de la investigación:

“Valorización de residuos orgánicos municipales y su compostaje con el método Takakura, San Jerónimo, Andahuaylas, 2022”

1.6. Autor del instrumento: Becerra Hurtado Gady Miriam

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					90
4. Organización	Existe una organización lógica.				70	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				70	



6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN						80
						80

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

📌 Primera variable: Valorización de Residuos orgánicos municipales

Dimensión	Indicadores	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
.Generación total de residuos orgánicos municipales .Recolectado .Valorizado .Producto obtenido	.Tn de residuos generados	X		
	.Tn de RO Recolectado	X		
	.Tn de RO Valorizado	X		
	.Tn de Producto obtenido	X		

📌 Segunda Variable: Compostaje método Takakura

Dimensión	Indicadores	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
.Características físicas y químicas del proceso	Temperatura	X		
	PH	X		
	Humedad	X		
	Conductividad eléctrica	X		
.Características físicas compost	Color, olor, Humedad, Degradación, impurezas	X		
.Características químicas compost	Humedad	X		
	PH	X		



	Relación C/N	X		
	Conductividad eléctrica	X		
	Contenido Nutrientes: Nitrógeno (N) Fosforo (P) Potasio (N)	X		
Eficiencia	% de reducción residuos orgánicos	X		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 14 de febrero de 2022


Ing. Msc. David Choque Quispe
C.I.P. N° 75470

Firma del experto informante

DNI N°: 25003361

Teléfono N° 984563618