

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Caracterización y Valorización de los residuos sólidos
municipales del distrito de Santa Rosa, provincia de La Mar,
Ayacucho**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Katherine Quispe Arana
Mayra Triddey Martínez Aguilar

Asesor:

Dr. Javier Linkolk López Gonzales

Lima, 11 de Abril del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

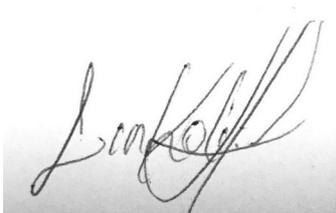
Yo Dr. Javier Linkolk López Gonzales docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **Caracterización y Valorización de los residuos sólidos municipales del distrito de Santa Rosa, provincia de La Mar, Ayacucho** de los autores Katherine Quispe Arana y Mayra Triddey Martínez Aguilar tiene un índice de similitud de 12. % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del o los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 11 días del mes de abril del año 2023



Dr. Javier Linkolk López Gonzales

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 11 días día(s) del mes de abril del año 2023 siendo las 08:30 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio**, el secretario: **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y los demás miembros: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga y el Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas**, y el asesor, **Dr. Javier Linkolk López Gonzales** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Caracterización y valoración de los residuos sólidos municipales del distrito de santa rosa, provincia de La Mar, Ayacucho".

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) **KATHERINE QUISPE ARANA**

.....b) **MAYRA TRIDDEY MARTINEZ AGUILAR**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **KATHERINE QUISPE ARANA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

Candidato (b): **MAYRA TRIDDEY MARTINEZ AGUILAR**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio

Secretario
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Asesor
Dr. Javier Linkolk
Lopez Gonzales

Miembro
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga

Miembro
Mg. Joel Hugo
Fernandez Rojas

Candidato/a (a)
Katherine

Candidato/a (b)
Mayra

ÍNDICE

1. Caracterización y Valorización de los residuos sólidos municipales del distrito de Santa Rosa, provincia de La Mar, Ayacucho <i>Characterization and Valorization of municipal solid waste in the district of Santa Rosa, province of La Mar, Ayacucho</i>	5
2. Resumen:.....	5
3. Palabras clave.....	6
4. Introducción.....	6
5. Materiales y Métodos.....	8
6. Resultados y Discusiones.....	16
7. Discusión.....	23
8. Conclusiones.....	25
9. Referencias.....	26
10. ANEXOS.....	29

1. Caracterización y Valorización de los residuos sólidos municipales del distrito de Santa Rosa, provincia de La Mar, Ayacucho
Characterization and Valorization of municipal solid waste in the district of Santa Rosa, province of La Mar, Ayacucho

2. Resumen:

Existe una gran deficiencia en la recolección y disposición de residuos sólidos, con un considerable cantidad desechada en vertederos, en lugar de rellenos sanitarios. En este sentido, el objetivo de esta investigación es proponer un plan de mitigación de residuos sólidos a través de la recuperación en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho.

Para ello se ejecutó un plan de caracterización de residuos sólidos en ocho días y a través de ANOVA se evidenció que existe una diferencia significativa para las medias entre los pares de negocios excepto entre la panadería y el hotel, a través de las zonas de agrupamiento A y B están altamente correlacionadas, lo que refleja a su vez que la cantidad de residuos orgánicos fue mayor que los inorgánicos. En los residuos orgánicos plan de valorización, los resultados a través de ANOVA indican que existe una diferencia significativa para los promedio de los meses y los días del mes, y el agrupamiento muestra el diferente comportamiento de cada mes, llamando la atención sobre el mes de agosto. Concluyendo que el plan piloto de valorización es viable debido al aporte de una gran cantidad de residuos sólidos orgánicos a la planta de valorización.

Abstract: There is a great deficiency in the collection and disposal of solid waste, with a considerable amount disposed of in dumps, instead of landfills. In this sense, the objective of this research is to propose a solid waste mitigation plan through recovery in the district of Santa Rosa, Ayacucho. For this, a solid waste characterization plan was executed in eight days and through ANOVA it was evidenced that there is a significant difference for the means between the business pairs except between the bakery and hotel, through clustering zones A and B are highly correlated, reflecting in turn that the amount of organic waste was greater than inorganic waste. In the organic waste valorization plan, the results through ANOVA indicate that there is a significant difference for the average of the months and the days of the month, and the clustering shows the different behavior of each month, drawing attention to the month of August. Concluding that the valorization pilot plan is viable due to the contribution of a large amount of organic solid waste to the valorization plant.

3. Palabras clave

Análisis de conglomerados; manejo de residuos sólidos; Caracterización de residuos sólidos; Valorización de residuos sólidos.

Keywords: *Cluster analysis; solid waste management; Characterization of solid waste; Valorization of solid waste*

4. Introducción

El crecimiento urbano de la sociedad requiere mayor gasto e inversión en bienes y servicios, así como generar mejoras en cuanto a la gestión de los residuos del día consumo, los cuales son denominados residuos o residuos sólidos (RS), en su mayoría orgánicos [1,2]. El SW han venido generando un impacto ambiental, que se destaca en mayor contraste a medida que el tiempo avanza, por su incremento exponencial y sumado a una mala gestión que facilita el deterioro de las áreas verdes, dejando a la sociedad en mayor riesgo [3, 4]. La proyección para 2050 estima un aumento de 3.050 millones de toneladas de residuos totales por año, un valor muy superior a la de 2016, con un total de 2.010 millones de toneladas [5,6]. Sin embargo, tomando esta comparación como una referencia, los residuos orgánicos han ido disminuyendo del 49 al 37 por ciento de forma inesperada.

Ante este contexto que implica expansión demográfica, la toma de decisiones para redirigir adecuadamente la industrialización y la urbanización con un margen preventivo es inevitable [9, 10]. Para América Latina u otros continentes, las prácticas en materia de estrategia de gestión. La clave de estos residuos sólidos es generar impactos positivos en la valorización de residuos sostenibles y sostenibles, áreas verdes que pueden recuperar este entorno ambiental donde residimos [11 ,12].

En este sentido, surge la necesidad de diseñar protocolos planificados junto con procesos paralelos,

para la implementación de alternativas en materia de gestión de residuos o complementos a técnicas existentes; como compostaje de bajo costo u otras estrategias más costosas como como incineración, pirólisis y gasificación entre otros.

Estudios recientes muestran cómo la conversión de materia residual (residuos sólidos) es potencialmente una fuente de energía utilizable de acuerdo con las metodologías de gestión y mitigación de SW dentro de los el campo de la economía circular [15 ,16], como es el caso de la región de Guangdong, China, donde los residuos urbanos municipales y otros residuos, como el

estiércol de las granjas, pueden ser reciclados utilizando métodos de eliminación de residuos adecuadamente eficientes para su control.

En América Latina, las técnicas de manejo de residuos sólidos controlan los niveles de impacto en habitables, buscando mantener un margen aceptable para la salud pública, ya que el grado de la afectación ambiental está indiscutiblemente ligada a una mala gestión de residuos o arreglos [19, 20]. Por otro lado, un país en un grado positivo de desarrollo es síntoma de un manejo adecuado de los residuos, lo que impacta directamente en la economía, además como el medio ambiente [21, 22]. De esta forma, Perú, al igual que otros países, tiende a presentar crecimiento urbano, que deja un vacío disponible para la gestión de residuos sólidos debido a la y cambios ambientales causados por la centralización que aún están en curso.

Para amortiguar los cambios que pueden impactar la salud pública, así como el medio ambiente, sumado a la desinformación en la mayoría de los países, es necesario crear medidas o políticas para la gestión de redes sociales, así como el estudio de caracterización de SW [23, 25]. El proceso de caracterización tiene grados de dificultad, especialmente en el desarrollo de países, por falta de información sobre la localidad, zona o región sociodemográfica, a pesar de la variedad de metodologías actualmente existentes.

En Perú, la generación de RS orgánicos de uso doméstico ha ido variando según a eventos globales recientes como la pandemia de COVID-19, que es un indicador de un caracterización de residuos de diversa índole para evitar afectar a la salud a un nivel superior. público, especialmente para todos aquellos escenarios que impliquen mantener un nivel adecuado de asepsia dentro y fuera del hogar

En Ayacucho, Perú, se están considerando posibles medidas de manejo y mitigación de evaluados por el impacto del COVID-19 a nivel económico y por el hábito urbano que presenta, así como en otras regiones de riesgo dentro del país [31]. Ayacucho cumple caracterizada por tener recursos y acceso limitado junto con una población distribuida en zonas rurales y urbanas para actividades tanto agrícolas como ganaderas entre los comunidades que se destacan por la generación de residuos es Occhocaca, en el distrito de Huanta, que ha demostrado tener consecuencias en las plantaciones de aguacate, afectando a agricultura, mientras que hubo un impacto en la salud por enfermedades como la hepatitis y anemia en la población causada por el manejo inadecuado de los desechos sólidos [33]. Cerrar a Occhocaca, es el centro poblado de Sacsamarca, provincia de Huancasancos, con casos de trastornos gastrointestinales, dificultades

respiratorias e impactos notorios en el ganado debido a SW distribuido y manejado inadecuadamente en el área.

En este sentido, se consideró que el conjunto de factores que influyen en la generación de SW son objeto de estudio en para mantener un desarrollo continuo y un crecimiento urbano próspero. Por eso la necesidad de diseñar y materializar técnicas con procesos que se complementarán con el enfoque de políticas de prevención que aseguren un control eficiente en la gestión de residuos sólidos orgánicos municipales. Por estas razones, el presente estudio propone generar un manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos a través de etapas de caracterización y valorización de los residuos municipales para obtener un mejor conocimiento y extensión de cada uno de las subetapas involucradas, típicas del distrito de Santa Rosa, Ayacucho. Las consideraciones se detallan a continuación, así como el conjunto de protocolos estructurados en el siguiente orden:

El presente estudio propone estructurar un conjunto de secuencias metodológicas para describir, cuantificar y segregar todo ese producto de consumo urbano en el departamento en cuestionar y, posteriormente, caracterizar y valorar todos los residuos orgánicos municipales como parte de este plan de mitigación.

- Tomando como base el enfoque desarrollado por Kunitoshi [26], la literatura consultada distribuye una serie de pasos, ordenados secuencialmente según todas las características, lo que implicaría un estudio periódico de manejo de residuos sólidos propuesto por el MINAM dentro de un manejo óptimo para estos que se dan en diversos sociodemográficos áreas del país.

El foco estuvo en el distrito de Santa Rosa porque esta zona altoandina tiene una carencia de los recursos y la ausencia de protocolos de mitigación de los residuos generados por las y actividades agrícolas, ya que solo hay barrido de calles alrededor de parques y los mercado. Además, la recolección se hace por camión, únicamente en la capital distrital, quedando 42 comunidades sin este servicio. Finalmente, los residuos se disponen en un vertedero sin haciendo cualquier tratamiento.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales

y el plan piloto de valorización de residuos sólidos orgánicos en el Distrito de Santa Rosa, el desarrollo de un plan de valorización de residuos orgánicos sólidos para la producción de

compost es propuesto, con el fin de reducir el depósito de estos residuos aprovechables en el vertedero municipal.

5. Materiales y Métodos

La metodología se basa en la guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales, donde se detalla la dotación de equipos, materiales de campo, insumos adecuados, así como espacios físicos para la recolección, pesaje y clasificación de muestras con la correspondiente movilidad dentro de cada proceso. Residuos sólidos serán segregados y muestreados para evaluar la generación per cápita, la densidad y el rendimiento físico composición según su naturaleza y origen de los residuos (residenciales, no residenciales y propiedades especiales) con el correspondiente rotulado y registro para disposición final en rellenos sanitarios y/o la recuperación de residuos sólidos.

Considerando el rubro de los residuos sólidos y su impacto en la sociedad urbana, es necesario un adecuado manejo con técnicas y conocimientos ligados a protocolos para el Distrito particular de Santa Rosa. Por lo tanto, el estudio de caracterización de residuos sólidos (ECRS) se propone con una estrategia de recuperación posterior, la cual se estructura en la Figura 1.

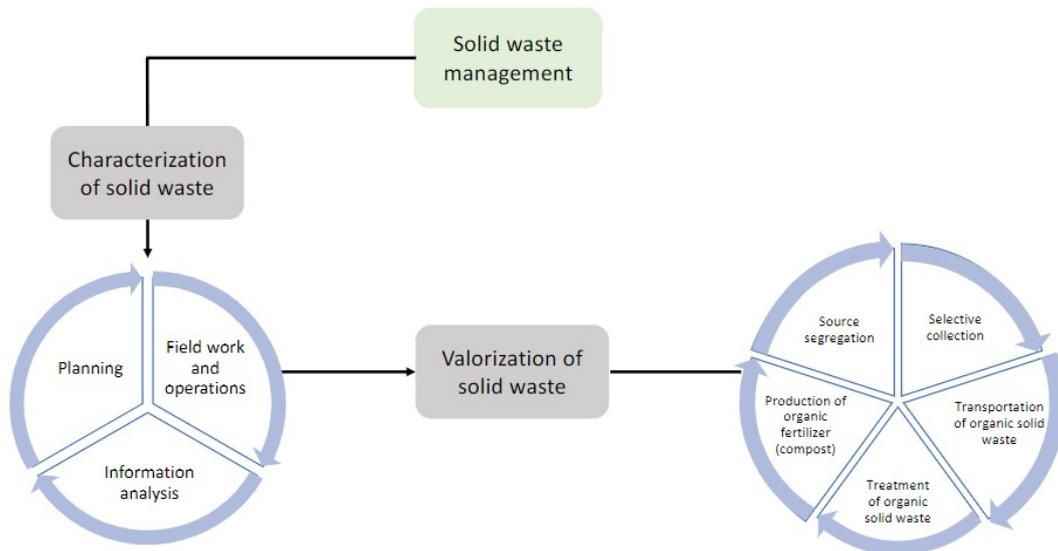


Figura 1. Manejo de residuos sólidos y sus correspondientes subetapas: Caracterización y valorización.

2.1. Caracterización de residuos sólidos

La intervención de las municipalidades distritales sumó a la implementación de instrumentos de gestión permiten obtener datos sobre los residuos sólidos de las viviendas. Para esto, una

secuencia de pasos basados en la metodología Kunitoshi Sakurai, donde se diseñaron tres niveles fueron delineados.



Figura 2. Etapas en la caracterización de los residuos sólidos. 1: Planificación; 2: Trabajo de campo y operaciones y 3: Análisis de la información.

1. Planificación. Inicialmente, la resolución de la alcaldía (o resolución de gestión municipal preparado por el jefe del equipo de campo) que permite, dentro de la ley, mantener la estructura del plan de trabajo junto con sus proyecciones tanto para el propiedades, muestras, identificación de estas y su posterior análisis al final de su colección. De acuerdo con la Guía ECRS, para determinar el número de muestras para en el estudio se toma en cuenta datos oficiales del INEI 2017 [38], que indica que el distrito cuenta con 3210 viviendas. Según el rango de muestras de hogares establecido por la guía para la caracterización de los residuos sólidos urbanos, un tamaño de muestra de 94 se considera viviendas, a lo que hay que sumar 19 muestras consideradas de contingencia, haciendo un total de 113 muestras de hogares.

Tabla 1. Determinación del tamaño de muestra para el estudio de caracterización. MC: Muestra de contingencia y MD: Muestras domiciliarias.

Housing range	Sample	MC	MD
Up to 500 homes	45	9	54
More than 500 and up to 1000 homes	71	14	85
More than 1000 and up to 5000 homes	94	19	113
More than 5000 and up to 10000 homes	95	19	114
More than 10000 homes	96	19	115

Para determinar la distribución de la muestra, la guía recomienda dividir las área de estudio en 2 estratos (A y B) según el número de viviendas en el distrito, considerándose el estrato A como una zona con mayor número de viviendas y pocas negocios, y el estrato B como un área con menos viviendas y más comercios (ver Figura 3).

De igual forma, se realizó la determinación de generadores no domésticos, entre ellos: bodegas (35), restaurantes (10), hostales y hospedajes (4), cabinas de internet (2) y panadería (1).



Figura 3. Ejemplo de mapa de distribución para el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito de Santa Rosa.

La secuencia de pasos para la etapa de planificación se divide en cuatro grupos. El primer grupo, autorizado por la autoridad municipal competente, se encarga de diseñar, aprobar y gestionar el plan de trabajo con la correspondiente supervisión de la documentación de logística, administración, planificación considerando precauciones hacia el entorno. Por otro lado, los procedimientos de manejo de muestras caen exclusivamente en un segundo equipo o grupo de ayudantes, trabajadores asociados y otros voluntarios, liderado por un especialista con experiencia en ECRS, quien estará a cargo de la recolección de residuos sólidos en el área de estudio. En consecuencia, los análisis de las muestras recogidas por un tercer grupo se realizan bajo enfoques logísticos que involucran transporte, áreas de destino (principal y/o auxiliar), presencia de gerentes, operadores, promotores y gerentes de los dispositivos o equipos a utilizar durante el estudio de tal manera que el objetivo se mantiene de manera eficiente y precisa.

2. Trabajo de campo y operaciones. El proceso de muestreo de residuos sólidos se destaca por el registro, tratamiento de inmuebles residenciales y no residenciales mediante planillas de manejo, asignación y análisis de muestras, así como para cada agente generador de residuos sólidos.

Dentro de esta metodología se detallan datos específicos como el volumen (mediante agitación técnicas para evitar sesgos), segregación homogénea y criterios adicionales que permitan cuantificando y ordenando cada uno de los valores obtenidos. El gerente responsable de el estudio se encargó de brindar la capacitación, asignación de funciones; entrenamiento sobre el uso y manejo de implementos de seguridad y manejo adecuado de residuos sólidos para todo el equipo de trabajo. El equipo del presente estudio entregó cartas de información y orientación a los propietarios de las viviendas, establecimientos comerciales, mercado administrador y en coordinación con el personal de barrido de calles, se realizaron registros llenado con los datos de fuentes generadoras de residuos, clasificación de los participantes por asignando códigos.

Se habilitó un espacio físico autorizado por el municipio para llevar realizar la toma, pesaje y clasificación de las muestras, así como un vehículo unidad fue designada especialmente para la recolección de las muestras en un tiempo establecido y la transferencia con las cautelas correspondientes para ser depositada en el asignado espacio físico, donde pasan por etapas como el pesaje de cada una de las muestras y anotarlos en un archivo para su posterior análisis de datos. Posteriormente, el se vacía el contenido para separar los componentes y clasificar los materiales por tipo, y determinar la composición física de los residuos. Para la determinación de la densidad, se acondicionó un cilindro metálico de volumen definido (200L) en el cual se tomó la muestra se colocó y en el gabinete se hizo el cálculo de la densidad mediante fórmulas donde se obtuvo la densidad promedio de los residuos sólidos

su trámite se realizó durante 8 días para todas las muestras.

3. Análisis de la información. En la estimación de los residuos generados per cápita (GPC), calculados a través de herramientas estarán disponibles para cada análisis matemático involucrado en la obtención de valores de acuerdo a los datos y días evaluados [40, 41]. Para un análisis eficiente de información, es necesario trabajar con ciertas consideraciones como delimitar todos los datos en número de vivienda, códigos asignados, número de habitantes y datos de GPC, entre otros. Los registros con valores nulos no se escribieron como ceros sino como vacíos celdas y así evitar cálculos que no alteren el promedio. Para determinar la tasa de generación per cápita, era necesario conocer el número de habitantes para cada vivienda (289 habitantes).

Se recogieron muestras codificadas durante 8 días consecutivos y se anotaron los pesos de las bolsas. Haciendo los cálculos con la fórmula establecida en RM 457-2018 Guía de Caracterización de Residuos Municipales [42], un GPC doméstico se obtuvo 0,77 Kg/día y una

GPC no domiciliaria de 4,37 Kg/día. el total generación de residuos sólidos urbanos es de 3132,71 Kg/día compuesto por (residuos domésticos: 2420,98 Kg/día y residuos no domésticos: 711,73 Kg/día). Asimismo, durante la composición física de los residuos sólidos del distrito, se determinó que los 183 reutilizables predominan los residuos con 69,87%, los no aprovechables con 30,13%; del total de residuos recogidos durante el estudio, 222,49 kg/m³. Para la determinación de la densidad de viviendas residuos sólidos, se consideraron 7 días, excluyendo el día cero porque se consideró datos poco fiables según la guía, obteniendo el resultado de 222,49 Kg/m³ y los la densidad para los residuos sólidos no domiciliarios es de 202 kg/día.

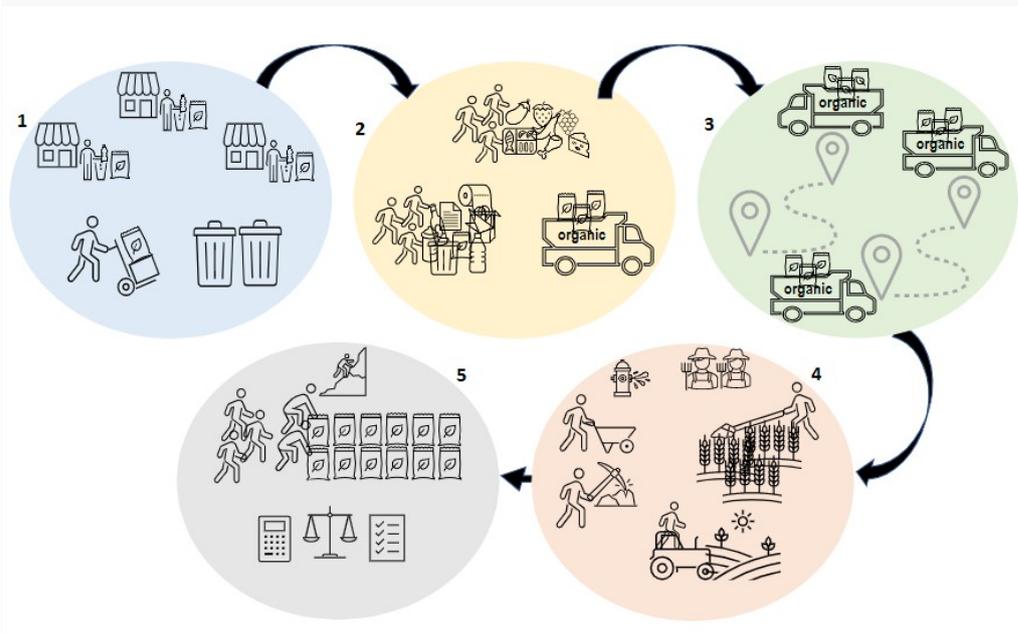


Figura 4. Etapas en la valorización de residuos sólidos. 1: Segregación en origen; 2: Recogida selectiva; 3: Transporte de residuos sólidos orgánicos; 4: Tratamiento de residuos sólidos orgánicos y 5: Producción de residuos orgánicos fertilizante (compost).

Nº de artículo. 37 del Decreto Legislativo 1278 detalla la gestión integral de los residuos, donde se propone la gestión de SW como complemento a la caracterización final para fines de reutilización o reciclaje, entre otras posibles alternativas de mitigación [23,43]. dar a los componentes SW un objetivo para varios procesos de mitigación, físicos o energéticos, es un campo que involucra el proceso de valorización (ver Figura 4) [44]. Químico, físico y otros procesos relacionados se pueden utilizar en el reciclaje de materia residual como el aceite recuperación, bioconversión, compostaje [45], obtención de diversos materiales o sustancias, como así como productos validados dentro de la recuperación de materiales. Por otro lado, el uso implica procesos de coincineración, biodegradación con fines energéticos, coprocesamiento

u obtención de energía comparable a los materiales que convencionalmente generan energía como el gas, el petróleo de hidroelectricidad [46].

1. Segregación en origen. Previo al estudio de valoración, se decidió trabajar principalmente con 2

Generadores orgánicos de SW: El mercado (30 participantes) y las áreas verdes (2 parques y 2 jardines). Adicionalmente hubo un generador esporádico de una feria durante una semana en el mes de agosto. Cabe señalar que estos establecimientos de segregación fueron previamente registrados, capacitados y sensibilizados para una correcta segregación y adecuada almacenamiento de SW.

2. Recogida selectiva. Los SW orgánicos del mercado se recolectaron el lunes, martes, miércoles, jueves y viernes. Los domingos se incluyeron solo para los últimos dos meses (octubre y noviembre). Se colocaron contenedores en puntos estratégicos del mercado por participantes a depositar sus residuos en una bolsa codificada; el personal responsable de la colección pesó las muestras y realizó la anotación correspondiente en el diario registros. Para la recogida de residuos orgánicos sólidos del mantenimiento y limpieza de las áreas verdes del Distrito, fue mensual.

3. Transporte de residuos sólidos orgánicos. Fue realizado por el personal capacitado de los municipios en camión con los contenedores habilitados, del distrito a la planta de recuperación, ubicada en el Centro Poblado Simariva, sector Ayapanpana, a unos 3.80 km. de la ciudad.

4. Tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Una vez llegados los residuos sólidos orgánicos del distrito a la planta de recuperación (área total de la planta: 12x9m, piso de concreto, canal de lixiviados y techo de hojalata), personal capacitado de la municipalidad procedió a retirar el material no biodegradables (plástico, vidrio, metal). Entonces, esta materia orgánica se dispone en pilotes estáticos de 3m x 2m con una altura de 1,2m.

5. Producción de abono orgánico (compost). Los residuos sólidos orgánicos fueron aprovechados por aeróbicos técnicas de compostaje, que se cubrieron con plástico durante 10 días. Posteriormente, las baterías se quitaron cuando hubo un cambio repentino de temperatura o humedad. Una vez que adquirieron un color oscuro, se secaron y tamizaron con un 1 cm cúbico para envasarlos en sacos de abono orgánico, destinados a las diferentes áreas verdes, así como para la producción de plántulas para proyectos forestales.

2.3. Metodología

2.3.1. Análisis de varianza

El Análisis de Varianza (ANOVA) permite hacer una comparación global entre muestras, minimizando la probabilidad de error de muestreo, ya que, como el número de muestras aumenta, el número total de comparaciones entre pares aumenta exponencialmente. Dicho esto, podemos describir el modelo de efectos de la siguiente manera:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}, \quad \forall j = 1, \dots, n_i \text{ and } i = 1; 2, \dots, k \quad (1)$$

Donde y_{ij} es la j -ésima observación del nivel i del factor A; μ es el promedio global de los datos; α_i es efecto del factor nivel i ; y ε_{ij} es el componente aleatorio del error.

ANOVA puede entenderse como un método para realizar pruebas de igualdad entre tres o más medias poblacionales basadas en el análisis de varianza muestral. En este artículo, ANOVA se usó para probar si la población media entre las variables recolectadas en el campo investigaciones son iguales o diferentes -siendo, como se ha señalado, el análisis realizado a través de los varianzas de los datos muestrales recopilados.

Si las diferencias entre las medias son significativas, se utiliza la prueba de Tukey. La prueba se basa en la amplitud estudentizada total y se puede utilizar para comparar cualquier contraste entre dos medios de tratamiento, es decir, no permite comparar grupos entre sí.

Este procedimiento calcula las diferencias mínimas significativas. Con la prueba de Tukey es espera encontrar qué grupos tienen tasas de crecimiento con medias estadísticamente iguales. La prueba de Tukey se puede usar para probar cualquier diferencia entre las medias de dos muestras, siendo definida a partir de la diferencia mínima significativa (MSD). La prueba se puede definir como donde n es el número de observaciones en la muestra, q_{α} es un valor en la Tabla de prueba de Tukey con k niveles, y MSE es el error cuadrático medio.

2.3.2. Análisis de correlación

Para realizar el grado de dispersión con mayor precisión, utilizamos la correlación de Pearson coeficiente (ρ). Este coeficiente mide el grado de correlación entre dos variables (correlación negativa o positiva). Si $\rho = 1$ decimos que existe una correlación positiva perfecta entre las variables; $\rho = -1$ existe una correlación negativa perfecta entre las variables; y $\rho = 0$ las variables son linealmente independientes.

Podemos escribir el coeficiente de Pearson como:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

Donde x_i y y_i son dos variables para $i = (1, \dots, n)$; \bar{x} y \bar{y} son medias; y $\text{var}(x)$ y $\text{var}(y)$ son varianzas.

2.3.3. Análisis de agrupamiento

Como instrumento de agrupación, se eligió un método de análisis de componentes principales (PCA).

Este método tiene como objetivo analizar la estructura de covarianza a través de un proceso de linealcombinación de variables. El componente principal está definido por:

$$Y_i = e_i'X = e_{i1}X_1 + e_{i2}X_2 + \dots + e_{ip}X_p \text{ for } i = 1, \dots, p$$

where $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ is a random vector.

6. Resultados y Discusiones

En esta sección se presentan los resultados encontrados en el estudio. Mostramos el análisis de varianza, cor- matriz de relaciones entre observaciones y análisis de conglomerados con componente principal.

Los métodos se aplican para tres conjuntos de datos recopilados: residuos sólidos domiciliarios, sólidos comerciales observaciones de desperdicios sólidos y desperdicios de comestibles.

3.1. Análisis de la casa

Se aplicó el ANOVA para identificar si existe una diferencia significativa entre las medias observadas para los dos grupos analizados (Grupo A y Grupo B) en relación a los ocho días de la semana recogidos en la encuesta.

Los resultados (Cuadro 2) indican que no hay diferencia significativa para las medias de grupos A y B y para los días de la semana. Por lo tanto, con un valor p de 0.5091, no rechazar la hipótesis nula de igualdad entre las medias. Y con un valor p de 0.2864 tenemos No rechace la hipótesis nula de igualdad entre las medias.

Table 2. Anova results for house solid waste.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(> F)
Days	7	3.90	0.56	0.90	0.5091
Groups	1	0.71	0.71	1.14	0.2864
Residuals	567	352.72	0.62		

El análisis de correlación es efectivo para identificar comportamientos similares entre un conjunto de observaciones para variables. La Figura 5 muestra que existe una alta correlación entre los volumen de residuos observado en las viviendas durante los días de la encuesta, considerando

los dos grupos analizados. El resultado observado entre días (coeficientes de correlación altos) muestra que los dos grupos observados tiene un comportamiento muy similar.

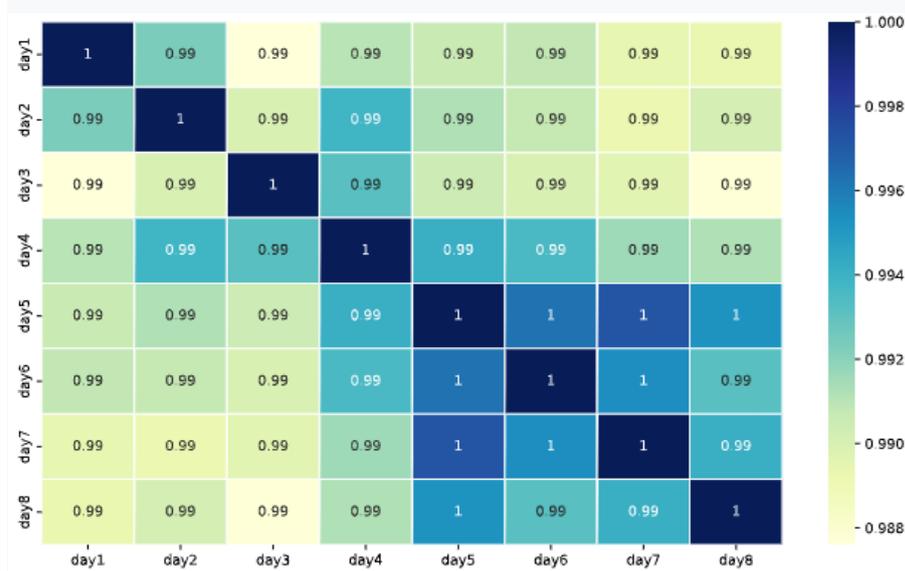


Figura 5. Matriz de correlación para días de semana

La Figura 6 presenta un análisis basado en componentes principales. Es posible observar cuales son las variables mas importantes para observar la variación de los datos e identificar cómo se agrupan los datos. Se observa que como los datos están altamente correlacionados, no hay patrón bien definido, sino una superposición de resultados que siguen caminos similares. El primer director componente contiene 41.76% de la varianza y el segundo componente principal contiene 17,70% de la varianza. Juntos, los dos componentes contienen el 59,46% de la información.

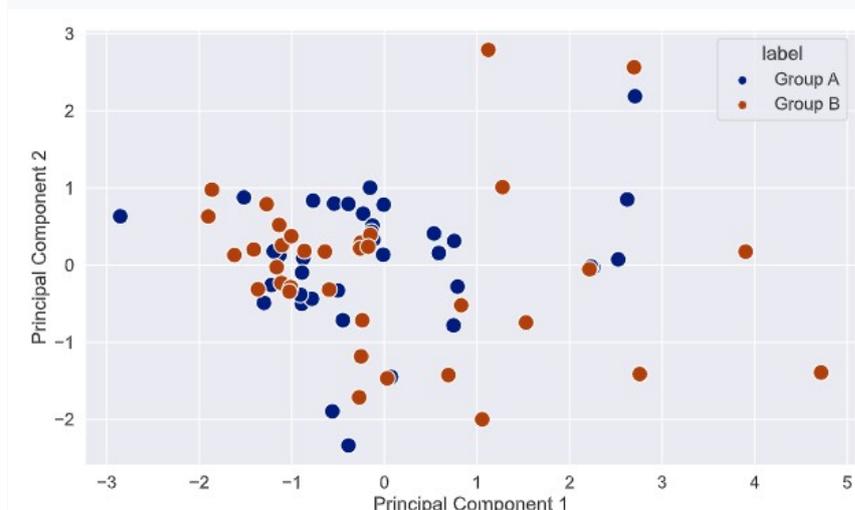


Figura 6. Análisis de componentes principales (clustering-house)

El análisis también consideró la composición de los residuos en orgánicos e inorgánicos (Figura 7). Se observa que hay una mayor concentración de residuos orgánicos, con una mayor incidencia en el día 1. Otro dato son los valores estables sobre los residuos sólidos inorgánicos.

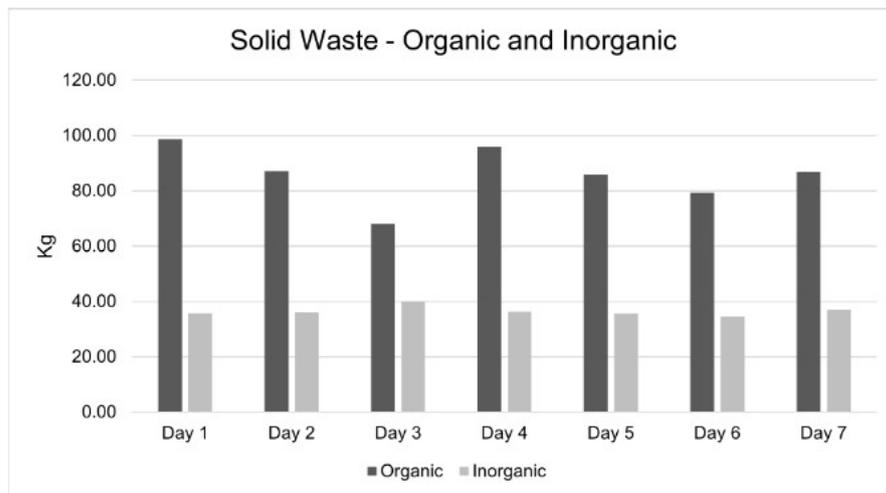


Figura 7. Residuos sólidos, orgánicos e inorgánicos

3.2. Análisis Comercial

Se aplicó el ANOVA para identificar si existe una diferencia significativa entre las medias observadas para los cinco grupos analizados (Tienda, Cafetería, Panadería, Hotel y Restaurante) en relación a los ocho días de la semana recogidos en la encuesta. Los resultados (Cuadro 3) indican que existe diferencia significativa para las medias de los grupos y sin significado para los días de la semana. Por lo tanto, con un valor p de 0.3296, no rechazar la hipótesis nula de igualdad entre las medias. Y con un valor p de 0.000 tenemos rechazar la hipótesis nula de igualdad entre las medias de los grupos.

Table 3. Anova results for commercial solid waste.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	R ²
Days	7	17.87	2.55	1.15	0.3296	0.7607
Groups	4	2826.64	706.66	319.00	0.0000***	
Residuals	404	894.96	2.22			

Para identificar cuál de los grupos tiene una diferencia significativa, aplicamos una Prueba de Tukey (Cuadro 4). Observando los pares podemos ver que hay una diferencia significativa entre Bakery y Hotel (Figura 8). Los otros grupos no muestran una diferencia significativa.

Table 4. Tukey test results for commercial solid waste.

	Difference	Lower	Upper	p-adjusted
Store-Coffee Shop	1.18	0.13	2.23	0.02
Hotel-Coffee Shop	2.34	1.09	3.59	0.00
Bakery-Coffee Shop	3.08	1.31	4.84	0.00
Restaurant-Coffee Shop	7.78	6.67	8.90	0.00
Hotel-Store	1.16	0.40	1.92	0.00
Bakery-Store	1.90	0.44	3.36	0.00
Restaurant-Store	6.61	6.09	7.12	0.00
Bakery-Hotel	0.74	-0.87	2.35	0.72
Restaurant-Hotel	5.44	4.59	6.30	0.00
Restaurant-Bakery	4.71	3.20	6.22	0.00

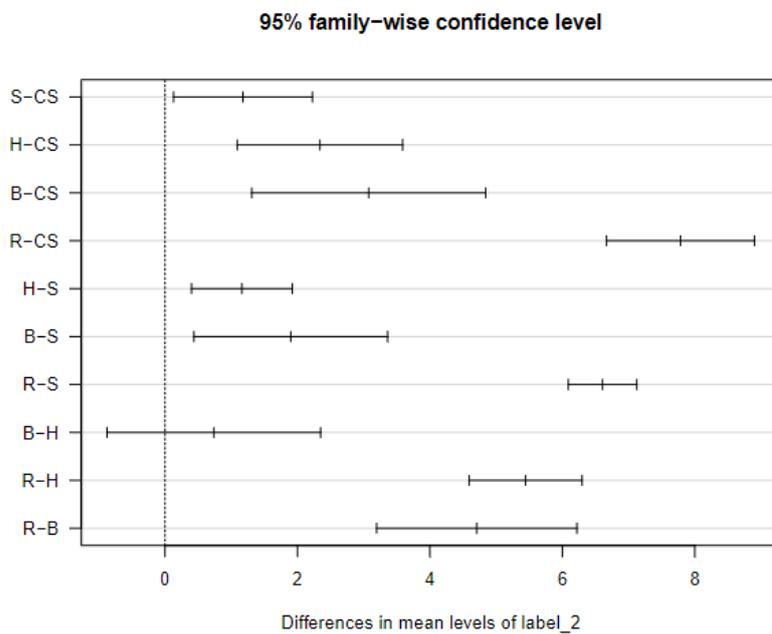


Figura 8. Gráfico de prueba de Tukey con diferencia de medias para cada par de grupos. Nota: S - Tienda, CS - Café

Tienda, H - Hotel, B - Panadería y R - Restaurante

La figura 9 muestra que existe una alta correlación entre el volumen de residuos observado en edificios comerciales durante los días de la encuesta, considerando los dos grupos analizados. El resultado observado entre los días siete y tres (0,87), entre los días siete y uno (0,84) y entre los días siete y ocho (0,85) se puede destacar. Estos resultados muestran que el consumo de residuos observado en los grupos tiene un comportamiento similar.

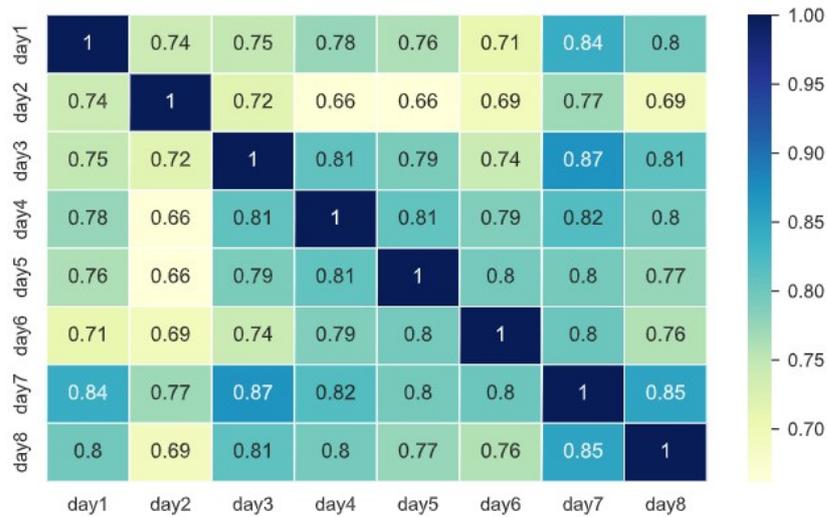


Figura 9. Matriz de correlación para días de semana

La Figura 10 presenta un análisis basado en Componentes Principales. Como vemos en la Casa Análisis, es posible observar cuáles son las variables más importantes para observar el variación de los datos e identificar cómo se agrupan los datos. Se observa que hay un diferencia entre el comportamiento del Restaurante en relación con otro establecimiento comercial. El resto de establecimientos se agrupan en función del volumen de residuos generados, mientras que los restaurantes tienen una mayor participación en el componente 1. En este caso usamos cinco principales componentes El primer componente principal contiene 79.56% de la varianza y el segundo componente principal contiene 5.26% de la varianza. Juntos, los dos componentes contienen 84,82% de la información.

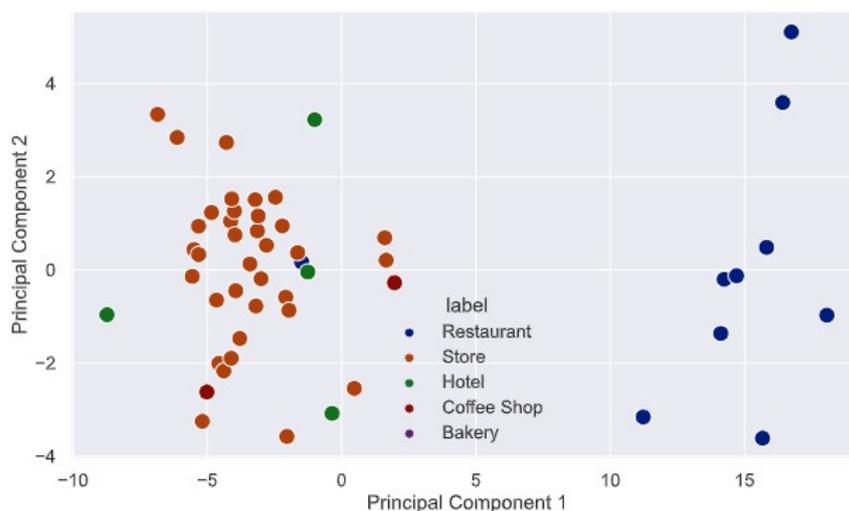


Figura 10. Análisis de componentes principales (clustering-comercial)

3.3. Análisis de comestibles

Se aplicó el ANOVA para identificar si existe una diferencia significativa entre las medias observadas para los dos grupos analizados (de junio a noviembre) en relación a los veinte días del mes recogidos en la encuesta.

Los resultados (Cuadro 5) indican que existe diferencia significativa para las medias de los meses y para los días del mes. Entonces, con un valor p de 0.0000, rechazamos la hipótesis nula de igualdad entre las medias de los meses. Y con un p-valor de 0.0000 rechazamos el nulo hipótesis de igualdad entre las medias de los días de los meses.

Tabla 5. Resultados de Anova para desechos sólidos de comestibles

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	R ²
Days	23	4181.55	181.81	9.40	0.0000***	0.3926
Months	5	39997.85	7999.57	413.45	0.0000***	
Residuals	3811	73736.08	19.35			

Para identificar cuál de los grupos tiene una diferencia significativa, aplicamos una Prueba de Tukey (Cuadro 6). Observando los pares podemos ver que hay una diferencia significativa entre los meses analizados (Figura 11).

Tabla 6. Resultados de la prueba de Tukey para residuos sólidos de abarrotes.

	Difference	Lower	Upper	p-adjusted
july-june	1.26	0.53	1.98	0.00
october-june	5.08	4.38	5.77	0.00
september-june	5.91	5.18	6.63	0.00
november-june	6.79	6.10	7.48	0.00
august-june	9.75	9.02	10.47	0.00
october-july	3.82	3.13	4.51	0.00
september-july	4.65	3.93	5.38	0.00
november-july	5.53	4.84	6.23	0.00
august-july	8.49	7.77	9.22	0.00
september-october	0.83	0.14	1.52	0.01
november-october	1.71	1.05	2.37	0.00
august-october	4.67	3.98	5.36	0.00
november-september	0.88	0.19	1.57	0.00
august-september	3.84	3.12	4.56	0.00
august-november	2.96	2.27	3.65	0.00

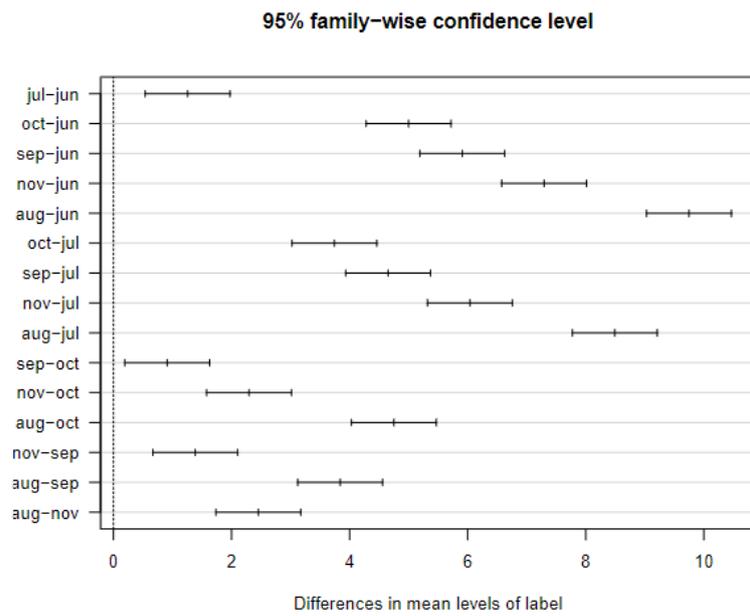


Figura 11. Gráfico de prueba de Tukey con diferencia de medias para cada par de grupos.

La figura 12 muestra que existe una correlación media y baja entre el volumen de residuos observados en los locales de abarrotes durante los días de la encuesta, considerando los dos grupos analizados. El resultado observado entre los días dieciocho y dieciséis (0,71), diecinueve y dieciséis (0,75), diecinueve y veinte (0,74), dieciocho y veinte (0,66), cinco y seis (0,68), siete y seis (0,65), doce y seis (0,54), y entre los días diecisiete y uno (0,56) ser resaltado. Estos resultados muestran que el consumo de residuos observado en los grupos no tiene un comportamiento similar

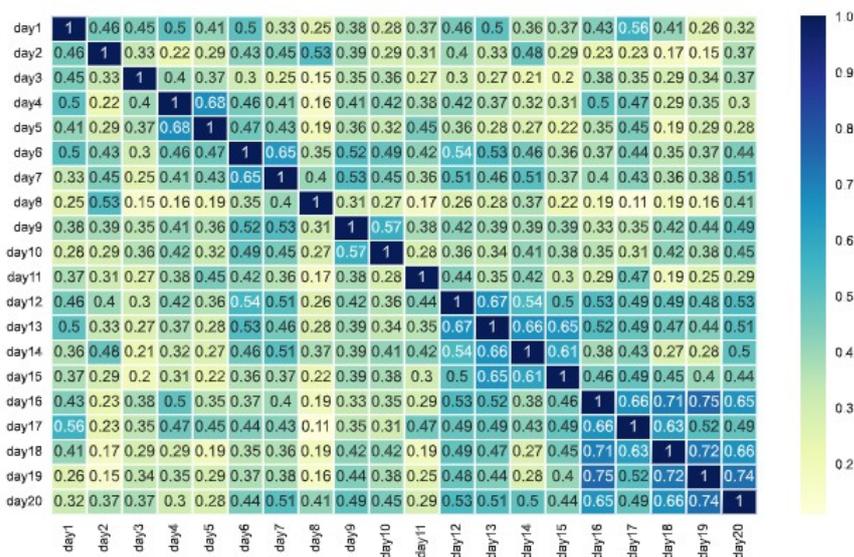
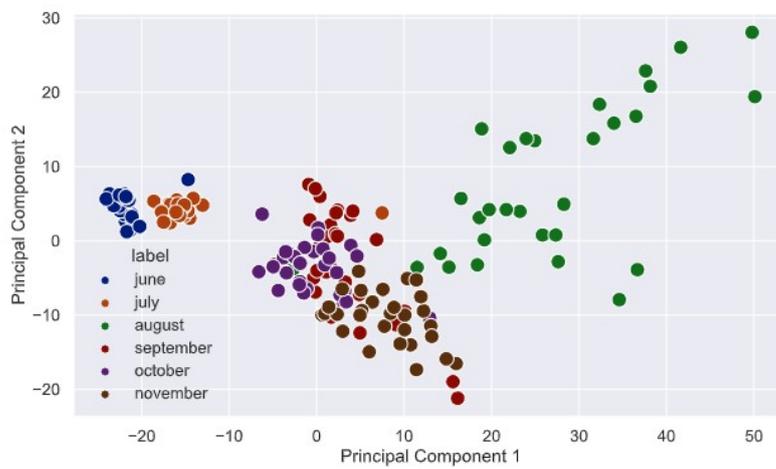


Figura 12. Matriz de correlación para días de semana

La Figura 13 presenta un análisis basado en Componentes Principales. Como vemos en el otro análisis, es posible observar cuáles son las variables más importantes a observar la variación de los datos e identificar cómo se agrupan los datos. Se observa que hay tres grupos principales: grupo 1 (junio y julio), grupo 2 (septiembre, octubre y noviembre), y grupo 3 (agosto). En este caso usamos seis componentes principales. El primer director componente contiene 46.63% de la varianza y el segundo componente principal contiene 11,10% de la varianza. Juntos, los dos componentes contienen el 57,73% de la información.



gure 13. Principal components analysis (clustering-grocery).

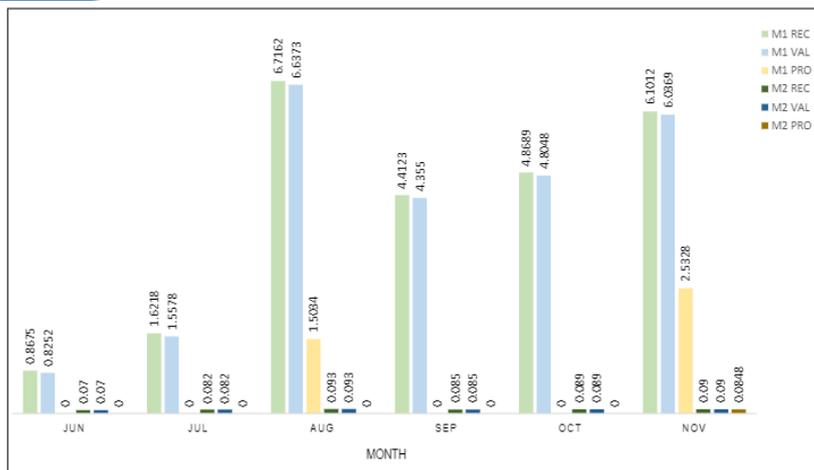


Figure 14. Valorized organic waste.

7. Discusión

El problema de la disposición de residuos sólidos en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho, se vincula al escaso acceso a los servicios públicos, lo que les hace disponer de sus sólidos

municipales residuos en vertederos, constituyendo un grave problema ambiental y sanitario. este es el mismo escenario de otro distrito de Ayacucho (Sacsamarca) que también hace uso de botaderos con pocos años de vida útil, cuya solución proyectada por el municipio solo enfoca en construir vertederos de mayor tamaño [34], y no en realizar estudios de caracterización y valorización de residuos sólidos que son de vital importancia dentro del proceso de planificación urbana y ordenamiento territorial [47]. Un caso similar, en otro país, ocurre en Keta, África, donde carecen de manejo de residuos sólidos por tener poca disponibilidad de recursos económicos recursos [48].

El GPC de los residuos sólidos domiciliarios en Santa Rosa (0.77 Kg/día) fue superior al encontrado en Dilla Town, Etiopía (0,47 kg/día) [49], y menor que el GPC de no residencial residuos sólidos de Santa Rosa (4.37 Kg/día) por tener menos establecimientos comerciales tales como almacenes, restaurantes, hoteles, panaderías y cafeterías. Asimismo, los promedios obtuvieron de GPC de residuos sólidos domiciliarios para los estratos del presente estudio (0.44 estrato A y 1,03 estrato B), son similares a los resultados de los estudios realizados en la ciudad de Laga Dadi, Etiopía, donde un GPC promedio de 0.45 para desechos sólidos domésticos [50]. Por otro lado, los valores de GPC para residuos sólidos no domiciliarios de hoteles y otros 359 comerciales establecimientos para Santa Rosa fueron 4,17 y 6,0 respectivamente, y para Laga Dadi, 1,81 y 1,57 respectivamente [50]. En otra investigación, desarrollada en Alemania, se encontró que los hoteles generan alrededor del 58% de los residuos sólidos orgánicos y que un mínimo del 36% de los reciclables los residuos podrían recuperarse [51,52].

Los residuos sólidos generados están compuestos predominantemente por residuos más aprovechables (69,87%) que los residuos no aprovechables (30,13%) y dentro de los aprovechables, una mayor cantidad de orgánicos que se obtuvieron residuos sólidos inorgánicos, similar a lo que se encontró en Dilla Town, Etiopía y Costa Rica, cuyo porcentaje de residuos sólidos orgánicos fue de 68,40 y 55,9 %, respectivamente [47, 49]. Sin embargo, en cuanto a los residuos sólidos inorgánicos, el porcentaje de papel y plásticos eran muy diferentes; mientras que en el distrito de Santa Rosa se generó el 14.43 % de plástico, en Dilla Town y Costa Rica se generaron 1.90 y 10.2 % de plásticos, respectivamente [49]. el alto porcentaje de plásticos en Santa Rosa responde al aumento de la urbanización y sus el consiguiente aumento de los residuos sólidos inorgánicos [53 - 55]. Al comparar los resultados obtenidos para los sectores comercial y doméstico, se evidencia que los residuos de materia orgánica adquieren un mayor preponderancia que los materiales con potencial de reciclaje [47].

Cabe señalar que una de las principales causas de la generación de residuos para Santa La rosa viene dada por el consumo de la población durante las fechas festivas [56]. Esto es el caso de Santa Rosa, donde se evidencian mayores niveles de movimiento, consumo y generación de residuos vinculados a fechas conmemorativas propias de la cultura del distrito.

En este sentido, en el mes de agosto se celebran las fiestas patronales alusivas al santo patrón se conmemora a Santa Rosa de Lima [57] Asimismo, en el mes de noviembre, las principales fecha es la creación política del distrito de Santa Rosa [58], así como la consagración hacia la regeneración de la vida y la fertilidad, fiesta que acoge las lluvias de las húmedos temporadas [57]. Este conjunto de fechas y otras posibles festividades alternas pueden ser la causa del incremento de residuos sólidos en los meses de agosto y noviembre (ver Figura 14), los cuales tienen presentó montos significativos en comparación con el período de junio a julio, al evaluar los residuos valorizados obtenidos en mercados, parques y jardines del distrito de Santa Rosa. por reduciendo la cantidad de residuos orgánicos generados, el distrito de Santa Rosa podría obtener beneficios económicos al reducir los costos de recolección, transporte y eliminación de residuos [59]; y a través de la recuperación, aumentar las opciones para el manejo de residuos sólidos donde los establecimiento de rellenos sanitarios no es viable [60].

8. Conclusiones

La metodología propuesta se organizó en secuencias propias que permitieron una cuantificación, segregación y posterior valorización dentro del distrito de Santa Rosa. Sin embargo, se concluyó, en el estudio de caracterización, que la composición física de los residuos sólidos se componen predominantemente de residuos reutilizables con un 69,87% y un 30,13% no aprovechables. Además, se recolectó un total de 2420.98 Kg/día de residuos sólidos domiciliarios, de los cuales GPC fue de 0,77 Kg/día y densidad de 222,49 kg/m³. Asimismo, un total de 711,73 kg/día de residuos sólidos no domiciliarios, con una GPC de 4,37 kg/día y una densidad de 202 kg/m³. Además, según la caracterización realizada por los estratos A y B, no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de residuos sólidos recolectados (p-valor=0.2864) a pesar de que en el estrato B había un mayor número de comerciales establecimientos Dentro de estos últimos, se observaron diferencias significativas entre el sólido residuos generados en restaurantes y otros generadores de residuos sólidos no residenciales. en el por otro lado, se determinó que los residuos orgánicos se generan en mayor cantidad que residuos inorgánicos.

Con la caracterización de los residuos sólidos se pudo evidenciar que los 406 recolectados

muestra está compuesta predominantemente por residuos sólidos orgánicos, por lo que ha sido necesario llevar a cabo un plan de valorización de este tipo de residuos. Este plan implicó la participación de dos fuentes generadoras: el mercado y parques-jardines, recolectando residuos sólidos orgánicos entre los meses de junio a noviembre, dentro de los cuales, en el mes de agosto, la mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos se recolectaron para festividades típicas del lugar. se evidencio que los mercados producen más rss orgánicos, y por tanto, valorando lo recaudado, un se produjo mayor cantidad de abono, a diferencia de las áreas verdes que producen pocos rss y con menor frecuencia, por lo que los mercados serían la mejor fuente de generación. de rss orgánicos para estudios de valorización. Finalmente, como resultado de la recuperación, un total de 4,12 toneladas de compost fue obtenido a través del compostaje.

Al finalizar el procedimiento de caracterización y recuperación se logró determinar que la mayor cantidad de residuos sólidos que llegaban al botadero eran residuos sólidos orgánicos y que su valorización logró minimizar la cantidad de residuos sólidos orgánicos que ingresan al vertedero. Cabe señalar que, previamente, se han realizado estudios de caracterización en distrito de Santa Rosa, siendo esta la primera vez que se realiza un plan piloto para la valorización de orgánicos se realizó la recolección de residuos durante seis meses, con lo cual se logró obtener composta como producto final, que se destinó a las diferentes áreas verdes de la ciudad, a la producción de plántulas forestales para los diferentes proyectos distritales y como incentivo en concursos ecológicos. En este contexto, se concluye que es factible realizar una valorización de residuos sólidos orgánicos plan para el distrito de Santa Rosa, con el fin de obtener más de cuatro toneladas de compost natural en un plazo de seis meses.

9. Referencias

- Bello, H. Impact of changing lifestyle on municipal solid waste generation in residential areas: Case study of Qatar. *Int. J. Waste Resour* 2018, 8.
- Chen, Y.C. Effects of urbanization on municipal solid waste composition. *Waste management* 2018, 79, 828-836.
- Daryabeigi Zand, A.; Vaeziheir, A.; Hoveidi, H. Comparative evaluation of unmitigated options for solid waste transfer stations in North East of Tehran using rapid impact assessment matrix and Iranian Leopold matrix. *Environmental Energy and Economic Research* 2019, 3, 189-202.
- Song, Q.; Li, J.; Zeng, X. Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production* 2015, 104, 199-210.
- Kaza, S.; Yao, L.; Bhada-Tata, P.; Van Woerden, F. *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*; World Bank Publications, 2018.
- Shah, A.V.; Singh, A.; Mohanty, S.S.; Srivastava, V.K.; Varjani, S. Organic solid waste: Biorefinery approach as a sustainable strategy in circular bioeconomy. *Bioresource Technology* 2022, p. 126835.

Sharma, S.; Misra, S.; Singh, J.; et al. Critical review on the Solid-wastes issue: Generation, Composition, Disposal and their recycling potential for various applications. *Journal of Physics: Conference Series* 2021, 1804, 012147.

Chen, D.M.C.; Bodirsky, B.L.; Krueger, T.; Mishra, A.; Popp, A. The world's growing municipal solid waste: Trends and impacts. *Environmental Research Letters* 2020, 15, 074021.

Awasthi, M.K.; Zhao, J.; Soundari, P.G.; Kumar, S.; Chen, H.; Awasthi, S.K.; Duan, Y.; Liu, T.; Pandey, A.; Zhang, Z. Sustainable management of solid waste. In *Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches*; Elsevier, 2019; pp. 79–99.

Deus, R.M.; Mele, F.D.; Bezerra, B.S.; Battistelle, R.A.G. A municipal solid waste indicator for environmental impact: Assessment and identification of best management practices. *Journal of Cleaner Production* 2020, 242, 118433.

Dlamini, S.; Simatele, M.D.; Serge Kubanza, N. Municipal solid waste management in South Africa: from waste to energy recovery through waste-to-energy technologies in Johannesburg. *Local Environment* 2019, 24, 249–257.

Tong, H.; Yao, Z.; Lim, J.W.; Mao, L.; Zhang, J.; Ge, T.S.; Peng, Y.H.; Wang, C.H.; Tong, Y.W. Harvest green energy through energy recovery from waste: A technology review and an assessment of Singapore. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2018, 98, 163–178.

Fetene, Y.; Addis, T.; Beyene, A.; Kloos, H. Valorisation of solid waste as key opportunity for green city development in the growing urban areas of the developing world. *Journal of environmental chemical engineering* 2018, 6, 7144–7151.

Alshehrei, F.; Ameen, F. Vermicomposting: A management tool to mitigate solid waste. *Saudi Journal of Biological Sciences* 2021, 28, 3284–3293.

Paes, L.A.B.; Bezerra, B.S.; Deus, R.M.; Jugend, D.; Battistelle, R.A.G. Organic solid waste management in a circular economy perspective—A systematic review and SWOT analysis. *Journal of Cleaner Production* 2019, 239, 118086.

Kurniawan, T.A.; Liang, X.; O'Callaghan, E.; Goh, H.; Othman, M.H.D.; Avtar, R.; Kusworo, T.D. Transformation of solid waste management in China: moving towards sustainability through digitalization-based circular economy. *Sustainability* 2022, 14, 2374.

Wang, H.; Song, J.; Ren, J.; Duan, H.; et al. Energy conversion of urban wastes in China: Insights into potentials and disparities of regional energy and environmental benefits. *Energy Conversion and Management* 2019, 198, 111897.

Cai, K.; Xie, Y.; Song, Q.; Sheng, N.; Wen, Z. Identifying the status and differences between urban and rural residents' behaviors and attitudes toward express packaging waste management in Guangdong Province, China. *Science of The Total Environment* 2021, 797, 148996.

Hettiarachchi, H.; Ryu, S.; Caucci, S.; Silva, R. Municipal solid waste management in Latin America and the Caribbean: Issues and potential solutions from the governance perspective. *Recycling* 2018, 3, 19.

Sánchez-Muñoz, M.d.P.; Cruz-Cerón, J.G.; Maldonado-Espinel, P.C. Urban solid waste management in Latin America: An analysis from the perspective of waste generation. *Revista Finanzas y Política Económica* 2019, 11, 321–336.

Ikhlayel, M. Development of management systems for sustainable municipal solid waste in developing countries: a systematic life cycle thinking approach. *Journal of Cleaner Production* 2018, 180, 571–586.

Velvizhi, G.; Shanthakumar, S.; Das, B.; Pugazhendhi, A.; Priya, T.S.; Ashok, B.; Nanthagopal, K.; Vignesh, R.; Karthick, C. Biodegradable and non-biodegradable fraction of municipal solid waste for multifaceted applications through a closed loop integrated refinery platform: Paving a path towards circular economy. *Science of the Total Environment* 2020, 731, 138049.

Achachagua, A.J.Y.; et al. The Management Of Urban Solid Waste In Sustainable Development In A Peruvian Municipality In The Context Of The Coronavirus Pandemic (Covid-19). *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)* 2021, 12, 3484–3489.

Retuerto, M.G.; Espinoza, D.Y.; Andrade-Arenas, L. System Dynamics Modeling for Solid Waste Management in Lima Peru. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 2021.

Nwogwugwu, N.; Ishola, A.O.; et al. Solid waste management and public health challenges: Appraisal of local government capacity to achieve effective environmental governance. *Asian Social Science* 2019, 15, 1-9.

Villalba, L.; Donalísio, R.S.; Basualdo, N.E.C.; Noriega, R.B. Household solid waste characterization in Tandil (Argentina): Socioeconomic, institutional, temporal and cultural aspects influencing waste quantity and composition. *Resources, Conservation and Recycling* 2020, 152, 104530.

Ugwu, C.O.; Ozoegwu, C.G.; Ozor, P.A. Solid waste quantification and characterization in university of Nigeria, Nsukka campus, and recommendations for sustainable management. *Heliyon* 2020, 6, e04255.

Requena-Sanchez, N.; Carbonel-Ramos, D.; Moonsammy, S.; Klaus, R.; Punil, L.S.; Ng, K.T.W. Virtual Methodology for Household Waste Characterization During The Pandemic in An Urban District of Peru: Citizen Science for Waste Management. *Environmental management* 2022, 69, 1078-1090.

Requena-Sanchez, N.; Carbonel-Ramos, D.; Campodónico, L.F.D. A novel methodology for household waste characterization during the COVID-19 pandemic: case study results. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 2022, 24, 200-209.

Badillo-Rivera, E.; Fow-Esteves, A.; Alata-López, F.; Virú-Vásquez, P.; Medina-Acuña, M. Environmental and social analysis as risk factors for the spread of the novel coronavirus (SARS-CoV-2) using remote sensing, GIS and analytical hierarchy process (AHP): Case of Peru. *MedRxiv* 2020.

Vázquez-Rowe, I.; Ziegler-Rodríguez, K.; Margallo, M.; Kahhat, R.; Aldaco, R. Climate action and food security: Strategies to reduce GHG emissions from food loss and waste in emerging economies. *Resources, Conservation and Recycling* 2021, 170, 105562.

Jaeger, A.; Blanchard, R. Techno-economic analysis of an enhanced anaerobic digester in the Andean area of Peru. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 2022, 13, 805-819.

Marchan-Solier, C.E.; Zorrilla-Crespo, V.A.; Cardenas-Quispe, M.A.; Pacheco, A. Contaminación por Residuos Sólidos Urbanos: Caso Comunidad de Occochaca, Huanta, Perú, 2021. *Scientific Research Journal CIDI* 2021, 1, 1-14.

Murga Cotrina, C.J. Propuesta de gestión de residuos sólidos para Sacsamarca, Ayacucho. Master's thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.

de Santa Rosa, M. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, 2019.

Abu Yazid, N.; Barrena, R.; Komilis, D.; Sánchez, A. Solid-state fermentation as a novel paradigm for organic waste valorization a review. *Sustainability* 2017, 9, 224.

Abdel-Shafy, H.I.; Mansour, M.S. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian journal of petroleum* 2018, 27, 1275-1290.

Veneros Urbina, B.; Amaya Alvarado, P.; Chuan Torres, Y.A.; Manchay Hernández, C. Characterization and Opportunities for the Improvement of Solid Waste at the educational institution, La Esperanza (Trujillo-Peru), 2019, 2020.

Vallejoa, F.; Díaz-Roblesa, L.; Cubillosa, F.; Perez, A. Valorization of municipal solid waste using hydrothermal carbonization and gasification: A review. *CHEMICAL ENGINEERING* 2020, 81.

Johannessen, L.M. Guidance note on recuperation of landfill gas from municipal solid waste landfills; World Bank, Urban Development Division, Urban Waste Management Thematic Group, 1999.

Xiao, S.; Dong, H.; Geng, Y.; Francisco, M.J.; Pan, H.; Wu, F. An overview of the municipal solid waste management modes and innovations in Shanghai, China. *Environmental Science and Pollution Research* 2020, 27, 29943-29953.

Huang, J.; Zhao, R.; Huang, T.; Wang, X.; Tseng, M.L. Sustainable municipal solid waste disposal in the belt and road initiative: A preliminary proposal for Chengdu city. *Sustainability* 2018, 10, 1147.

Daza, E.; Da Cruz, A.; Camargo, S.; Zavala, S.; Vargas, L.; Balbin, N. Proposal for the Management of Solid Urban Waste Generated in Naranjillo, Capital of the District of Luyando, Perú. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022, Vol. 1008, p. 012019.

Millones, C.E.; Vásquez, E.R.; Fernandez-Güimac, S.L.; Bustamante, D.E.; Calderon, M.S. Cellulolytic and Amylolytic Bacteria with Potential for Composting Urban Solid Waste at Low Temperatures in Northern Peru. Available at SSRN 4239422.

Babu, R.; Veramendi, P.M.P.; Rene, E.R. Strategies for resource recovery from the organic fraction of municipal solid waste. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 2021, 3, 100098.

Herrera-Murillo, J.; Rojas-Marín, J.F.; Anchía-Leitón, D. Tasas de generación y caracterización de residuos sólidos ordinarios en cuatro municipios del área metropolitana costa rica. *Revista Geográfica de América Central* 2016, 2, 235-260.

Edjabou, M.E.; Møller, J.; Christensen, T.H. Solid waste characterization in Kétao, a rural town in Togo, West Africa. *Waste management & research* 2012, 30, 745-749.

Fereja, W.M.; Chemed, D.D. Status, characterization, and quantification of municipal solid waste as a measure towards effective solid waste management: The case of Dilla Town, Southern Ethiopia. *Journal of the Air & Waste Management Association* 2022, 72, 187-201.

Assefa, M.; Mohammed, M. Solid Waste Generation Rate and Characterization Study for Laga Tafo Laga Dadi Town, Oromia, Ethiopia. *International Journal of Environmental Protection and Policy* 2017, 5, 84-93.

Chaabane, W.; Nassour, A.; Nelles, M. Solid waste management key indicator development for hotels: A Tunisian case study analysis. *Recycling* 2018, 3, 56.

Filimonau, V.; Tochukwu, C.O. Exploring managerial approaches to mitigating solid waste in hotels of Lagos, Nigeria. *Journal of Cleaner Production* 2020, 270, 122410.

Radwan, H.R.; Jones, E.; Minoli, D. Managing solid waste in small hotels. *Journal of sustainable tourism* 2010, 18, 175-190.

Mbasera, M.; Du Plessis, E.; Saayman, M.; Kruger, M. Environmentally-friendly practices in hotels. *Acta Commercii* 2016, 16, 1-8.

Tsai, F.M.; Bui, T.D.; Tseng, M.L.; Lim, M.K.; Hu, J. Municipal solid waste management in a circular economy: A data-driven bibliometric analysis. *Journal of cleaner production* 2020, 275, 124132.

Munguía, N.E.; Díaz, Á.M.; Velazquez, L.E.; Perez, R.; Esquer, J.; Zepeda, D.S.; et al. Valorization of solid waste recovery in an institution of higher education. *Green and Sustainable Chemistry* 2018, 8, 180.

Uffe, M.E. *Danzando en Ayacucho: música y ritual del Rincón de los Muertos*; Pontificia Universidad Católica del Perú. Instituto Riva-Agüero. Centro de . . . , 2004.

Manyavilca Bendez, E. El juego cooperativo para el desarrollo de las habilidades sociales en estudiantes de 3 años del nivel inicial de la institución educativa Santa Rosa distrito de San Miguel provincia de La Mar región de Ayacucho en el año académico 2018, 2018.

Essaidi, L. How can the city of Querétaro in Mexico adopt a more sustainable solid waste management system from an economical and environmental standpoint? PhD thesis, Haute école de gestion de Genève, 2020.

Buenrostro, O.; Bocco, G. Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resources, conservation and recycling* 2003, 39, 251-263.

10. ANEXOS

1. EVIDENCIA DE SUMISIÓN Y APROBACIÓN DEL ARTÍCULO



Javier Linkolk López Gonzales <javierlinkolk@gmail.com>

[Applied Sciences] Manuscript ID: applsci-2103015 - Accepted for Publication

1 mensaje

Applied Sciences Editorial Office <applsci@mdpi.com>

24 de enero de 2023, 23:05

Responder a: Applied Sciences Editorial Office <applsci@mdpi.com>

Para: Javier Linkolk López-Gonzales <javierlinkolk@gmail.com>

Cc: Katherine Quispe <katherinequispearana@gmail.com>, Mayra Martinez <martinez1.aguilar2@gmail.com>, Kleyton Da Costa <kleyton.vsc@gmail.com>, Applied Sciences Editorial Office <applsci@mdpi.com>

Dear Dr. López-Gonzales,

Congratulations on the acceptance of your manuscript, and thank you for submitting your work to Applied Sciences:

Manuscript ID: applsci-2103015

Type of manuscript: Article

Title: Solid waste management in Peru's cities: a clustering approach for an andean district

Authors: Katherine Quispe, Mayra Martinez, Kleyton Da Costa, Javier Linkolk López-Gonzales *

Received: 1 December 2022

E-mails: katherinequispearana@gmail.com, martinez1.aguilar2@gmail.com, kleyton.vsc@gmail.com, javierlinkolk@gmail.com

Submitted to section: Environmental Sciences,

https://www.mdpi.com/journal/applsci/sections/Environmental_Sciences

https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/review_info/a58959942028b57f104db5da82cbe78e