



Caracterización de residuos y estrategias para la mejora de la sostenibilidad a nivel de mataderos

Waste characterization and strategies for improving sustainability at the slaughterhouse level

Caracterização dos resíduos e estratégias para melhorar a sustentabilidade ao nível do matadouro

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.318>

Franklin Dionisio-Montalvo
franklin.dionisio@unas.edu.pe

Abby Da Cruz
abbydacruz@gmail.com

Angie Fernandez
angiefernandez@gmail.com

Patricia Romero
ppru.2606@gmail.com

Sandra Zavala
slzavalag@gmail.com

Universidad Nacional Agraria de la Selva, Escuela de Ingeniería Ambiental.
Tingo María, Perú

Artículo recibido 19 de julio 2024 / Arbitrado 28 de agosto 2024 / Publicado 20 de septiembre 2024

RESUMEN

En los países en vías de desarrollo, incluido Perú, las descargas orgánicas provenientes de la actividad de los mataderos generan altos niveles de contaminación en importantes fuentes de agua. Esta situación es especialmente difícil en los municipios pequeños, donde las limitaciones técnicas y económicas no permiten poner en funcionamiento medidas de manejo ambiental complejas que solucionen el problema de forma definitiva. La implementación de estrategias sostenibles de manejo ambiental hace viable abordar el problema planteado. Para identificar estrategias sostenibles de manejo ambiental, se utilizó la matriz Vester. Los **resultados**, permitieron identificar la generación de residuos sólidos en el matadero municipal de Huánuco en el año 2023 es de 2662,19 kg por día, equivalente a 972 toneladas anuales. La densidad y la humedad media son de 1379,79 kg/m³ y 82,1 % respectivamente; el alto contenido de humedad se debe a la presencia significativa de materia orgánica.

Palabras clave: Contaminación ambiental; Estrategias sostenibles; Manejo ambiental; Mataderos; Residuos orgánicos

ABSTRACT

In developing countries, including Peru, organic discharges from slaughterhouse activity generate high levels of contamination in important water sources. This situation is especially difficult in small municipalities, where technical and economic limitations do not allow the implementation of complex environmental management measures that solve the problem definitively. The implementation of sustainable environmental management strategies makes it feasible to address the problem at hand. To identify sustainable environmental management strategies, the Vester matrix was used. The **results** allowed identifying the generation of solid waste in the municipal slaughterhouse of Huánuco in 2023 is 2662.19 kg per day, equivalent to 972 tons per year. The density and average humidity are 1379.79 kg/m³ and 82.1% respectively; the high humidity content is due to the significant presence of organic matter.

Key words: Environmental pollution; Sustainable strategies; Environmental management; Slaughterhouses; Organic waste

RESUMO

Nos países em desenvolvimento, incluindo o Peru, as descargas orgânicas provenientes da atividade dos matadouros geram elevados níveis de contaminação em importantes fontes de água. Esta situação é especialmente difícil nos pequenos municípios, onde as limitações técnicas e econômicas não permitem a implementação de medidas de gestão ambiental complexas que resolvam definitivamente o problema. A implementação de estratégias de gestão ambiental sustentável possibilita o tratamento do problema levantado. Para identificar estratégias de gestão ambiental sustentável foi utilizada a matriz Vester. Os **resultados** permitiram identificar que a geração de resíduos sólidos no matadouro municipal de Huánuco no ano de 2023 é de 2.662,19 kg por dia, o equivalente a 972 toneladas por ano. A densidade e humidade médias são de 1.379,79 kg/m³ e 82,1% respetivamente; O elevado teor de humidade deve-se à presença significativa de matéria orgânica.

Palavras-chave: Poluição ambiental; Estratégias sustentáveis; Gestão ambiental; Matadouros; Resíduos orgânicos

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad ambiental constituye un pilar fundamental para garantizar el progreso y bienestar de las comunidades y naciones a nivel global. El actual modelo de desarrollo ha generado numerosos retos ambientales, incluyendo el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, contaminación y la sobreexplotación de recursos naturales, amenazando la viabilidad de la vida en nuestro planeta. Estos retos requieren respuestas urgentes y colaborativas que involucren a todos los estratos de la sociedad.

En la región Huánuco se enfrentan retos ambientales significativos que demandan una respuesta coordinada y comprometida del Estado y de los actores sociales. La educación juega un rol crucial en este escenario, dado que fomenta la conciencia y habilidades necesarias para la preservación y uso responsable de los recursos naturales, así como para la adaptación y mitigación del cambio climático.

El manejo de residuos sólidos, comprende todas las actividades funcionales u operativas relacionadas con la manipulación de los residuos sólidos desde el lugar donde son generados hasta la disposición final de los mismos (1,2). Actualmente, constituyen uno de los mayores problemas que ocurren a nivel global y es motivo de preocupación, debido a que en los últimos años se han creado más productos y, como es lógico, ha aumentado la producción de desechos (3). En los países de

Latinoamérica, la situación también es alarmante, ya que cada año se generan toneladas de residuos sólidos, sin embargo, solo se recicla un pequeño porcentaje de los residuos sólidos inorgánicos aprovechables.

Las cadenas de suministros, han hecho un aporte al cuidado de la naturaleza con el propósito de impulsar a las grandes industrias a contribuir con la prevención y manejo eficiente de recursos ambientales. La gestión de residuos sólidos se ha convertido en una tarea difícil para las autoridades municipales debido a la creciente preocupación por la contaminación ambiental e incremento de la cantidad de residuos; así como, la capacidad limitada para su tratamiento y eliminación (4).

El crecimiento demográfico tiene relación con el aumento de los residuos sólidos, el cual puede causar una serie de problemas, como la contaminación del aire, del suelo y del agua, la acumulación de lixiviados tóxicos en vertederos, la emisión de gases de efecto invernadero y la degradación de los hábitats naturales. Además, puede provocar la transmisión de enfermedades y la presencia de roedores y otros animales no deseados en las áreas urbanas. Es importante que las ciudades y las comunidades adopten prácticas sostenibles para reducir la cantidad de residuos que generan y mejorar la gestión de los residuos sólidos (5). Esto incluye la implementación de programas de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios.

En Perú se genera alrededor de 18 131 toneladas de basura al día lo que equivale a tres estadios nacionales llenos y que cada día se produce 610 gramos per cápita. Para todos estos residuos se tiene 12 rellenos sanitarios, lo que quiere decir que alrededor del 95% de estos terminan en botaderos formales o informales.

La sociedad ha venido adquiriendo en las últimas décadas una mayor conciencia sobre el deterioro que algunas prácticas y tecnologías tradicionales han ocasionado al medio ambiente y a la calidad de vida. Como consecuencia de ello, la comunidad y los mercados vienen exigiendo que se establezcan prácticas y procesos que protejan los recursos naturales y el medio ambiente, que preserven los recursos naturales y aseguren una oferta de bienes de consumo limpios para las presentes y futuras generaciones. En este sentido, la gestión ambiental está referida a los procesos, mecanismos, acciones y medidas de control involucradas, con el propósito de establecer compromisos de la administración en el uso sostenible de los recursos naturales y humanos, en la obtención de productos y los subproductos de óptima calidad y en el manejo eficiente de los residuos.

La mala gestión de los residuos sólidos en el Matadero Municipal de Huánuco, Perú conlleva una serie de impactos negativos interconectados. Esto incluye repercusiones ambientales como la contaminación del suelo y el agua mediante

lixiviados perjudiciales para la flora y fauna local. Además, tiene un impacto económico adverso, aumentando los costos municipales de limpieza y afectando la inversión y el turismo (el sector turístico se ve afectado debido a la acumulación de residuos y la falta de higiene), lo que repercute en las empresas locales y el empleo.

Por lo anterior se hace necesario generar alternativas efectivas de actuación integral que, desde la perspectiva de la gestión ambiental empresarial, redunden en el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de estas localidades, mediante la disminución de los factores aportantes de altos niveles de contaminación sobre los recursos naturales de los que estos deben disfrutar, pero que estén al alcance de las administraciones municipales encargadas de su implementación.

Considerando la importancia de esta temática, el presente trabajo se centro en realizar un estudio de caracterización de residuos en el matadero municipal del distrito y provincia de Huánuco. Como objetivo específico se declara determinar el efecto de la implementación de estrategias sostenibles de manejo ambiental de residuos sólidos el Matadero Municipal de Huánuco, Perú; los resultados y métodos de las investigaciones previas sobre los que se sustentan y los beneficios esperados por la implementación de estrategias sostenibles para un manejo ambiental adecuado. Estas actuaciones se constituyen en un modelo genérico que, adaptado

a la realidad específica de cada localidad, puede ser implementado en cualquiera que pretenda o deba incursionar en la gestión ambiental dentro de sus centrales de sacrificio, sin dejar de lado las consideraciones relacionadas a sus limitantes temporales y económicas.

La respuesta anticipada al problema se plantea a través de la siguiente hipótesis: La aplicación de estrategias sostenibles para un manejo ambiental adecuado, favorecerá la gestión de calidad en los procesos de faenado, optimizar la gestión ambiental de los residuos, implementar un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, y asegurar una infraestructura física adecuada.

METODOLOGÍA

Diseño experimental y unidad experimental

El estudio actual adopta un enfoque cuantitativo y utiliza un diseño cuasi-experimental, manipulando intencionalmente una o ambas variables para analizar sus efectos. Los métodos del orden teórico: analítico-sintético, inductivo-deductivo y el análisis documental se emplean en la revisión bibliográfica sobre la resolución de problemas en el contexto del aprendizaje del estudiante de secundaria, y de orden empírico: observación participante, entrevistas grupales en su modalidad grupos de discusión y un experimento en su modalidad pre-experimento. La muestra se seleccionó a partir del enfoque mixto, ya que

busca indagar información relevante y realizar descripciones sobre las categorías de investigación ya presentadas anteriormente.

El enfoque de este estudio atendiendo a su nivel de profundidad la investigación fue un diseño experimental en su modalidad de cuasi-experimento para corroborar la hipótesis planteada, que posibilita introducir la variable independiente en un mismo grupo de control, y de esta forma controlar el movimiento interno que se produce, manipulando intencionalmente una o ambas variables para analizar sus efectos. El estudio se realiza con un diseño de control mínimo mediante un pre-test y post-test y sin grupo de control, se asumen las fases propuestas por Mesa (4), estas son: planteamiento del hecho o fenómeno a estudiar mediante el pre-experimento, determinación de la hipótesis y las variables que estarán presentes en el cuasi-experimento, delimitación de las condiciones en que se desarrolla y recolección y calificación de los datos obtenidos y su comparación con los iniciales.

El matadero presenta tres zonas marcadas y distinguibles por las actividades que se realizan, estas son: Almacén, Beneficio y Ganadería. Se tuvo en consideración que el área donde se genera los residuos es estrictamente el área de beneficio, donde se realiza el beneficio de los animales. Dentro de esta área, llegan animales de tipo porcino, vacuno. Asimismo, se determinó la toma de muestras representativas para cada tipo

de animal según los porcentajes de producción tal como se indica a continuación: a) G. Porcino: El 60% del total de residuos generados; b) G. Vacuno: El 30% del total de residuos generados; c) G. Ovino: El 30% del total de residuos generados

Recolección de las muestras

La recolección de muestras se llevó a cabo durante seis días, siguiendo el criterio de porcentaje de muestras según el tipo de residuos generados por el ganado sacrificado. Se determinó la cantidad de residuos mediante el pesaje diario del total de residuos generados en el Matadero Municipal. Se utilizó una muestra por cada día de trabajo. Para ello se colocó los residuos en una zona pavimentada sobre un plástico grande. Se recolectaron las muestras de residuos en envases cilíndricos a fin de medir fácilmente la variable volumen. Asimismo, del procedimiento anterior ya se contaba con el peso de los residuos en cada envase cilíndrico, el cual fue unido en una relación de masa sobre volumen (m/v) para determinar la densidad de los residuos del Matadero.

Análisis de datos

Se tomó en cuenta las muestras seleccionadas en los envases cilíndricos. Estas muestras fueron seleccionadas tomando en cuenta el criterio de diversidad y representatividad de los residuos, los cuales fueron vertidos en el plástico, luego se formó montones. Con la finalidad de homogenizar

la muestra. Además, la materia orgánica se dividió en huesos, tejido animal, grasa, pelo, cuero, entre otros, con el fin de obtener una descripción detallada de la composición de los residuos generados en el matadero.

Después de separar los residuos por componentes, se colocaron en recipientes cilíndricos y se pesaron utilizando una balanza. Se determinó el porcentaje de cada componente considerando el peso total de los residuos recolectados en un día (Wt) y el peso específico de cada componente (Pi):

$$\text{Porcentaje (\%)} = (Pi/Wt) \times 100$$

Para calcular el porcentaje promedio de cada componente, se realizó un promedio simple, sumando los porcentajes diarios de cada componente y dividiéndolos por los seis días de funcionamiento del matadero en una semana.

Procedimiento

Se empleó una Guía Metodológica para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio del Ambiente (MINAM). Además, se aplicaron criterios independientes en ciertos aspectos para ajustarse a la realidad local. Para identificar estrategias sostenibles de manejo ambiental, se utilizó la matriz Vester.

RESULTADOS

Antecedentes

Bernal et al. (6), realizaron su trabajo de investigación titulado: “Propuesta de plan de manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos en el barrio Ciudad Córdoba de la ciudad de Santiago de Cali.” que tuvo como objetivo elaborar un plan de manejo de los residuos sólidos en el barrio Ciudad Córdoba de la ciudad de Cali. Para la metodología usaron el instrumento de encuestas a los varios usuarios que generan residuos, así mismo se encuestaron a los recicladores del sector con la finalidad de identificar cómo está la actual gestión de los residuos sólidos en el sector, también para poder tener la percepción de la comunidad sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos y por último realizaron un análisis a los residuos sólidos generados en los sectores domiciliarios y comerciales.

Concluyeron que es evidente que necesitaban mejorar la gestión de los residuos sólidos en el barrio Ciudad Córdoba y con la caracterización de los residuos se evidenció que este barrio tenía un potencial significativo de aprovechamiento de los residuos, ello mientras se consolida una cultura del reciclaje capaz de generar un proyecto sostenible con efectos ambientales y económicos en el sector.

Vélez et al. (7), realizaron la investigación titulada: “Propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos domésticos en la comunidad

Waorani Garenno de la Amazonía Ecuatoriana”, cuyo objetivo general fue caracterizar cuantitativa y cualitativamente los residuos sólidos, generados a nivel doméstico por las comunidades rurales amazónicas. Realizaron el análisis de la dinámica de la generación de residuos sólidos mediante una encuesta descriptiva a cada una de las viviendas, se realizó a 32 de jefes de familia. Luego determinaron la producción per cápita promedio, la composición física de RSD, el estudio de la producción y caracterización de los RSD.

Finalmente desarrollaron propuestas de manejo de los residuos sólidos, como el clasificar y almacenar los residuos que tiene valor económico como el papel, cartón, plástico, metal y la materia orgánica. El material reciclable debe ser almacenado en un punto de acopio para la recolección de los residuos, el recolector municipal debe crear un lugar adecuado donde los residuos deben almacenarse durante 2 meses para luego ser valorizados y para los residuos orgánicos se propone elaborar compostaje.

Mejía (8), en su investigación incorpora a diversas partes interesadas clave en los sistemas de RSM, tales como los generadores de residuos, los consumidores de residuos y productos derivados, así como los proveedores de servicios de transporte y procesamiento. En este contexto, las partes interesadas presentan propuestas a un coordinador central, encargado de resolver un problema de optimización. El objetivo principal de

este proceso es determinar asignaciones y precios de compensación que maximicen el beneficio colectivo de todas las partes involucradas, equilibrando así la oferta y la demanda de residuos y productos.

Un aspecto fundamental es que el proceso de compensación garantiza que ninguna de las partes interesadas sufra pérdidas económicas, asegurando así una distribución justa de los beneficios. Obteniendo como resultados en este estudio destacan la utilidad de los impuestos como herramienta para incentivar la prestación de servicios que benefician a todas las partes interesadas en la gestión de RSM. Específicamente, se encontró que un impuesto adecuadamente diseñado puede eliminar por completo la disposición de residuos en vertederos a cielo abierto, promoviendo prácticas más sostenibles y eficientes en la gestión de residuos sólidos municipales. Estos hallazgos resaltan la relevancia de este marco coordinado en la mejora de la gestión de RSM y su potencial impacto en la mitigación de problemas asociados a la disposición inadecuada de residuos.

Vargas, Gutiérrez, Franco et al. (9), presentaron un estudio denominado "Gestión del manejo de residuos sólidos: un problema ambiental en la universidad", el cual está dividido en 3 fases, la primera fase consta de un análisis documental, la segunda fase consiste en el análisis de la información de la universidad sobre la gestión

ambiental con los indicadores de consumo de agua y energía, y la tercera fase se propondrán estrategias según el problema ambiental. Concluyeron según varios conceptos como: residuos sólidos, gestión ambiental, residuos sólidos urbanos, entre otros; que según las encuestas realizadas hay iniciativa de intervención y mitigación de los impactos ambientales.

Mendes y Duarte (10), realizaron una investigación con el título "Implementação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) no município de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil". Es un artículo que analiza la dinámica de los actores involucrados en la implementación del PMGIRS en el municipio de Natal, el objetivo es establecer un conjunto de acciones para la gestión de residuos sólidos en el municipio, con el fin de garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública. El estudio se basó en una investigación bibliográfica y entrevistas con los actores involucrados en la implementación del PMGIRS.

Se encontró que la participación de múltiples actores generó una profusión de ideas y acciones que resultaron en dos dinámicas: la dinámica de implementar el PMGIRS resultante de acciones pro-ambientales realizadas por los grandes generadores de residuos y la dinámica de limitar que opera en función del desconocimiento de los instrumentos legales y sus directrices por parte de actores involucrados en la ejecución de acciones

del PMGIRS, también identificó los principales desafíos enfrentados en la implementación del PMGIRS en Natal. Además, se destacó la necesidad de una mayor colaboración y coordinación entre los diferentes actores involucrados en la implementación del PMGIRS.

En cuanto a las medidas que el municipio de Natal está tomando para garantizar la sostenibilidad de la gestión de residuos sólidos a largo plazo, se mencionan algunas iniciativas como la creación de un comité de seguimiento y evaluación del PMGIRS, la implementación de programas de educación ambiental y la promoción de la participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos.

Actualidad

El Matadero Municipal de Huánuco, Perú, cuenta con una central de sacrificio que procesa semanalmente aproximadamente 60 reses de ganado vacuno, además de alrededor de 40 cerdos. El matadero no implementa en la actualidad ningún sistema de control ambiental que disminuya los impactos que se generan en el entorno debido a su funcionamiento. A pesar de que el lavado de las instalaciones no es exhaustivo desde el punto de

vista de la asepsia, demanda grandes cantidades de agua pues es realizado de manera continua en las jornadas de sacrificio y faenado, sobre reses, pisos y paredes, dada la gran cantidad de sangre, rumen, y otros residuos que se producen y que de no retirarse obstaculizarían las actividades y taponarían los conductos de evacuación de residuos y vertidos.

Se hace evidente la total ausencia de medidas de manejo ambiental para el tratamiento de los residuos sólidos, líquidos y de olores ofensivos. Los residuos sólidos de gran tamaño (cabezas, patas, pezuñas y cuernos) son colocados al aire libre en un “tanque” de ladrillo para su descomposición natural, mientras que las pieles son utilizadas para el curtido en sitios externos a la planta.

Los residuos medianos y pequeños, son arrastrados a la quebrada del Matadero mediante lavado con agua a presión, así como la sangre, el rumen y el estiércol. Desde luego este tipo de manejo para los residuos sólidos proporciona una fuente permanente de olores ofensivos, lo que constituyen problemas identificados Tabla 1, en el manejo de los residuos sólidos en la institución objeto de estudio.

Tabla 1. Problemas identificados (tabla 1) en el manejo de los residuos sólidos.

No	Problemas
1	Deficiencia en las condiciones físicas en las etapas del faenado de animales del Matadero Municipal de Huánuco
2	Deficiencia de capacidades técnicas / operativas y recursos humanos para mejorar la eficiencia del Matadero.
3	Carencia del Plan HACCP para el Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control del Matadero Municipal de Huánuco
4	Carencia de Procedimiento Operativo Estandarizado de Saneamiento de Matadero Municipal de Huánuco

No	Problemas
5	Escasas Buenas Prácticas de Faenado del Matadero Municipal de Huánuco.
6	Carencia de un Plan de Contingencia de las Aguas residuales del Matadero Municipal de Huánuco.
7	Carencia de un expediente Técnico para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales y la obtención de la autorización del ANA para vertimientos de aguas residuales tratadas del Matadero (Actual).
8	Carencia de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Matadero Municipal.
9	Inadecuada implementación del Plan de Manejo de Residuos Sólidos del Matadero Municipal (Coordinado con el Área de Gestión de Residuos Sólidos de la MPH)
10	Deficiente sistema de transporte y disposición final de residuos sólidos no peligrosos generados en el Matadero Municipal.
11	Carencia del perfil de proyecto del Nuevo Matadero (Ficha Técnica)
12	Carencia de un Expediente Técnico del nuevo Matadero Municipal de Huánuco
13	Carencia de un Expediente para obtención de la autorización de vertimientos de aguas residuales tratadas del nuevo Matadero Municipal.
14	Carencia de la construcción del Nuevo Matadero Municipal de Huánuco

Una caracterización previa de los vertimientos para dimensionar la magnitud del problema a líquidos realizada por la Matadero Municipal de abordar. Huánuco el segundo semestre del año 2023, sirve

Tabla 2. Tabla de Resultados de muestreo (año 2023).

PARÁMETRO	Q (l/s)	[C] (mg/l)	C.P. (kg/día)
SST	0,60	8272	132
Grasas	0,60	-	-
DBO	0,60	32000	512
DQO	0,60	25200	403

Donde: Q = Caudal, en litros por segundo; [C] = Concentración, en miligramos por litro y; C.P. = Carga promedio, en kilogramos al día.

Para conocer la magnitud de este impacto ambiental en especial se realizó un muestreo de aguas residuales y desechos sólidos orgánicos, en una jornada completa de labores, simulando las condiciones de operación que se lograrían al implementar medidas de manejo ambiental tendientes a separar y manejar los residuos sólidos orgánicos y la sangre provenientes de los procesos de sacrificio y faenado, antes del punto de vertido. Entre otras, se instalaron rejillas y tamices finos para

evitar la llegada de los contenidos estomacales al sistema de aguas vertidas, se adecuaron infraestructuras que permitieran hacer lo mismo con la sangre y realizar el compostaje de ambos tipos de residuos, además de la capacitación del

personal para implementar las anteriores de forma correcta a nivel operacional. La jornada de muestreo fue realizada el día 12 de febrero del 2024.

Tabla 3. Tabla de Resultados de muestreo (año 2024).

PARÁMETRO	Q (l/s)	[C] (mg/l)	C.P. (kg/día)
SST	0,68	1242,9	16,72
Grasas	0,68	141,9	1,91
DBO	0,68	2927,5	39,41
DQO	0,68	8766,0	118,03

Donde: Q = Caudal, en litros por segundo; [C] = Concentración, en miligramos por litro y; C.P. = Carga promedio, en kilogramos al día.

Puede observarse cómo durante el año 2023 las cargas contaminantes obtenidas para los tres parámetros principales comparados fueron supremamente superiores a los obtenidos en el presente estudio, lo que demuestra no sólo la alta magnitud del impacto referido sino también la efectividad del manejo integral de los residuos para efectos del tratamiento de los vertimientos líquidos.

Las condiciones de operación simuladas para la realización del muestreo se lograron recogiendo la sangre en el punto de degüelle, en baldes de 25 litros, para evitar su caída al suelo del área de trabajo; recolectando en seco la mayor parte del rumen y contenidos estomacales, en canecas de 50 litros, para evitar su vertido directo con las aguas de lavado, y evitando los lavados innecesarios de reses e instalaciones.

El resultado mas importante de esta comparación se observa en los porcentajes de remoción de contaminantes orgánicos expresados en los parámetros DBO 5, DQO y SST.

Aunque en un sentido estricto estos porcentajes de descarga no son en sí removidos, ya que este término se refiere a los niveles de contaminantes que son debidamente tratados por un sistema de depuración de aguas residuales, el manejo preventivo de los mismos hace mucho más viable la posterior implementación de este tipo de sistemas. Debe considerarse desde los puntos de vista económico, tecnológico y de disponibilidad de terreno, que entre mayor sea la carga orgánica que recibe un sistema de tratamiento de aguas residuales su tamaño deberá ser mayor, y a mayor concentración del vertimiento la solución tecnológica a implementar deberá ser mas

compleja y, por consiguiente, más costosa. Por lo tanto, se asume en este caso el manejo preventivo de los residuos sólidos orgánicos y la sangre como un paso previo a la depuración en sí de las aguas residuales y como el primer componente del sistema de tratamiento de las mismas.

Entonces, los porcentajes de remoción obtenidos fueron: a) En SST: 87,3%; b) En DBO 5: 92,3% y c) En DQO: 70,7%

A continuación, se muestra la Matriz Vester como Guía Metodológica para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio del Ambiente (MINAM).

Tabla 4. Matriz Vester.

Incidencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	X
1 Deficiencia en las condiciones físicas en las etapas del faenado de animales del Matadero Municipal de Huánuco		0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	5
2 Deficiencia de capacidades técnicas / operativas y recursos humanos para mejorar la eficiencia del Matadero.	2		2	3	3	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	18
3 Carencia del Plan HACCP para el Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control del Matadero Municipal de Huánuco	2	0		2	3	3	2	2	3	3	2	0	0	2	0	24
4 Carencia de Procedimiento Operativo Estandarizado de Saneamiento de Matadero Municipal de Huánuco	0	0	2		2	1	0	0	3	3	2	0	0	0	0	13
5 Escasa Buenas Prácticas de Faenado del Matadero Municipal de Huánuco.	0	0	0	1		0	0	2	2	3	2	0	0	2	0	12
6 Carencia de un Plan de Contingencia de las Aguas residuales del Matadero Municipal de Huánuco.	2	2	0	2	2		2	2	3	2	2	0	0	0	0	19
7 Carencia de un expediente Técnico para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales y la obtención de la autorización del ANA para vertimientos de aguas residuales tratadas del Matadero (Actual).	2	2	2	0	2	3		3	3	3	2	2	2	0	2	28
8 Carencia de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Matadero Municipal.	0	1	2	3	0	1	0		2	0	0	2	2	0	2	15
9 Inadecuada implementación del Plan de Manejo de Residuos Sólidos del Matadero Municipal (Coordinado con el Área de Gestión de Residuos Sólidos de la MPH)	2	2	2	2	3	3	3	3		3	2	3	3	0	3	34
10 Deficiente sistema de transporte y disposición final de residuos sólidos no peligrosos generados en el Matadero Municipal.	2	2	2	2	2	2	3	3	2		2	2	2	0	2	28
11 Carencia de un Plan de Seguridad y Salud Ocupacional del Matadero Municipal de Huánuco.	2	0	1	2	2	2	1	2	2	2		0	0	0	0	16

Incidencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	X
12 Carencia del perfil de proyecto del Nuevo Matadero (Ficha Técnica)	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	29
13 Carencia de un Expediente Técnico del nuevo Matadero Municipal de Huánuco	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	1	3	3	3	3	20
14 Carencia de un Expediente para obtención de la autorización de vertimientos de aguas residuales tratadas del nuevo Matadero Municipal.	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	3	33
15 Carencia de la construcción del Nuevo Matadero Municipal de Huánuco	3	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	1	1	22
Y	21	12	18	23	25	26	20	27	33	30	22	15	15	11	18	

Tabla 5. Valor relacional de los problemas.

Calificación	Influencia
0	No Causal (los problemas no tienen vínculo alguno)
1	Causalidad Débil (influencia indirecta de un problema sobre otro)
2	Causalidad Media (baja influencia directa de un problema sobre otro)
3	Causa Fuerte (alta influencia directa de un problema sobre otro)

Posteriormente se construyó el mapa de Vester, teniendo como eje (21,5; 21,5), lo cual se observa en la Figura 1.

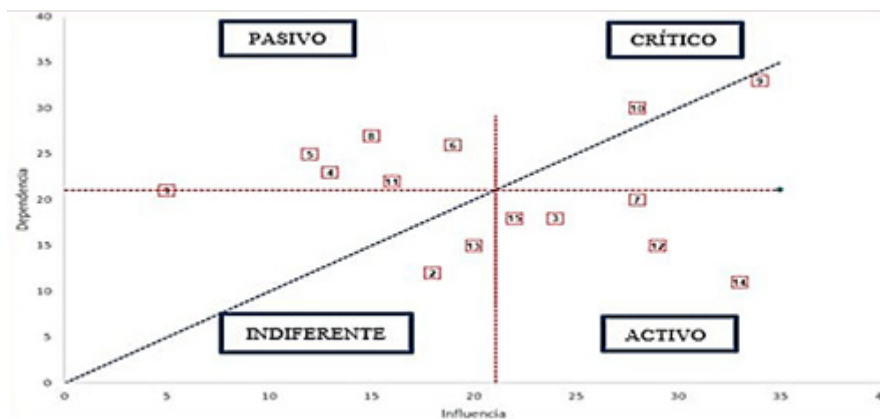


Figura 1. Mapa de Vester.

- Cuadrante 1. Problemas pasivos o efectos de los problemas críticos: P1, P4, P5, P6, P8 y P11.
- Cuadrante 2. Problemas críticos o centrales: P9 y P10.
- Cuadrante 3. Problemas indiferentes: P2 y P13.
- Cuadrante 4. Problemas activos o causas de los problemas críticos: P3, P7, P12, P14 y P15.

Los resultados del análisis de humedad de los residuos sólidos orgánicos muestran una variación entre 89,8% y 76,3%, siendo estos los valores más altos y más bajo registrados. La media semanal es del 82,1%, indicando un alto nivel de humedad en la materia orgánica.

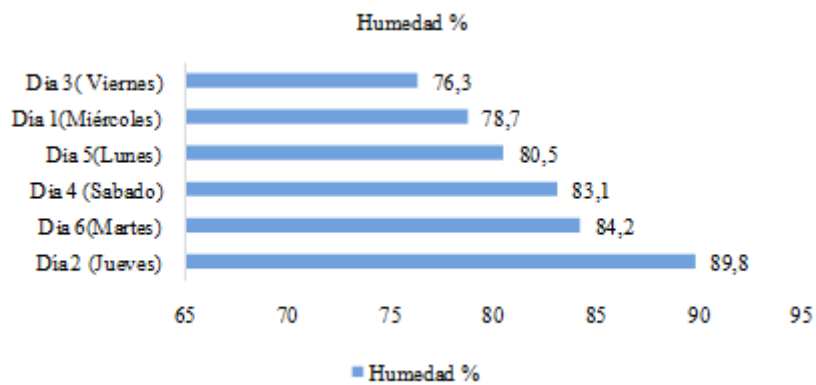


Figura 2. Determinación de la humedad.

A partir de la clasificación de problemas identificados en el mapa de Vester, el equipo técnico formuló metas y objetivos estratégicos

para el manejo ambiental de los residuos en el Matadero Municipal de Huánuco.

Tabla 6. Propuestas de estrategias sostenibles para un manejo ambiental adecuado de los residuos del Matadero Municipal de Huánuco.

Objetivos	Metas	Líneas de acción
Objetivo Estratégico N° 1 Mejorar la gestión de la calidad en los procesos de faenamiento de carne en el Matadero Municipal de Huánuco.	Meta 1.1. Municipio Provincial de Huánuco con condiciones físicas, capacidades técnicas / operativas y recursos humanos para la gestión de la calidad de la producción en el Matadero Municipal de Huánuco.	Generar mejores condiciones físicas en las etapas del faenado de animales del Matadero Municipal de Huánuco Incrementar capacidades técnicas / operativas y recursos humanos para mejorar la eficiencia del Matadero.
	Meta 1.2. Municipio Provincial de Huánuco con instrumentos para la gestión de la calidad en los procesos de faenamiento de carne	Generar e Implementar el Plan HACCP para el Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control del Matadero Municipal de Huánuco Generar e Implementar el Procedimiento Operativo Estandarizado de Saneamiento de Matadero Municipal de Huánuco Actualizar e Implementar el Manual de Buenas Prácticas de Faenado del Matadero Municipal de Huánuco
Objetivo Estratégico N° 2 Mejorar la gestión ambiental de los residuos del Matadero Municipal	Meta 2.1. Municipio Provincial de Huánuco cuenta con un sistema de tratamiento de las aguas residuales del Matadero Municipal	Generar un Plan de Contingencia de las Aguas residuales del Matadero Municipal de Huánuco. Generar un Expediente Técnico para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales y la obtención de la autorización del ANA para vertimientos de aguas residuales tratadas del Matadero (Actual). Construir una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Matadero Municipal.
	Meta 2.2. Municipio Provincial de Huánuco cuenta con sistema de manejo de los residuos sólidos del Matadero Municipal	Implementar el Plan de Manejo de Residuos Sólidos del Matadero Municipal (Coordinado con el Área de Gestión de Residuos Sólidos de la MPH) Mejorar el sistema de transporte y disposición final de residuos sólidos no peligrosos generados en el Matadero Municipal.
Objetivo Estratégico N° 3 Contar con el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en el Matadero Municipal	Meta 3.1. Municipio Provincial de Huánuco, con instrumento para la gestión de la seguridad y salud ocupacional en el Matadero Municipal	Generar e Implementar el Plan de Seguridad y Salud Ocupacional del Matadero Municipal de Huánuco.

Objetivos	Metas	Líneas de acción
Objetivo Estratégico N° 4 Crear una adecuada infraestructura física del Matadero Municipal	Meta 4.1. Municipio provincial cuenta con adecuada infraestructura y equipamiento para el faenamiento de animales y atención de la demanda de las ciudades de Huánuco, Amarilis, Pillco Marca y Santa María del Valle	Generar un Perfil de proyecto del Nuevo Matadero (Ficha Técnica) Generar un Expediente Técnico del nuevo Matadero Municipal de Huánuco Generar un Expediente para obtención de la autorización de vertimientos de aguas residuales tratadas del nuevo Matadero Municipal. Construir el Nuevo Matadero Municipal de Huánuco.

DISCUSIÓN

Conforme con los resultados descubiertos durante el desarrollo de la investigación, la producción de Residuos Sólidos, ha aumentado en todo el mundo como consecuencia del incremento de la población, las actividades humanas y el desarrollo de la tecnología (11). Conocer la composición de los Residuos Sólidos es fundamental para planificar cualquier tipo de estrategia nacional para el manejo de residuos; sin embargo, es complejo obtener datos de buena calidad y consistentes (12). Los residuos sólidos son un problema urbano fundamental. Los problemas de recolección, disposición y los riesgos ambientales asociados con los desechos continúan siendo un desafío para muchas ciudades (13).

Desde esta perspectiva la sostenibilidad ambiental implica considerar y abordar diversos aspectos, como la conservación de la biodiversidad, la protección de los recursos naturales, la reducción de la contaminación, el uso eficiente de la energía y los materiales, y la adopción de prácticas responsables desde el punto de vista ambiental (14).

Los resultados obtenidos, tienen una variación de 3777,2 kg, pero difiere notablemente con lo presentado por Padilla, (15) en su estudio al matadero de Cantón, con una variación de 2190,81 kg. Esto se debe a la capacidad, tecnología e infraestructura de cada matadero, otra variable condicionante es el tipo y número de animales sacrificados diariamente. Por lo tanto, se infiere

que el matadero de Huánuco y el de Jaén tienen capacidades similares de producción de carne, contrario al de Cantón.

Tomando como referencia los resultados de caracterización de residuos para bovinos presentados por Padilla, (15) existe cierta variación en el porcentaje de heces o estiércol de 35,6 unidades, si consideramos el porcentaje promedio de la generación de estiércol de bovinos (65%) y porcino (47%) de los resultados de padilla sería 56%, y aun la diferencia es notable con 26,6 unidades porcentuales. Por otro lado, se coincide con los resultados para residuos como cachos equivalentes al 1% con una diferencia mínima o casi nula.

Finalmente, los autores de esta investigación destacan la importancia de las prácticas de reducción y reciclaje de residuos sólidos como elementos esenciales de las estrategias de la gestión de residuos en los mataderos (16). Pero también deben ir acompañadas de concientización a los ciudadanos y servicios otorgados por las instituciones gubernamentales para fomentar la reducción y el reciclaje; por lo que es necesario promover el consumo responsable por parte de la población para disminuir la tasa de generación de residuos sólidos, pero sobre todo generar una política de estado para el fomento de la educación y la cultura ambiental que se refleje en planes permanentes de disminución de los residuos sólidos (1).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este artículo, han revelado el efecto de la implementación de estrategias sostenibles de manejo ambiental de residuos sólidos el Matadero Municipal de Huánuco, Perú, que consideró aspectos como el volumen y caracterización de los residuos sólidos, el sistema de uso, el manejo de dichos residuos y a la identificación de la zona adecuada para su tratamiento.

La aplicación de estrategias sostenibles para un manejo ambiental adecuado de los residuos del Matadero Municipal de Huánuco, se presenta como una vía eficaz para el uso y manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados en el Matadero Municipal de Huánuco, Perú, así como, a implementación de medidas de manejo preventivo en el vertido de residuos orgánicos como sangre y rumen se logran remociones iniciales de alrededor del 85% en promedio para los parámetros DBO 5, DQO y SST, lo que complementado con un sistema de tratamiento de aguas residuales logra alcanzar en promedio remociones del 95% para los mismos parámetros.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sáez A, Urdaneta J. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*. 2014; 10 (4): 121-135. <https://acortar.link/RLbrTf>
2. Leiva F. Educación Ambiental para el poblador del distrito de Casa Grande en el manejo de residuos sólidos urbanos entre julio a diciembre del año 2019. *Arnaldoa*. 2020; 35 (3); 323-334. <https://acortar.link/4LBQf3>
3. Sanmartín G, Zhigue R, Alaña T. El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Universidad y Sociedad*. 2017; 9(1): 36-40. <https://acortar.link/BbR1a7>
4. Alcocer P, Knudsen J, Marrero F, Miranda B. Modelo multicriterio para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en Quevedo-Ecuador. *XXVI. Revista de Ciencias Sociales*. 26(4); 328-352. <https://acortar.link/OyxkKr>
5. Meza N. Propuestas para garantizar una adecuada gestión integral de los residuos sólidos municipales en el distrito de Oxapampa-Pasco. 2022. <https://acortar.link/5yKC70>
6. Bernal et al. Propuesta de plan de manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos en el barrio Ciudad Córdoba de la ciudad de Santiago de Cali. *Revista Ingeniería Industrial*. 2020. <https://acortar.link/OqqNmn>
7. Vélez et al. Propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos domésticos en la comunidad Waorani Gareno de la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Ciencias Ambientales*. 2019; 12(2): 33-45. <https://acortar.link/S575Pn>
8. Mejía A. Disposición final de los residuos sólidos municipales para mitigar la contaminación ambiental en el distrito de Chancay. 2022. <https://acortar.link/Kjuhjv>
9. Vargas-Restrepo C, Gutiérrez-Monsalve J, Vélez-Rivera D, Gómez-Betancur M, Aguirre-Cardona D, Quintero-Osorio L, Franco-Montoya J. Gestión del manejo de residuos sólidos: un problema ambiental en la universidad. *Pensamiento & Gestión*. 2021; (50):117-152. <https://acortar.link/ZkVb6U>
10. Espinoza C, Marrero F, Hinojosa-Benavides R. Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal de Huancavelica, Perú. *Letras Verdes*. 2021; (28): 163-177. <https://acortar.link/xZQNC>
11. Mendes J, Duarte M. Implementación del Plano Municipal de Gestión Integrada de Residuos Sólidos no Municipio de Natal (Rn): O Papel dos

Atores. Administração Pública e Gestão Social. 2020;12 (4). <https://acortar.link/FP6xf4>

12. Hernández M, Aguilar Q, Taboada P, Lima R, Eljaiek M., Márquez L y otros. Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2016. <https://acortar.link/dTl1yq>

13. Villemain C. Noticias ONU. Como la basura afecta al desarrollo de América Latina. 2018. <https://acortar.link/xZQNC>

14. Yangali J, Vásquez M, Huaita D, Baldeón M. Comportamiento ecológico y cultura ambiental, fomentada mediante la educación virtual en estudiantes de Lima-Perú. Revista de Ciencias Sociales. 2021; (1): 385- 398. <https://acortar.link/mICyPI>

15. Padilla F. Caracterización y requerimientos nutricionales de los bovinos. 2014.

16. Falla-Cabrera R. Desechos de matadero como alimento animal en Colombia. Frigorífico Guadalupe S.A. Bogotá. 1995; 11(6): 1222. DOI:10.3390/nu11061222.