

IMPROVEMENT PLAN FOR THE ORGANIC SOLID WASTE COMPOSTING PROCESS AT THE MUNICIPAL PLANT OF LOS OLIVOS, LIMA - PERU, 2022

Haniel Josue Torres Joaquín, MSc.¹, Adolfo Lopez Nelson, Bach.²

^{1,2}*Universidad Privada del Norte, Perú, Haniel.torres@upn.pe, n00102049@upn.pe*

Abstract– *The present study was carried out with the main objective of proposing an improvement plan for the composting processes of organic solid waste at the composting plant of the Municipality of Los Olivos, Lima–Peru, 2022. This is a quasi-experimental study, with a sample consisting of 20 direct workers from the composting plant. The methodology included an initial diagnosis of the process using techniques such as document review and surveys. The results reflect the current state of the composting plant at each stage of the process, and an improvement plan is proposed accordingly. A new composting plant is designed using the forced aeration method, with an infrastructure of 2,640 m², staffed by six workers, a three-month treatment period for organic waste, and an increased treatment capacity with an annual projection of 1,039.68 tons. This improvement plan is positioned as a positive alternative for the treatment of organic waste in municipalities, enhancing composting efficiency, improving knowledge and management of solid waste, and promoting citizen participation.*

Keywords – *Improvement plan, composting process, compost, organic solid waste*

PLAN DE MEJORA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA PLANTA MUNICIPAL DE LOS OLIVOS, LIMA - PERÚ, 2022

Haniel Josue Torres Joaquín, MSc.¹, Adolfo Lopez Nelson, Bach.²
^{1,2}Universidad Privada del Norte, Perú, Haniel.torres@upn.pe, n00102049@upn.pe

Abstract– La presente investigación fue desarrollada con el objetivo principal de proponer un plan de mejora en los procesos de compostaje de residuos sólidos orgánicos en la planta de compostaje de la Municipalidad de los Olivos, Lima-Perú, 2022. Este estudio es cuasi experimental, la muestra de esta investigación son los 20 trabajadores directos de la Planta de Compostaje de la Municipalidad de Los Olivos. La metodología incluye un diagnóstico inicial del proceso, utilizando técnicas como revisión documental y encuestas. Los resultados reflejan el estado actual de la planta de compostaje en cada etapa de proceso y se propone el plan de mejora en la planta de compostaje. En donde, se diseña una nueva Planta de Compostaje implementando el método de tratamiento de inyección forzada con una infraestructura de 2 640 m², con un personal de 6 trabajadores, con un tiempo de tres meses de tratamiento de residuos orgánicos y un aumento de capacidad de tratamiento con una proyección anual de 1039.68 ton. Este plan de mejora se posiciona como una alternativa positiva en el tratamiento de residuos orgánicos en las municipalidades mejorando la eficiencia del compostaje, el nivel de conocimiento y manejo de residuos sólidos, así como fomentando la participación ciudadana.
Keywords– Plan de mejora, proceso de compostaje, compost, residuos sólidos orgánicos.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, el manejo de residuos sólidos es un problema cada vez mayor para el ambiente y sociedad. En América Latina, se estima que la generación de residuos sólidos urbanos pasará de 130 millones de toneladas en 2012 a 220 millones de toneladas en 2025 siendo casi el doble de la generación de desperdicios, agravando esta problemática en el futuro [26].

En el Perú, Lima Metropolitana es la provincia que más residuos sólidos genera con más de ocho toneladas por día, equivalente a casi la cuarta parte de todo el país, además de un promedio de 1 kg de desechos por ciudadano. La percepción de los próximos años nos indica que la problemática puede hacerse mucho más compleja ante la ineficiencia del manejo de residuos sólidos creando focos de contagios de enfermedades y contaminación, que son perjudiciales para el ser humano y el planeta [32].

En este contexto, el compostaje de residuos sólidos se presenta como una opción viable y eficaz para mitigar los efectos negativos de la contaminación generada por los desechos. El aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de compost representa una alternativa sostenible, considerando que más del 50 % de los residuos generados corresponden a esta

fracción. Además, esta práctica contribuye a la generación de empleo e ingresos económicos [31].

En el distrito de Los Olivos se generan 128 451 toneladas anuales de residuos sólidos con una producción per cápita de 1,0 kg/hab/día de las cuales 68 998 toneladas son residuos orgánicos con potencial para la producción de compost [27]. Actualmente, la Municipalidad Distrital de Los Olivos, trata sus residuos orgánicos a través de una planta de compostaje ubicada en el Vivero Municipal. Sin embargo, por el momento solo procesa los residuos generados por el mercado Conzac por falta de capacidad. Por otra parte, muchas veces la materia prima para la planta llega contaminada de plásticos que por falta de tiempo no llega a ser separada antes de iniciar el proceso de descomposición, produciendo su presencia en todas las fases del desarrollo del compost siendo una incomodidad al momento de voltear las camas o incluso disminuir la calidad del producto final. También, otras de su deficiencia es la falta de personal como la aireación de las camas es a través del volteo manual, no se termina de voltear todas las camas necesarias diariamente.

Por lo expuesto anteriormente, el inoportuno procedimiento de los residuos sólidos orgánicos en la planta del distrito generará un producto con impurezas y de baja calidad. De no realizar ningún acto la baja capacidad de la planta seguirá siendo la misma y no aprovechará un mayor número de desechos orgánicos. Ante esta situación, este trabajo de investigación busca proponer un plan de mejora en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos para la producción de compost en Los Olivos y de esa forma optimizar el proceso.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Vivero Municipal, ubicado en la Av. Alfredo Mendiola S/N, en el distrito de Los Olivos (Altura de la 2da de Pro), con las siguientes coordenadas UTM:

TABLA I
Ubicación en UTM de la planta de compostaje

Coordenadas UTM	
Este	274166.92
Norte	8680282.22
Hemisferio	Zona 18 L

La muestra de esta investigación son los 20 trabajadores directos de la Planta de Compostaje, en la cual, comprende a 1 técnico, 1 supervisor, 10 operarios, 8 proveedores. Se entiende que la participación de las encuestas comprende a trabajadores directos en la Planta de Compostaje de la Municipalidad de Los Olivos.

El procedimiento de recolección de datos consistió en la identificación de fuentes de información, el diseño y la aplicación de encuestas, la recopilación de datos documentales, el análisis estadístico y la validación de datos. Ello se llevó a cabo mediante una serie de fases sistemáticas y rigurosas: en primer lugar, se identificaron las fuentes de información relevantes para el estudio, incluyendo documentos y registros de la planta de compostaje de la Municipalidad de Los Olivos para evaluar el estado actual de la planta de compostaje.

Estado actual de la Planta de Compostaje

Esta fase se dividió en dos partes:

- Análisis de la información de la planta

Se sintetizó la información de este documento y se examinó que las recomendaciones se ejecuten a mediano plazo en la planta de compostaje de compostaje de residuos sólidos orgánicos.

- Análisis estadísticos de las encuestas

En la siguiente fase, se diseñó y aplicó una encuesta a los trabajadores de la planta de compostaje para recopilar información sobre su percepción del proceso de compostaje y sus sugerencias para mejorar el proceso. Esta encuesta permitió recopilar datos valiosos sobre la experiencia y el conocimiento de los trabajadores en relación con el proceso de compostaje. Además, se recopilaron datos documentales relacionados con el tiempo y la mano de obra empleados en el proceso de compostaje. Estos datos permitieron analizar la eficiencia y la productividad del proceso.

III. RESULTADOS

Los resultados se describen en tres partes:

- En primera línea determinar diferencias entre los procesos actuales y las modificaciones de acuerdo al plan de mejoramiento propuesto para la elaboración de compostaje de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Los Olivos.
- Segundo determinar la calidad del producto final obtenido antes y después de la propuesta de plan de mejoramiento de los procesos de compostaje de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Los Olivos.
- Tercero determinar el nivel de conocimiento y manejo de residuos sólidos orgánicos de los trabajadores de la planta de compostaje de la Municipalidad distrital de Los Olivos.

A continuación, se muestra la tabla II de comparación de las características de la situación actual y la propuesta de mejoramiento en las instalaciones e infraestructura donde se realizan los procesos de elaboración de compost en la Municipalidad de Los Olivos.

TABLA II

Instalaciones e infraestructura				
AREA	FUNCIONES PRINCIPALES	CARACTERISTICAS		
		SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA MEJORAMIENTO	DE
Planta de Compostaje	Producción de compostaje para el mantenimiento de áreas verdes del distrito de los Olivos.	Ubicación: Vivero Municipal	Ubicación: Vivero Municipal	
	Se caracteriza por ser de baja inversión económica.	Terreno de 800 m2.	Terreno de 2640 m2. Ubicación estratégica que facilite el acceso de los camiones de recolección de residuos y minimice los costos de transporte, evitando la proximidad a áreas residenciales y ecosistemas sensibles.	
Almacenamiento Temporal de Residuos Sólidos.	Acopiar los residuos provenientes de los mercados, industriales, comerciantes y campañas, durante un tiempo específico para evitar la presencia de lixiviados.	Espacio abierto sin impermeabilidad. Dimensión de 25 m2. El suelo es de tierra y no tiene ningún recubrimiento. Almacenamiento en contenedores. El almacenamiento de los residuos no pasa de 12 horas.	Contará con un área de 36 m2. Será un espacio impermeable. El suelo será de cemento. El almacenamiento de los residuos será máximo de 10 horas antes de pasar a su procesamiento.	
	Almacenamiento de Residuos Orgánicos Secos	Acopiar los residuos provenientes del mantenimiento de áreas verdes del distrito (parques y jardines).	Dimensión de 35 m². Espacio abierto sin impermeabilidad. El suelo es de tierra y no tiene ningún recubrimiento.	Contará con un área de 36 m2. Espacio impermeable. El suelo será de cemento.
Almacén de herramientas	Aseguramiento y reserva de las herramientas, equipos y uniformes del personal.	Dimensión de 40 m². Espacio abierto sin impermeabilidad. Está construido a base de triplay.	Se realizará la división adecuada e individual de los espacios. Almacenes individuales de 16 m2 para: equipos, herramientas, áreas particulares para trabajadores. Las paredes de material OCV y techo de calamina roja corrugada, piso de tierra.	

Área de balanza	Tiene como función el pesado y registro de los residuos orgánicos que provienen del distrito.	Dimensión de 9 m ² . La balanza cuenta con un tamaño de 2.5x 2.5 m, y con una carga máxima de 2000 kg.	Implementar y Equipar el área de recepción. Implementar registro digital y manual.
Área de Proceso de Compostaje	Área donde se procesan los residuos orgánicos de manera manual con las fases de pretratamiento, fase 1, fase 2 y fase 3.	Dimensión de 217 m2. El suelo es de tierra, pero cubierto con material impermeable. Cuenta con 16 camas de compostaje. 5 pozos que almacena lixiviados. Cuenta con canales hacia los pozos para el almacenamiento de lixiviados.	Será un espacio impermeable. Suelo de cementado. La función principal es procesar los residuos orgánicos a compost a través del método de la inyección forzada. Tendrá un sistema de tuberías de 4" con 2 válvulas de entrada de aire.
Área de Pre-tratamiento	Los residuos provenientes de las industrias, del mantenimiento de áreas verdes y de los mercados serán dispuestos en la zona de Pretratamiento, en el proceso consiste en que los residuos pierden el mayor volumen posible y peso	Área de Proceso de Compostaje	Se tendrá un área de 256 m2 separadas por espacios de 8 hileras de compostaje de 32 m2. Capacidad de tratar 32.5 ton por cada hilera de compostaje. El suelo tendrá un recubrimiento impermeable de geomembrana para el manejo adecuado de lixiviados y un sistema de tuberías para la inyección forzada. Contará con un recubrimiento de malla raschel negra.
Pozos de lixiviados	Los pozos son los encargados de captar los lixiviados de forma que no genere derrames, esto permitirá posteriormente la recuperación tanto de lodos sedimentados como del lixiviados.	Área de Proceso de Compostaje	El área destinada será de 34.02 m ² siendo. Suelo de cemento. Instalación de 2 pozos con captación de lixiviados de 1100 litros de capacidad cada uno. Un pozo para la recuperación de los lodos, asegurando el mantenimiento de los tanques. Bomba de 0.5 hp.

	Permitirá disponer los residuos orgánicos en los espacios adecuados para su valorización en un periodo de tres meses.	No cuenta con instalación propia	Adecuación de sistema de tuberías de 4" con 2 válvulas de entrada de aire.
Área de valorización	Permitirán la recuperación de los lixiviados ya que tienen un grado de elevación de 10 cm para la escorrentía. Minimizar la labor de los trabajadores permitiendo una buena segregación y homogeneización del material.		Los trabajadores en coordinación con el supervisor serán encargados del manejo de la inyección de aire. Capacitación e instrucciones específicas antes, durante y después de la inyección de aire.
Cambiadores	Espacio donde los trabajadores puedan cambiarse y asearse.	No cuenta con instalación	Baños con lavaderos. Casilleros o espacios privados para los trabajadores.
Oficina	Espacio donde se realizará trabajos administrativos, reuniones y almacenamiento de equipos de valor, que requieran mayor seguridad.	No cuenta con instalación	Espacio de 16 m2 Las paredes serán de material OCV y el techo de calamina roja corrugada, el piso será de tierra.

Elaboración propia

Seguidamente se muestra una tabla donde se especifican las etapas y/o procesos de elaboración de compostaje, el objetivo de cada una y la situación actual así como la propuesta de mejoramiento de estas.

TABLA III

Procesos de elaboración de compostaje

PROCESOS DE ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE			
ETAPAS Y/O PROCESOS	OBJETIVO	CARACTERISTICAS	
		SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Recolección de Residuos Sólidos	Recolectar de diferentes fuentes de generación los residuos orgánicos que se derivarán de las industrias, mercados y del mantenimiento de las áreas verdes del distrito.	Mercado mayorista CONZAC (residuos orgánicos de origen vegetal). Anexo de Figuras (Figura 6)	Los residuos se dispondrán en la zona de acopio de residuos manejados por el personal del mercado capacitado.	Pesado	Tiene como finalidad tener un registro de entrada del material.	Pesado en balanza para registro.	Se dispondrán en el área de tratamiento de residuos orgánicos y procederá con su segregación.
		Empresa industrial COFACO (residuos orgánicos proveniente del establecimiento de comida).	El personal operativo de la municipalidad deberá solicitar a los comerciantes participantes los residuos orgánicos ya separados.				Se dispondrán los residuos inorgánicos en bolsas de basura para su posterior eliminación.
		Campañas.	Los residuos provenientes de industrias de la zona del comedor serán dispuestos en tachos herméticos de color marrón según la NTP 900.058.2019.	Segregación	Tiene como finalidad separar correctamente los distintos tipos de materiales que se recepcionan en la planta, para definir cuales pasan al proceso de compost y cuáles no. esto con el fin de minimizar las impurezas provenientes del material orgánico.	Peso promedio diario de 1.3 a 1.5 toneladas.	Elaboración de una hoja de registro diario.
		Industrias.	Los residuos provenientes de las campañas de sensibilización serán inorgánicos. Se darán capacitaciones de cómo generar compostaje de forma artesanal en sus propios domicilios, a través del método de la lombricultura.			35 a 40 kg de residuos inorgánicos entre aprovechables y no aprovechables.	Se buscará una buena segregación en la fuente y recolección selectiva.
Transporte de Residuos Sólidos	El transporte de los residuos provenientes del distrito estará a cargo de la Municipalidad de Los Olivos.	Mantenimiento de áreas verdes y jardines.	Los residuos provenientes de las campañas de sensibilización serán inorgánicos. Se darán capacitaciones de cómo generar compostaje de forma artesanal en sus propios domicilios, a través del método de la lombricultura.	Pretratamiento Manejo de lixiviados y Recirculación de agua	Tiene como finalidad que los residuos pierdan el mayor volumen posible y peso, ya que es aquí donde se generan mayor cantidad de lixiviados.	Los residuos orgánicos consisten en su mayoría botellas PET y Cartones.	Los generadores deben cumplir con la segregación en la fuente, puesto que, su buen manejo permitirá que los procesos siguientes minimicen su tiempo de involucramiento como en la etapa de segregación
		Recolección en contenedores y/o tachos herméticos.	Se harán campañas de inclusión de recojo selectivo. Para que más empresas e industrias formen convenio con la municipalidad.			Los residuos inorgánicos no aprovechables consisten en su mayoría bolsas plásticas son dispuestos en bolsas negras de basura.	
		Cantidad de residuos recolectados por año.	Se debería evaluar la inclusión de viviendas y restaurantes.			Se genera aproximadamente 0.5 m3/día de lixiviados.	Los lixiviados serán captados por una canaleta, tendrá un diámetro de 10 cm por donde el lixiviado llegará a los pozos de lixiviación.
						Los lixiviados son dispuestos en los pozos.	Para la recirculación de agua será utilizar una bomba de 0.5 hp, siendo esta responsable de drenar los pozos diariamente.
Transporte de Residuos Sólidos	El transporte de los residuos provenientes del distrito estará a cargo de la Municipalidad de Los Olivos.	Se cuenta con 2 camiones y con cuatro operarios en cada vehículo además de una ruta establecida para el traslado del material.	Se destinará personal exclusivo solo para el recojo y transporte de residuos orgánicos a la Planta de Compostaje.	Pretratamiento Manejo de lixiviados y Recirculación de agua	Tiene como finalidad que los residuos pierdan el mayor volumen posible y peso, ya que es aquí donde se generan mayor cantidad de lixiviados.	Posteriormente dispuestos en el humedecimiento de las pilas de compostaje.	
		Recolección de residuos son por días y horas para cada punto:	La recolección de residuos orgánicos será de forma diaria (a excepción los domingos) a las 5 pm, solo los jueves y viernes recogerán dos veces por día, 11 am y 5 pm, en todos los puntos.				
		Conzac (lunes, martes y miércoles 5 pm, jueves y viernes 11 am y 5 pm)	Para los puestos de juguerías, la municipalidad tendrá a disposición una moto-furgoneta que recogerá en una ruta los residuos orgánicos producidos los días lunes, miércoles y viernes de 11 am a 12 pm.				
		Cofaco, jueves 3 pm.					

Métodos de Producción de compost

Método de tratamiento del compostaje es a través del volteo manual.

FASE 1: Consiste en la degradación intensiva del proceso de tratamiento de los residuos, tiene la característica de llegar hasta los 70°C.

Los procesos de aireación se realizan por el método de volteo manual con el fin de homogeneizar el compostaje y mejorar la degradación del proceso.

Tiene una duración de 1 mes con 1 volteo cada 15 días.

FASE 2: consiste en la oxigenación por volteo manual, en esta fase se incluirá el suministro de agua o lixiviado que se generó en los 2 procesos anteriores, ya que la humedad debe estar entre el 50 al 60 %.

Tiene un tiempo de duración de 45 días.

FASE 3 O TAMIZ: consiste en la maduración del material, este proceso tiene una duración de 45 días, donde el material llegará a temperatura ambiente. Con ello se llega a tamizar el material teniendo como producto un compost tamizado y material orgánico no compostable, este material se dispondrá nuevamente en el ciclo de tratamiento.

Se realiza análisis constante de pH, humedad de forma manual (método de puño) y la temperatura con un termómetro para llevar un control de los procesos de degradación, (Guía de FAO).

Método de tratamiento de residuos orgánicos es a través de la inyección forzada.

Acoplamiento de ventiladores y centrifugadores; responsables de acelerar el proceso de tratamiento inyectando oxígeno en grandes cantidades.

Los residuos pasarán tres meses en reposo, en donde un residuo orgánico pasa a ser compost

Espacios que permiten la recuperación de los lixivios.

La inyección de aire será todos los días siendo el parámetro de temperatura su controlador de tiempo de inyección.

Permitirá que el personal no tenga contacto con los vapores que se generan en primera fase ya que los volúmenes de CO2 serán mayores a CH4.

La capacidad de tratamiento de residuos orgánicos por forma trimestral será de aproximadamente de 259.92 ton con unas dimensiones de 8m largo, 3.9m de ancho y 1.8m de altura por cada hilera de compostaje.

La proyección anual será de 1039.68 ton en tratamiento de residuos orgánicos.

Características relevantes en los métodos de Producción de compost

Describir las desventajas del método del volteo manual, ante las ventajas del método por inyección forzada.

Genera malestar a los trabajadores que no tienen relación con el manejo.

Ante una mala homogenización de oxigenación genera proliferación de bacterias anaeróbicas incurriendo que el material se compacte y se emita gases de olor desagradable.

Los residuos de verduras tienen un 90% de humedad, esto da paso a la generación de lixivios ya que no se cuenta con un sistema de drenaje estructurado, estos líquidos pasan por un material impermeable hasta llegar a los pozos. Parte de este líquido se infiltra en la tierra formando barro.

Los barros generados se sedimentan dificultando la limpieza y mantenimiento de los pozos.

En el drenaje del lixiviado a través de bombas de agua, absorbe el barro malogrado la bomba dificultando su funcionamiento.

Disminuyendo la mano de obra.

La Planta de Compostaje contaría con infraestructura básica como vías de acceso, áreas de descarga y compactación de residuos, sistemas de drenaje de lixivios y captación de gases, así como personal y equipos adecuados para su operación y mantenimiento.

Se garantiza que la Planta de Compostaje cumpla con todas las regulaciones y normativas ambientales y de salud vigentes en Lima y el Perú, incluyendo disposiciones sobre gestión de residuos sólidos, protección ambiental y seguridad ocupacional.

Se analiza el costo operativo del relleno sanitario, incluyendo gastos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos, así como su viabilidad económica y sostenibilidad financiera a largo plazo.

Seguidamente en la siguiente tabla, se detalla el equipamiento (herramientas y equipos) de la planta de tratamiento los cuales forman parte de la situación actual. Además, se realiza un listado de los materiales, equipos y herramientas sugeridas para complementar el equipamiento para las operaciones y mantenimiento.

EQUIPAMIENTO ACTUAL DE PLANTA DE COMPOSTAJE		
Herramientas y equipos	Funciones	Cantidad
Trinche	Remover material que se esté compactando	3
Lampa de cuchara	Levantamiento de material ya compostado, también para llenar los sacos de compost.	5
Lampa carbonera	Su función es levantar material.	4
Zapa	Sirve para el movimiento del material de forma más rápida.	2
Carretillas	Movimiento de material de volúmenes mayores.	3
Bomba de agua	Cumple la función de la extracción de los lixiviados de los pozos, con un caudal de 30 l/m.	1
Medidor de PH	Tiene la función de asegurar si el proceso está en la etapa correcta del tratamiento.	1
Termómetro	Su función es medir la temperatura de las camas de compostaje.	1
PROPUESTA DE MEJORA		
Herramientas y equipos	Funciones	Cantidad
Ventilador Centrifugador de 4hp	Para sistema de inyección forzada.	1
Tubería de 4" PVC	Para sistema de inyección forzada (entrada de aire).	32
Válvula de paso de 4" de PVC	Para sistema de inyección forzada (entrada de aire).	23
Tubo en T de 4" PVC	Para sistema de inyección forzada.	16
Codo de 4" PVC	Para la unión de tuberías del sistema de inyección forzada.	3
Malla Rachel de oscuridad	Para recubrimiento.	1
Palo de madera (eucalipto)	Para el armado de almacenes u otras áreas.	27
Calamina corrugada Roja	Para techado de almacenes y áreas cerradas.	8

OSB plancha	Para el armado de paredes de almacenes.	10
Material de cobertura impermeable	Para la recepción de lixiviados.	1
Cemento	Para pisos.	5
Hoja de cierra para tuberías	Para cortes de tuberías.	5
Pegamento de PVC 1 gl	Para la unión de tuberías.	1
Esmalte Blanco 1gl	Para superficies de paredes.	2
Clavo 2 "	Para armado de almacenes.	1
Bisagra de 3"	Para puertas de almacenes.	6
Bisagra de 1"	Para puertas de almacenes.	12
Elaboración Propia		

Finalmente, en la siguiente tabla se plantea algunos aspectos relevantes que se debe implementar y/o reforzar dentro del plan de mejoramiento de la planta de compostaje, ya que permitirán abrir la oportunidad de acoplar a la población en el objetivo general que es el cuidado y protección del medio ambiente a través de prácticas ambientales.

Continuando con el desarrollo del presente capítulo, a continuación, se presentan los resultados obtenidos al determinar los compuestos del producto final antes y después de la propuesta de plan de mejoramiento de los procesos de compostaje de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Los Olivos. Sumado a ello se agregó dos columnas de valores establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuyos rangos son considerados normales para un compost comercial y rangos establecidos por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) – Iquitos.

De la tabla anterior, se observa que en parámetros como color, olor y textura están dentro de los ideales para ambos métodos de elaboración de compost siendo en el compost propuesto ligeramente mejor al de la situación actual.

De este modo y con los resultados obtenidos al hacer la comparación con la normativa de la OMS nos arroja que nuestro compost elaborado ANTES de la propuesta de mejoramiento CUMPLE con los rangos establecidos en los parámetros de calidad en las siguientes características: % de humedad, tamaño de partículas, pH, % N, % P, % K y % Ca, Por otro lado, NO CUMPLE en % M.O.

Mientras tanto, el análisis obtenido en comparación con los rangos establecidos por IIAP, CUMPLE en pH, C.E, % N, % P y % Ca, mientras que NO CUMPLE en % K y % Mg.

TABLA V
 Aspectos importantes en la propuesta de mejoramiento de la planta de compostaje

ASPECTO	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO
Monitoreo y seguimiento	Tiene como finalidad hacer cumplir con los procesos de elaboración de compost, de tal modo obtener el producto final sin comprometer al personal antes accidentes, incidentes o fallas.	A LOS GENERADORES: deben cumplir con la segregación en la fuente, puesto que, su buen manejo permitirá que los procesos siguientes minimicen su tiempo de involucramiento como en la etapa de segregación. - El personal encargado (operario /supervisor) deberá verificar de forma visual si el generador está cumpliendo. - De no ser el caso se procederá a indagar las causas de una mala segregación. - La municipalidad deberá plantear estrategias de capacitación y manejo adecuado de los residuos generados de ser el caso. A LOS OPERARIOS DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE: El personal deberá cumplir con sus obligaciones o labores diarias ya establecidas por el supervisor. Se evaluará tanto el peso diario de los residuos por documentación como la limpieza del lugar de forma visual. A LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS: La Municipalidad a través de la Gerencia de Gestión Ambiental siendo encargado de la Planta de Compostaje deberá solicitar al supervisor la documentación y el reporte de entradas y salidas de los residuos orgánicos y compostaje respectivamente.
		Realizar constantemente sensibilización y capacitación sobre reciclaje, segregación en la fuente y almacenamiento de Residuos Sólidos. Realizar campañas con incentivos para promover la participación poblacional en el reciclaje. Hacer participe a las instituciones educativas para educar a los niños, adolescentes y jóvenes en una cultura ambiental.
Programas de sensibilización y capacitación	Con el objetivo de incentivar la cultura y buenas prácticas ambientales la población pretende ejecutar estrategias de minimización de residuos sólidos. Buscando una buena segregación en la fuente y recolección selectiva.	

Elaboración propia

Por otro lado, la tabla anterior, también muestra los valores obtenidos en el análisis del compost elaborado DESPUÉS de la propuesta de mejoramiento, que en comparación la normativa de la OMS, donde se CUMPLE con los rangos establecidos en todos los parámetros de calidad: % de humedad, tamaño de partículas, pH, % M.O, % N, % P, % K y % Ca.

No obstante, los valores obtenidos al compararlos con los rangos establecidos por IIAP, CUMPLE en todos los parámetros pH, C.E, % N, % P, % K, % Ca y % Mg.

Finalmente, dando respuesta al tercer objetivo específico se realizó la encuesta planteada para determinar el nivel de conocimiento y manejo de residuos sólidos orgánicos por parte de los trabajadores de la planta de compostaje de la Municipalidad distrital de Los Olivos.

TABLA VI
 Análisis de compost obtenido antes y después de la propuesta de mejoramiento de la planta de compostaje

COMPUESTOS	UNIDAD DE MEDIDA	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO		RANGOS ESTABLECIDOS	
		ANTES	DESPUES	OMS*	IIAP*
Humedad (H)	%	48.5	36.1	30 - 50	-
Tamaño de partículas (T.P)	mm	5	3	2 - 10	-
Color	-	Marrón oscuro	Negro	-	-
Olor	-	Tierra húmeda	Tierra húmeda	-	-
Textura	-	Suelta	Suelta y granulosa	-	-
Potencial de hidrógeno (pH)	-	6.8	7.4	6 - 9	7.0 - 8.3
Conductividad Eléctrica (C.E)	dS/m	1.9.	2.3	-	2 - 4
Materia orgánica (M.O)	%	24.9	34.2	25 - 50	-
Nitrógeno (N)	%	0.98	1.14	0.4 - 3.5	0.8 - 1.5
Fosforo (P)	%	0.87	0.98	0.3 - 3.5	0.4 - 1
Potasio (K)	%	1.71	1.39	0.5 - 1.8	0.6 - 1.5
Calcio (Ca)	%	4.57	3.86	1.5 - 7.0	2 - 6
Magnesio (Mg)	%	0.13	0.44	-	0.2 - 0.7
Sodio (Na)	%	0.23	0.14	-	-
Zinc (Zn)	ppm	108.50	195.0	-	-
Hierro (Fe)	ppm	560	870	-	-

Elaboración propia

*Organización Mundial de la Salud

*Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

IV. DISCUSIONES

En base al primer objetivo del estudio, que busca determinar las diferencias entre los procesos actuales y las modificaciones propuestas en el plan de mejoramiento para el compostaje de residuos sólidos orgánicos en Los Olivos, se evidenció que la situación actual presenta deficiencias en infraestructura y gestión de residuos. El plan propuesto, sustentado en teorías de gestión sostenible de residuos, plantea modernizar los procesos mediante tecnologías avanzadas y promover la participación ciudadana a través de programas educativos, alineándose con [16], quien identificó similares deficiencias en la gestión de residuos orgánicos en Gallito Ciego.

La implementación del método de inyección forzada, frente al volteo manual, se destaca como un avance significativo, reduciendo tiempos de descomposición y riesgos laborales, como también lo sugieren [35] al evaluar el impacto del flujo de aire en el compostaje. Además, [6] resaltan que la aireación forzada podría incrementar la eficiencia del proceso, aunque estudios como los de [39] y [23] advierten sobre la necesidad de considerar factores específicos, como el uso de biochar para mitigar emisiones de gases y la influencia estacional en la eficiencia de la aireación.

[47] aportan una visión crítica, destacando que la aireación forzada y el volteo de pilotes pueden ser eficaces, pero su eficiencia depende de múltiples factores como la composición de residuos y el control de la temperatura y humedad. Estos hallazgos subrayan la importancia de adaptar las técnicas a las condiciones locales para garantizar un compostaje eficiente y sostenible.

En relación al segundo objetivo del estudio, que busca determinar la calidad del compost antes y después de implementar el plan de mejoramiento, se evidenció que, previamente, el compost presentaba deficiencias en parámetros como el contenido de materia orgánica y magnesio. Tras la mejora, el producto final cumplió con los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

Los hallazgos coinciden con el estudio de [20], quien identificó que una tasa de aireación de 0,50 L/(min·kg) de materia orgánica incrementó la fase termófila y la calidad del compost. [37] también respalda esta mejora, destacando que la aireación forzada aumentó significativamente el contenido de nutrientes esenciales. [42] sostiene que este método optimiza la madurez del compost mediante una distribución eficiente del oxígeno.

No obstante, estudios como los de [33] y [19] informaron resultados contrarios, donde el compost urbano no cumplió con los estándares de calidad. [34] también cuestionó la eficiencia energética del compostaje aeróbico, atribuyendo su bajo rendimiento al tipo de residuos utilizados.

El presente estudio también encontró mejoras en la reducción de humedad, tamaño de partículas y ajuste del pH, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes. Esto concuerda con [54], quien evidenció que las propiedades físico-químicas del compost final cumplieron con los estándares prescritos, confirmando su calidad mediante la relación húmico/ácido fúlvico e índice de germinación.

Finalmente, [12] reforzaron la validez del método al evidenciar que el compostaje en mangas con aireación forzada mantuvo condiciones termófilas óptimas, asegurando la calidad agronómica y sanitaria del producto.

En relación al tercer objetivo del estudio, que busca determinar el nivel de conocimiento y manejo de residuos sólidos orgánicos de los trabajadores de la planta de compostaje de la Municipalidad Distrital de Los Olivos.

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada a los trabajadores evidencian una mejora significativa en su nivel de conocimiento y manejo de residuos sólidos orgánicos tras la implementación del plan de mejoramiento. Inicialmente, la mayoría de los trabajadores presentaba niveles de conocimiento entre regulares y bajos, evidenciando deficiencias en su capacitación. Sin embargo, luego de la intervención, se observó un avance notable, ubicándose principalmente en niveles buenos y regulares, lo que refleja un impacto positivo de las estrategias implementadas.

Estos hallazgos coinciden con el estudio de [28], que demostró que la capacitación y educación de los trabajadores en el manejo de residuos sólidos orgánicos genera mejoras significativas en su conocimiento y habilidades. Asimismo, [24] encontraron que la implementación de programas formativos en la industria de residuos sólidos incrementó notablemente las competencias de los empleados en su gestión.

Sin embargo, el estudio de [59] presentó resultados contrastantes, señalando que, en su caso, la capacitación no tuvo un impacto significativo en el nivel de conocimiento de los trabajadores, lo que resalta la importancia de adaptar las estrategias formativas al contexto y perfil del personal involucrado.

En conclusión, los resultados de este estudio subrayan la efectividad de la capacitación en el fortalecimiento de las competencias del personal de la planta de compostaje, en concordancia con la literatura relevante y destacando la necesidad de programas adaptados y continuos para garantizar su éxito a largo plazo.

Finalmente, el análisis de las diferencias entre los procesos actuales y las modificaciones propuestas evidencia que el plan de mejoramiento contribuirá a modernizar y optimizar los procesos de compostaje, fomentando una gestión más eficiente

y sostenible de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Los Olivos.

El estudio de la calidad del producto final antes y después de la implementación de la propuesta demostró que el compost obtenido cumple con los estándares establecidos por las autoridades competentes, garantizando su uso seguro y eficaz en la agricultura y la jardinería.

Asimismo, el análisis del nivel de conocimiento y manejo de residuos sólidos orgánicos de los trabajadores de la planta de compostaje reveló que la propuesta tuvo un impacto positivo en su capacitación, mejorando significativamente su capacidad para gestionar los residuos sólidos orgánicos de forma segura y eficiente.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación del plan de mejoramiento en la planta de compostaje de la Municipalidad Distrital de Los Olivos ha generado un impacto significativo en el proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos. Esta propuesta, que integra tecnologías avanzadas, mejoras en la infraestructura y métodos innovadores como la inyección forzada de aire, ha modernizado y optimizado los procesos, incrementando su eficiencia. Además, la promoción de la participación ciudadana mediante programas de sensibilización y educación ambiental ha fomentado una mayor conciencia ecológica y compromiso comunitario.

El compost producido tras la implementación cumple con los rangos de calidad establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), garantizando su seguridad y eficacia para la agricultura y la jardinería. Esta mejora se refleja en una reducción del porcentaje de humedad, un tamaño de partícula uniforme y un pH ajustado a niveles óptimos, lo que incrementa la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Además, el aumento en el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio consolida al compost como un insumo agrícola de alta calidad.

Asimismo, se ha evidenciado una mejora significativa en el nivel de conocimiento y manejo de residuos sólidos orgánicos por parte de los trabajadores. Las capacitaciones implementadas como parte del plan han logrado elevar sus competencias, pasando de niveles deficientes a óptimos, lo que evidencia la efectividad de la propuesta en la formación técnica del personal.

En síntesis, el plan de mejoramiento ha tenido un impacto integral al modernizar los procesos, mejorar la calidad del compost producido y fortalecer las capacidades del personal, constituyendo un modelo replicable para la gestión sostenible de residuos sólidos orgánicos en otras municipalidades.

REFERENCIAS

- [1] Manuscript Templates for Conference Proceedings, IEEE. http://www.ieee.org/conferences_events/conferences/publishing/templates.html
- [2] Abreu, J. L. (2014). El método de la investigación Research Method. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195-204. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- [3] Agudelo, G., Aigner, M., & Restrepo, J. R. (2008). Experimental y no-experimental. *La sociología en sus escenarios*, (18). file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/6545-Texto%20del%20art_culo-18165-1-10-20100825.pdf
- [4] Ajmal, M., Aiping, S., Awais, M., Ullah, M. S., Saeed, R., Uddin, S., ... & Zihao, X. (2020). Optimization of pilot-scale in-vessel composting process for various agricultural wastes on elevated temperature by using Taguchi technique and compost quality assessment. *Process Safety and Environmental Protection*, 140, 34-45. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.001>
- [5] Alarcón Vargas, M., & Ramos Ordoñez, A. R. (2021). Diseño de una planta de valorización de residuos orgánicos generados en los mercados de abasto del distrito de Wanchaq, Cusco 2020.
- [6] Almeida, N., Komilis, D., Barrena, R., Gea, T., & Sánchez, A. (2015). The importance of aeration mode and flowrate in the determination of the biological activity and stability of organic wastes by respiration indices. *Bioresource technology*, 196, 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.102>
- [7] Álvarez-Palomino, L., Vargas-Bayona, J. E., & García-Díaz, L. K. (2018). Abono orgánico. *Spei Domus*, 14(28-29), 1-10. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2018.01.04>
- [8] Arandes, J. A. T. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen. *Provincia*, (29), 135-173. <https://www.redalyc.org/pdf/555/55530465007.pdf>
- [9] Arias-Gómez, J., Villasis-Keever, M. Á., & Novales, M. G. M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- [10] Avellaneda Enriquez, F. X. E. (2019). Protocolo para la producción de compost de residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018. <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/226>
- [11] Azim, K., Komenane, S., & Soudi, B. (2017). Agro-environmental assessment of composting plants in Southwestern of Morocco (Souss-Massa Region). *International journal of recycling organic waste in agriculture*, 6(2), 107-115. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0157-7>
- [12] Avidov, R., Saadi, I., Krassnovsky, A., Hanan, A., Medina, S., Raviv, M., ... & Laor, Y. (2017). Composting municipal biosolids in polyethylene sleeves with forced aeration: Process control, air emissions, sanitary and agronomic aspects. *Waste Management*, 67, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.035>
- [13] Bärnighausen, T., Oldenburg, C., Tugwell, P., Bommer, C., Ebert, C., Barreto, M., ... & Vollmer, S. (2017). Quasi-experimental study designs series—paper 7: assessing the assumptions. *Journal of clinical epidemiology*, 89, 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.02.017>
- [14] Bian, B., Hu, X., Zhang, S., Lv, C., Yang, Z., Yang, W., & Zhang, L. (2019). Pilot-scale composting of typical multiple agricultural wastes: Parameter optimization and mechanisms. *Bioresource technology*, 287, 121482. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121482>
- [15] Bonoli, A., Zanni, S., & Awere, E. (2019). Organic waste composting and sustainability in low-income communities in Palestine: lessons from a pilot project in the village of Al Jalameh, Jenin. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(3), 253-262. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0264-8>
- [16] Burga Cieza, J. J. (2022). Plan de manejo para mejorar la gestión de residuos orgánicos del campamento Gallito Ciego, 2022. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/100691/Burga_CJJ%20-%20SD.pdf?sequence=4

- [17] Cajahuanca Figueroa, S. A. (2016). Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp.) en el proceso de compostaje en la Central Hidroeléctrica Chaglla. <http://distancia.udh.edu.pe/handle/123456789/58>
- [18] Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- [19] Chelinho, S., Pereira, C., Breitenbach, P., Baretta, D., & Sousa, J. P. (2019). Quality standards for urban waste composts: The need for biological effect data. *Science of the Total Environment*, 694, 133602. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133602>
- [20] Chen, Z., Zhang, S., Wen, Q., & Zheng, J. (2015). Effect of aeration rate on composting of penicillin mycelial dreg. *Journal of Environmental Sciences*, 37, 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.03.020>
- [21] Córdova, L. (2016). Propuesta de mejora del proceso de compostaje de los residuos orgánicos, generados en la actividad minera, empleando microorganismos eficientes Unidad Minera del Sur. <https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstreams/d70acba5-e6e7-4482-8587-3cd4bf2b8608/download>
- [22] Cortinas, C. (2018). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte. Obtenido de <http://cristinacortinas.org/sustentabilidad/entradas/caracterizacion-y-gestion-delos-residuos-organicos-en-america-del-norte-informe-sintetico/>
- [23] Da Silva Vilela, R. N., Orrico, A. C. A., Junior, M. A. P. O., Borquis, R. R. A., Tomazi, M., de Oliveira, J. D., ... & Leite, B. K. V. (2022). Effects of aeration and season on the composting of slaughterhouse waste. *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102505. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102505>
- [24] Debrah, J. K., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P. (2021). Raising awareness on solid waste management through formal education for sustainability: A developing countries evidence review. *Recycling*, 6(1), 6. <https://doi.org/10.3390/recycling6010006>
- [25] Decreto Legislativo N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1278/>
- [26] Del Consuelo Hernández-Berriel, M., Aguilar-Virgen, Q., Taboada-González, P., Lima-Morra, R., Eljaiek-Urzola, M., Márquez-Benavides, L., & Buenrostro-Delgado, O. (2017). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32, 11-22. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.02>
- [27] FAO (2013). Manual de compostaje del agricultor. <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>
- [28] Gebrekidan, T. K. (2024). Environmental education in Ethiopia: History, mainstreaming in curriculum, governmental structure, and its effectiveness: A systematic review. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30573>
- [29] Gonzales, A. (2016). Alternativas y retos para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en municipios medianos: el caso de Xicotepec, Puebla. Colegio de la Frontera del Norte, Tijuana México.
- [30] Gutiérrez M., D. R. (2017). Gestión Integral de los Residuos Sólidos Domiciliarios para mejorar la calidad ambiental urbana en el Distrito de Piura – 2017.
- [31] Huamaní Montesinos, C., Tudela Mamani, J. W., & Huamaní Peralta, A. (2020). Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca-Puno-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 106-115. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572020000100106&script=sci_arttext
- [32] Llerena, E. F., Urcia, G. K., & Merino, D. C. (2011). ¿Tiene sentido educar para reciclar residuos sólidos y no hacerlo? El caso de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Revista de Química*, 25(1-2), 38-41. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4738/4739>
- [33] Marmolejo-Rebellón, L. F., Oviedo-Ocaña, E. R., & Torres-Lozada, P. (2020). Organic waste composting at Versalles: an alternative that contributes to the economic, social and environmental well-being of stakeholders. *Organic Waste Composting through Nexus Thinking: Practices, Policies, and Trends*, 147-164. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36283-6_7
- [34] McKenzie, I., Diana, S., Jaikishun, S., & Ansari, A. (2022). Comparative review of aerobic and anaerobic composting for the reduction of organic waste. *Agricultural Reviews*, 43(2), 234-238. <https://doi.org/10.18805/ag.R-191>
- [35] Mejias, L., Komilis, D., Gea, T., & Sánchez, A. (2017). The effect of airflow rates and aeration mode on the respiration activity of four organic wastes: Implications on the composting process. *Waste Management*, 65, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.008>
- [36] MICHEL, Frederick, et al. Forced aeration composting, aerated static pile, and similar methods. En *The composting handbook*. Academic Press, 2022. p. 197-269. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85602-7.00007-8>
- [37] Michel, F., O'Neill, T., Rynk, R., Gilbert, J., Smith, M., Aber, J., & Keener, H. (2022). Forced aeration composting, aerated static pile, and similar methods. In *The composting handbook* (pp. 197-269). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85602-7.00007-8>
- [38] MINAM (2016). Residuos y áreas verdes. <https://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-2.-Texto-de-consulta-M9c3%b3dulo-2.pdf>
- [39] Ottani, F., Parenti, M., Santunione, G., Moscatelli, G., Kahn, R., Pedrazzi, S., & Allesina, G. (2023). Effects of different gasification biochar grain size on greenhouse gases and ammonia emissions in municipal aerated composting processes. *Journal of Environmental Management*, 331, 117257. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117257>
- [40] Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 35(1), 227-232. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext
- [41] Oviedo-Ocaña, E. R., Marmolejo-Rebellón, L. F., & Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(1), 3142. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140577432017000100031&script=sci_arttext
- [42] Pajura, R. (2024). Composting municipal solid waste and animal manure in response to the current fertilizer crisis-a recent review. *Science of The Total Environment*, 912, 169221. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169221>
- [43] Prothero, L., Barley, E., Galloway, J., Georgopoulou, S., & Sturt, J. (2018). The evidence base for psychological interventions for rheumatoid arthritis: a systematic review of reviews. *International journal of nursing studies*, 82, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2018.03.008>
- [44] Quesada, J. R. J. (2017). *Variabilidad y caracterización temporal y posicional del compostaje de residuos municipales* (Doctoral dissertation, Universidad de Jaén). <https://core.ac.uk/reader/288163490>
- [45] Quintero Rivera, Y. A. (2021). Evaluación de la eficiencia de un sistema de aireación forzada para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la planta de compostaje de “goleros” en el municipio Popayán, Cauca (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria). <https://repositorio.uniautonomo.edu.co/handle/123456789/620>
- [46] Quispe Estela, J. J. (2019). Propuesta de implementación de una planta de compostaje a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz-Cajamarca; para el cultivo de granadilla orgánica. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1927>
- [47] Rasapoor, M., Adl, M., & Pourazizi, B. (2016). Comparative evaluation of aeration methods for municipal solid waste composting from the perspective of resource management: A practical case study in Tehran, Iran. *Journal of Environmental Management*, 184, 528-534. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.029>
- [48] Rodrigues Nancy <https://blog.hubspot.es/sales/plan-de-mejora> 22 de junio de 2023