



## Estudio de prefactibilidad para el diseño de una planta de compostaje en Perú

ARTÍCULO ORIGINAL

Pre-feasibility study for the design of a composting plant in Peru

Estudo de pré-viabilidade para o projeto de uma usina de compostagem no Peru



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.194>

Luis Edgardo Cruz Salinas<sup>1</sup>  
lcruz@ucv.edu.pe

Hugo Daniel García Juárez<sup>1</sup>  
hgarcia@ucv.edu.pe

Jannie Caroll Mendoza Zuta<sup>2</sup>  
jannie.mendoza@unj.edu.pe

Ricardo Antonio Armas Juárez<sup>3</sup>  
rarmasj@unp.edu.pe

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo. Chepen, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú

Artículo recibido el 21 de agosto 2022 / Arbitrado el 22 de septiembre 2022 / Publicado el 9 de enero 2023

### RESUMEN

Las cifras de la producción de desechos a nivel mundial aumentan constantemente, estos desechos vertidos en el ambiente, sin ningún tratamiento, ocasionan contaminación, deterioro de los ecosistemas y se convierten en una amenaza para la salud y bienestar de la población. Sin embargo, si estos desechos son sometidos a tratamientos de transformación y reciclaje se pueden convertir en productos inocuos y con beneficio económico. En el distrito Pueblo Nuevo, en Perú, no existe una planta de tratamiento de residuos sólidos, el objetivo es realizar un estudio de prefactibilidad para el diseño e implementación de una planta de compostaje de residuos orgánicos que atienda las necesidades en este distrito. La población estuvo constituida por 3734 viviendas, la muestra calculada fue de 64 viviendas. La técnica para la recolección de los datos fue la encuesta y el instrumento un cuestionario estructurado. El estudio de prefactibilidad contempló el análisis de tres aspectos: el entorno y Mercado, Técnico, Económico y Financiero. Como resultados se puede generalizar que las familias de la muestra consideran la necesidad de mejorar el servicio de recolección y transporte de los residuos y aceptan la creación de la planta de compostaje. Los residuos orgánicos representan un 53,98% de la totalidad de los desechos. El estudio económico financiero determinó que la planta de tratamiento es sustentable. Se concluye que el análisis de prefactibilidad es positivo demostrando la viabilidad de la creación de la planta de tratamiento como alternativa para usar los residuos sólidos generados en el distrito de Pueblo Nuevo.

**Palabras clave:** Prefactibilidad; Residuos sólidos; Residuos orgánicos; Planta de compostaje; Reciclaje

### ABSTRACT

The figures of waste production worldwide are constantly increasing, these wastes dumped in the environment, without any treatment, cause pollution, deterioration of ecosystems and become a threat to the health and welfare of the population. However, if these wastes are subjected to transformation and recycling treatments, they can be converted into innocuous and economically beneficial products. In the district of Pueblo Nuevo, Peru, there is no solid waste treatment plant. The objective is to carry out a pre-feasibility study for the design and implementation of an organic waste composting plant to meet the needs of this district. The population consisted of 3,734 households; the calculated sample was 64 households. The data collection technique was a survey and the instrument was a structured questionnaire. The prefeasibility study included the analysis of three aspects: environment and market, technical, economic and financial. As results, it can be generalized that the families in the sample consider the need to improve the waste collection and transportation service and accept the creation of the composting plant. Organic waste represents 53.98% of the total waste. The economic-financial study determined that the treatment plant is sustainable. It is concluded that the pre-feasibility analysis is positive demonstrating the viability of the creation of the treatment plant as an alternative for using the solid waste generated in the district of Pueblo Nuevo.

**Key words:** Pre-feasibility; Solid waste; Organic waste; Composting plant; Recycling

### RESUMO

Os números da produção de resíduos em todo o mundo estão aumentando constantemente, esses resíduos despejados no meio ambiente, sem qualquer tratamento, causam poluição, deterioração dos ecossistemas e se tornam uma ameaça para a saúde e o bem-estar da população. Entretanto, se esses resíduos forem submetidos a tratamentos de transformação e reciclagem, eles podem ser convertidos em produtos inofensivos e economicamente benéficos. No distrito de Pueblo Nuevo, Peru, não existe nenhuma estação de tratamento de resíduos sólidos. O objetivo é realizar um estudo de pré-viabilidade para o projeto e implementação de uma estação de compostagem de resíduos orgânicos para atender às necessidades deste distrito. A população consistia de 3734 domicílios, a amostra calculada foi de 64 domicílios. A técnica de coleta de dados foi uma pesquisa e o instrumento foi um questionário estruturado. O estudo de pré-viabilidade incluiu a análise de três aspectos: ambiental e de mercado, técnico, econômico e financeiro. Como resultados, pode-se generalizar que as famílias da amostra consideram a necessidade de melhorar o serviço de coleta e transporte de resíduos e aceitam a criação da usina de compostagem. Os resíduos orgânicos representam 53,98% do total de resíduos. O estudo econômico-financeiro determinou que a usina de tratamento é sustentável. Conclui-se que a análise de pré-viabilidade é positiva, demonstrando a viabilidade da criação da estação de tratamento como uma alternativa para o uso dos resíduos sólidos gerados no distrito de Pueblo Nuevo.

**Palavras-chave:** Pré-viabilidade; Resíduos sólidos; Resíduos orgânicos; Estação de compostagem; Reciclagem

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento inadecuado de los residuos orgánicos es un problema social y de salud pública, la contaminación del ambiente por estos desechos afecta el aire, el suelo y el agua, ya que produce: malos olores, proliferación de gérmenes productores de enfermedades y lixiviados que contaminan las fuentes hídricas. El informe del Banco Mundial (1), en el 2018, alerta que, si no se toman medidas urgentes, para el año 2050, los desechos en el planeta aumentarán en un 70%. La causa es el crecimiento poblacional y la rápida urbanización, como consecuencia la generación de desechos a nivel mundial aumentará hasta alcanzar la cifra de 3400 millones de toneladas.

La generación promedio de residuos varía sustancialmente de un país a otro, de 0,11 kilogramos per cápita por día a 4,54 kilogramos per cápita por día, siendo los países desarrollados los mayores productores de residuos (2). Al respecto, Kaza (3) reportan que, en promedio, más del 50% del total de los residuos per cápita generados en América Latina son de origen orgánico y provienen de los alimentos, la poda y jardín. No obstante, el porcentaje por país es muy variable y en algunos llega hasta un 70%. Por otra parte, la infraestructura necesaria para la gestión, el aprovechamiento y la disposición final de los residuos no crece a la misma velocidad que su generación. Según los datos del Banco Mundial, Latinoamérica es la región que menos recicla del mundo, en total,

solo un 4,5% de su basura (4). En este orden de ideas Residuos Profesionales (5), agrega que el reciclaje en América Latina recae sobre todo en el sector informal, un grupo de personas sin organización, que recogen materiales en la calle para venderlos y obtener algún dinero.

El tema de la generación y transformación de desechos es de interés mundial, al respecto la Organización de las Naciones Unidas (6) en relación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el número 12 plantea la necesidad garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Refiere que el desarrollo y el crecimiento económico de las regiones, a largo plazo, dependen de cómo modifiquen la manera en la que se producen y consumen los productos. Para ello, es necesaria una gestión de los materiales que sea más eficiente y respetuosa con el medio ambiente durante todo el ciclo de vida, desde la producción y el consumo hasta la eliminación. La segunda meta de este objetivo considera, muy importante, la disminución de la pérdida de alimentos en todas las etapas de la cadena de suministro de alimentos.

Al respecto, el especialista del Banco Mundial recomienda gestionar de manera eficiente los residuos alimenticios, para esto es necesario un compromiso real, tanto de la población como de los Estados a través de políticas proactivas para gestionar adecuadamente los desechos. Algunas de sus recomendaciones para detener esta imparable tendencia al alza en la generación de basura

pasan por fomentar el reciclaje, reducir el consumo de plásticos y el de los desechos alimenticios gracias a la educación de la población (7). Esta situación que aqueja a toda la región también se encuentra presente en Perú, convirtiéndose en uno de los principales problemas ambientales en el país.

En Perú, el crecimiento demográfico de la población genera grandes volúmenes de basura, esto aunado a la inadecuada gestión de residuos sólidos produce un desequilibrio ambiental (8). En promedio, los 30 millones de habitantes, en el país, producen 21 mil toneladas de residuos municipales al día. De ese total, más de la mitad de los desechos son materia orgánica como alimentos o vegetales. La directora general de Gestión de Residuos Sólidos del Ministerio del Ambiente (9), Sonia Aránibar, dice que el rol de la ciudadanía es fundamental para generar un consumo responsable y desarrollar principios relacionados a la minimización de los residuos. Agrega, que sólo el 1 % de los residuos municipales que se generan en el país se están recuperando, pero, según estudios técnicos, existe “un alto potencial” de estos que pueden ser reciclados.

Según datos estadísticos del Ministerio de Ambiente, en Perú se expulsan el 83% de los desechos sólidos al ambiente; en los 1834 distritos que componen el país solo operan 10 rellenos sanitarios autorizados para recibir desechos sólidos, estos rellenos se localizan en las ciudades de Lima, Ancash, Junín y Cajamarca (10,11). El distrito en el cual se

desarrolla la investigación es el de Pueblo Nuevo, de la provincia de Chepén, en la región La Libertad, que se ubica en la zona costera al norte de Perú, este distrito no posee un relleno sanitario, ni plantas de tratamiento con autorización estatal. En este distrito existe interés por atender la problemática del tratamiento de los desechos sólidos, ya que en la actualidad el incipiente reciclaje es ejecutado por recicladores artesanales, que llevan a cabo estas actividades de manera informal, sin ningún equipo de protección personal, exponiéndose a enfermedades ocupacionales por focos de contaminación producida por bacterias que se perciben en el entorno de trabajo.

Por estas razones es importante realizar acciones que permitan abordar la problemática de recolección, transporte y tratamiento de los residuos de manera sistematizada. En primer lugar, es conveniente un estudio de prefactibilidad que permita conocer el contexto, identificar el perfil socio cultural de la población y la caracterización de los residuos, en cuanto al tipo y cantidad generada en los hogares y en las actividades comerciales. Esta información es importante para conocer las necesidades que debe atender una planta de tratamiento de desechos. La composición de los residuos sólidos urbanos (RSU) varía según la hora de recolección del día, la región, los niveles de ingresos, el número de habitantes, las actividades económicas y el patrón de consumo (12).

Los estudios de prefactibilidad consisten en un análisis de la fase inicial de un posible proyecto que permiten identificar las debilidades, fortalezas, condiciones y factores que pueden intervenir en el diseño, elaboración e implementación de una propuesta. Contribuyen a conocer la viabilidad en circunstancias reales; así mismo, permite identificar las áreas que necesitan mayor atención para su éxito (13). También permite conocer las oportunidades que ofrece el contexto, es recomendable incluir las características del producto o servicio. De la misma manera, tomar en consideración sus antecedentes históricos, detalles operativos, datos financieros y estados contables, requisitos legales y fiscales, y sus políticas sobre gestión e investigación de mercado (14).

Por lo antes planteado esta investigación se centra en desarrollar las primeras etapas de la factibilidad o prefactibilidad, para el diseño de una planta de compostaje que permita la reducción y reutilización de desechos orgánicos para el Distrito Pueblo Nuevo, en la provincia de Chepén, en Perú. El estudio de prefactibilidad contempló el análisis de tres aspectos: el Entorno y Mercado, Técnico, Económico y Financiero.

El estudio del Entorno y Mercado: consiste en el análisis del ambiente global del proyecto teniendo en cuenta aspectos como: variables geográficas, económicas, sociales, características de la población que estén relacionadas con el producto o servicio como: edad, sexo, estrato socio-económico, composición del hogar, tasa de desempleo, cobertura de salud, estudios,

hábitos de consumo, entre otras. Así mismo, se debe realizar un estudio del sector, en el cual se especifiquen los principales actores de la cadena de valor, gremios empresariales, competidores, entre otros (14).

En relación al estudio de Mercado este se considera una herramienta fundamental para la adquisición y análisis de datos confiables, que permitirán concluir la aceptación o rechazo del producto o servicio, en esta investigación es importante la opinión de la muestra con respecto al servicio de recolección y tratamiento de residuos orgánicos a través de una planta de compostaje. Este estudio básicamente se compone de la cuantificación y determinación de la demanda y la oferta, con una proyección hacia el futuro prospectivo (13). Con esta información se pretende establecer el nivel de aceptabilidad que va a tener el producto o servicio, el medio por el cual va a llegar al consumidor y los ingresos proyectados de acuerdo a la posible demanda de los compradores del producto de la planta de compostaje.

El estudio Técnico tiene como objetivo determinar la función de productividad óptima para utilizar eficiente y eficazmente los recursos que están disponibles para la producción del servicio o producto. Se describen las necesidades de aparatos y máquinas de acuerdo a los procesos de producción y los costes de operación. Un estudio de este tipo determina la viabilidad de la propuesta, está compuesto por: balance de equipos, obras físicas, personal, insumos, tamaño del proyecto, localización y cronograma de actividades (15).

El Estudio Económico y Financiero permite sistematizar la información de carácter monetario, que se obtuvo en las etapas previas, lo cual hace posible el elaborar los cuadros analíticos y antecedentes adicionales para la evaluación del proyecto como también hacer una evaluación sobre sus antecedentes para determinar su rentabilidad (Incluye el Valor Actual Neto – VAN, la Tasa Interna de Retorno – TIR, la ratio Beneficio-Costo – B/C, entre otros). Los análisis económico financieros sirven para: tomar decisiones estratégicas, evaluar los resultados de la organización y analizar los inductores o indicadores de actuación para la toma de acciones proactivas (16).

Esta investigación se fundamentó en experiencias exitosas en el diseño e implementación de plantas de tratamiento de residuos orgánicos para obtener y comercializar el compost en Perú; entre ellas se pueden mencionar las investigaciones de Dávila (17), en el distrito de Rioja; Campana (18) en la provincia de Urubamba-Cusco y Cachay (8) en la provincia de Chiclayo. Los resultados de estos autores coinciden en determinar que el compostaje es una alternativa de solución para el tratamiento de los residuos orgánicos, ya que permite obtener beneficios económicos con la comercialización del compost para atender la demanda de fertilizantes orgánicos en la agricultura, jardinería y mantenimiento de parques.

Se entiende el proceso de compostaje como la degradación de los residuos orgánicos bajo

condiciones controladas que tiene por finalidad transformar la materia orgánica en compuestos estables. El producto final se denomina compost o material compostado. De acuerdo a criterios internacionales el compost debe poseer ciertas características organolépticas, físicas y químicas, sin embargo, por ser un producto natural no tiene una composición química constante. Algunos de estos valores según Bongkam (19) son Materia orgánica 65 – 70 %, Humedad 40 – 45 %, Nitrógeno, como N<sub>2</sub> 1.5 – 2 %, Fósforo como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2 – 2.5 %, Potasio como K<sub>2</sub>O 1 – 1.5 %, Ácidos húmicos 2.5 – 3 %, pH 6.8 – 7.2, Carbono orgánico 14 – 30 %, Calcio 2 – 8 %, Magnesio 1 – 2.5 %, Sodio 0.02 %.

Entre las ventajas que tiene el uso del compost como fertilizante orgánico para la agricultura y jardinería autores como Bongkam (19), Gamboa Moya (20) y García (21), están de acuerdo que mejora las propiedades físicas del suelo. El compost favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo. De esta manera se tienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua. Aumenta el contenido en macronutrientes y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos. Mejora la actividad biológica del suelo, actúa como soporte y alimento de los microorganismos y esto incrementa y diversifica la flora bacteriana (19-21)

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se ejecutó una investigación analítica con un diseño de campo, el contexto fue el Distrito de Pueblo Nuevo, Provincia de Chepén - La Libertad, en Perú. La población estuvo constituida por 3734 viviendas, que conforman la zona urbana de este distrito, la muestra calculada con la fórmula de poblaciones finitas fue de 64 viviendas. La técnica para la recolección de los datos fueron la encuesta el instrumento un cuestionario estructurado que permitió caracterizar los aspectos socio económicos de la familia, el tipo y cantidad de desechos producidos en el hogar, forma de tratar los desechos, determinar la disponibilidad de utilizar el servicio de recolección y transporte de residuos y la aceptación de la instalación de una planta de compostaje para el distrito.

### Procedimiento

Para realizar el estudio del entorno y mercado se siguieron los siguientes pasos: (a) Coordinación con la Municipalidad del distrito de Pueblo Nuevo; (b) Determinación de la muestra; (c) Recolección de la información a través del cuestionario y entrevista; (d) Análisis de la información recabada; (e) Presentación de los resultados.

Para el estudio técnico se ejecutaron las siguientes acciones: (a) Evaluación de los terrenos disponibles para la ubicación de la planta de tratamiento cumpliendo la normativa legal; (b) Determinación de los activos necesarios para el desarrollo del proyecto de la planta de tratamiento; (c) Selección del equipo

y maquinaria de acuerdo a las necesidades; (d) Distribución de las zonas dentro de la planta de acuerdo al terreno disponible; (e) Evaluación de la disponibilidad de equipos y servicio de mantenimiento en la región.

El estudio económico-financiero se obtuvo a través de: (a) Recolección de información de costos de activos, pasivos (b) Aplicación de las fórmulas para la determinación de los indicadores económicos y financieros pertinentes; (c) Con base en los resultados del análisis determinar la prefactibilidad económica financiera del proyecto.

## RESULTADOS

### Estudio del entorno y mercado

En primer lugar, se presentan los resultados de las características de las 64 familias del distrito Pueblo Nuevo, que conforman la muestra. Se encontró que el 100% de las viviendas cuentan con los servicios básicos de agua, electricidad, y un 96% poseen alcantarillado. Son viviendas construidas con ladrillos cocidos o adobes. El 83,3% tienen por lo menos un miembro de la familia con trabajo, el 16,77 restante obtienen sus recursos económicos por otros medios. En el 61% de las familias el jefe del hogar se dedica a la agricultura, al considerar el ingreso el 76% de las familias tienen un ingreso menor a 1000 Soles y el 24% ubica sus ingresos entre 1000 y 3000 Soles. Este dato es necesario para calcular el posible cobro por el servicio de recolección y tratamiento de residuos orgánicos.



Para el cálculo de la cantidad de desechos producidos por familia, se obtuvieron los siguientes resultados: el 85% de las familias están integradas por tres personas o más. En una misma vivienda puede convivir más de una familia. Los residuos se guardan en bolsas o recipientes de plástico, el 72% tiene dos o más recipientes para los residuos en los cuales depositan todos los desechos mezclados, no los separan.

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, de forma adecuada para prevenir la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población (22). De acuerdo a esta Ley el municipio es responsable de la limpieza de las áreas que se encuentran a su jurisdicción, así como de prestar servicios de recolección de los desechos y transportarlos a las instalaciones en las cuales se puedan procesar, o dejarlos en la zona en la cual se haya destinado verter los desechos. El 83% de las viviendas tienen el servicio de recolección de desechos por parte de la municipalidad del distrito y este se realiza en horario nocturno, de una a tres veces por semana en camiones volquetes. El 100% de la muestra considera importante contar con un servicio de recolección y tratamiento de residuos más eficiente que el que tienen actualmente. Sin embargo, solo el 59% paga por el servicio.

Al preguntar a la muestra cual problemática usted observa en el tema de residuos el 44% estuvo de acuerdo en señalar que la falta de educación sanitaria es el principal problema

que se debe atender, el 28% señala la falta de colaboración de la comunidad y el 17% considera que faltan vehículos recolectores. El 100% estuvo de acuerdo en la necesidad de creación de una planta de tratamiento de residuos sólidos.

Con el propósito de determinar la cantidad de desechos que deben ser tratados, se presenta la proyección de la cifras para el año 2023 hasta el 2026, para ello se consideró la tasa del año del aumento de la población estimada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, siendo el 1.7% para el distrito de Pueblo Nuevo; así también la tasa de incremento de la generación per cápita de los residuos sólidos que es de 1% anual de acuerdo a lo sugerido por la Guía de Identificación, Formulación y Evaluación social de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil DGPM y Ministerio de Economía y Finanzas (23). Para la proyección de los desechos municipales se debe hacer la sumatoria de los desechos domiciliarios y los desechos provenientes de la actividad comercial, instituciones y zonas verdes, con la siguiente fórmula:

### **Generación de Residuos Sólidos Municipales: GRSM**

Residuos Sólidos Domiciliarios: RSD

Residuos Sólidos Comerciales, de Instituciones y Espacios Públicos: RSCIE

$$\text{GRSM} = \text{RSD} + \text{RSCI}$$

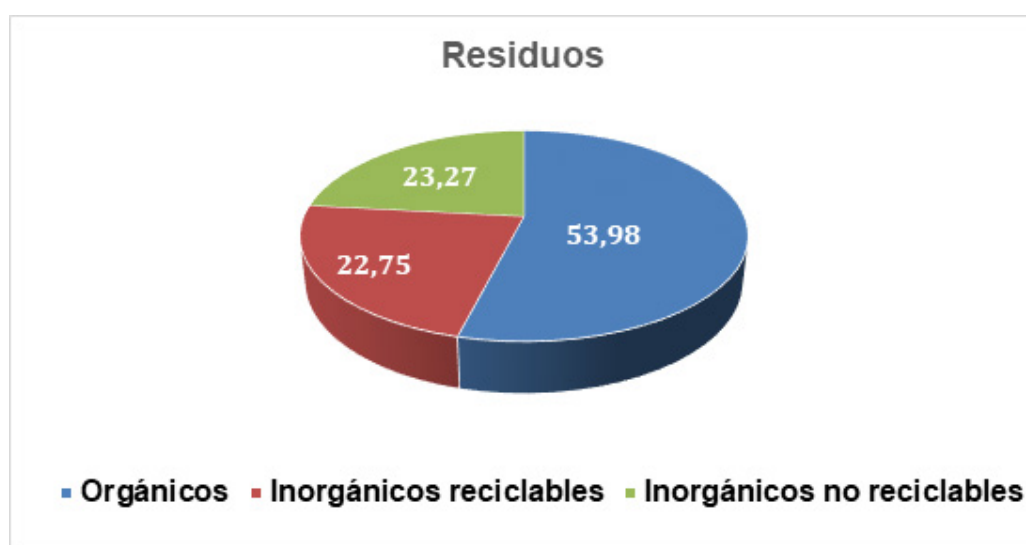
Los resultados se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Demanda de Recolección de desechos 2023-2025.

Año	Población (hab.)	Generación per cápita doméstica (Kg. /hab./día)	Generación de Residuos domiciliarios (ton/día)	Generación de otros residuos municipales (ton/día)	Generación total (ton/día)	Demanda (ton/año)
2023	16,361	0.352	5.76	2.47	8.23	3005.77
2024	16,639	0.356	5.92	2.54	8.46	3087.44
2025	16,922	0.359	6.08	2.61	8.69	3171.33

Estos resultados permiten tener la proyección de toneladas de residuos que el municipio deberá recolectar, transportar, almacenar y procesar. Así mismo, en el análisis del contenido físico de los desechos sólidos en el distrito de Pueblo Nuevo, se encontró que 53.98% son residuos sólidos orgánicos reciclables, compuestos por materia orgánica,

restos de jardín, madera, aserrín y guano; el 22.75% son residuos sólidos inorgánicos reciclables, compuestos por plásticos, telas, papeles, vidrio, chatarra, metales, entre otros; y el 23.27%, son residuos no reciclables tales como materia inerte, residuos sanitarios, productos farmacéuticos, focos, fluorescentes, residuos peligrosos, entre otros (ver Figura 1).



**Figura 1.** Características de los desechos sólidos.

Teniendo como base que la proyección del volumen total de residuos sólidos estará entre las 3000 y 3200 Toneladas al año, este dato al ser multiplicado por el porcentaje de residuos orgánicos reciclables (53.98%),

da como resultado que la demanda de reaprovechamiento de residuos orgánicos, estará entre 1600 a 1700 ton/año. Con estos datos La planta de tratamiento deberá tener la capacidad de procesar aproximadamente



4,5 toneladas diarias de residuos orgánicos. El reaprovechamiento de los residuos orgánicos dependerá de la clasificación y separación que se realice desde los hogares, por ello es importante considerar informar a la población acerca de la necesidad de realizar estas prácticas.

### **Estudio técnico**

El primer elemento a considerar en el estudio técnico es la localización del proyecto de la planta de compostaje, en función de ciertos factores como: distancia y tiempo de traslado de los residuos, costos del transporte. También debe considerarse las restricciones de ubicación con base en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 (24).

De acuerdo al Decreto Supremo N° 057 – 2004 – PCM, Art. 69° en el Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos - LGRS (24,25), la ubicación debe ser a una distancia mayor a 1000 metros de lugares poblados, avícolas, granjas, etc. Sin embargo, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), podrá autorizar distancias menores o de igual forma exigir distancias mayores, basándose en los porcentajes que atentan la seguridad y salud de los habitantes. Tomando en cuenta las restricciones la planta de tratamiento de residuos sólidos se ubicará en las pampas del centro poblado de Catalina, ubicado en latitud 7°13'23" S y longitud 79°33'3" O. Se consideró esta ubicación ya que obtuvo mejor puntaje considerando los criterios que proporciona para la evaluación la LGRS.

La topografía del terreno presenta una superficie plana o con pendiente moderada, las condiciones del subsuelo son favorables evitando la infiltración de lixiviados. Con respecto a las vías de acceso, el terreno se encuentra junto a una vía de comunicación principal, esto permite el fácil y rápido ingreso a la zona con una disminución en los costos de transporte.

Para evitar los malos olores que pueden emanar de la planta de compostaje se realizará la ubicación de tal manera que los vientos vayan en sentido contrario a los centros poblados, también se considera conveniente la siembra de árboles para crear barreras naturales.

Con respecto a las características físicas de mayor relevancia para la planta de tratamiento de residuos sólidos; se consideran tres aspectos: Infraestructura, el equipamiento y la distribución.

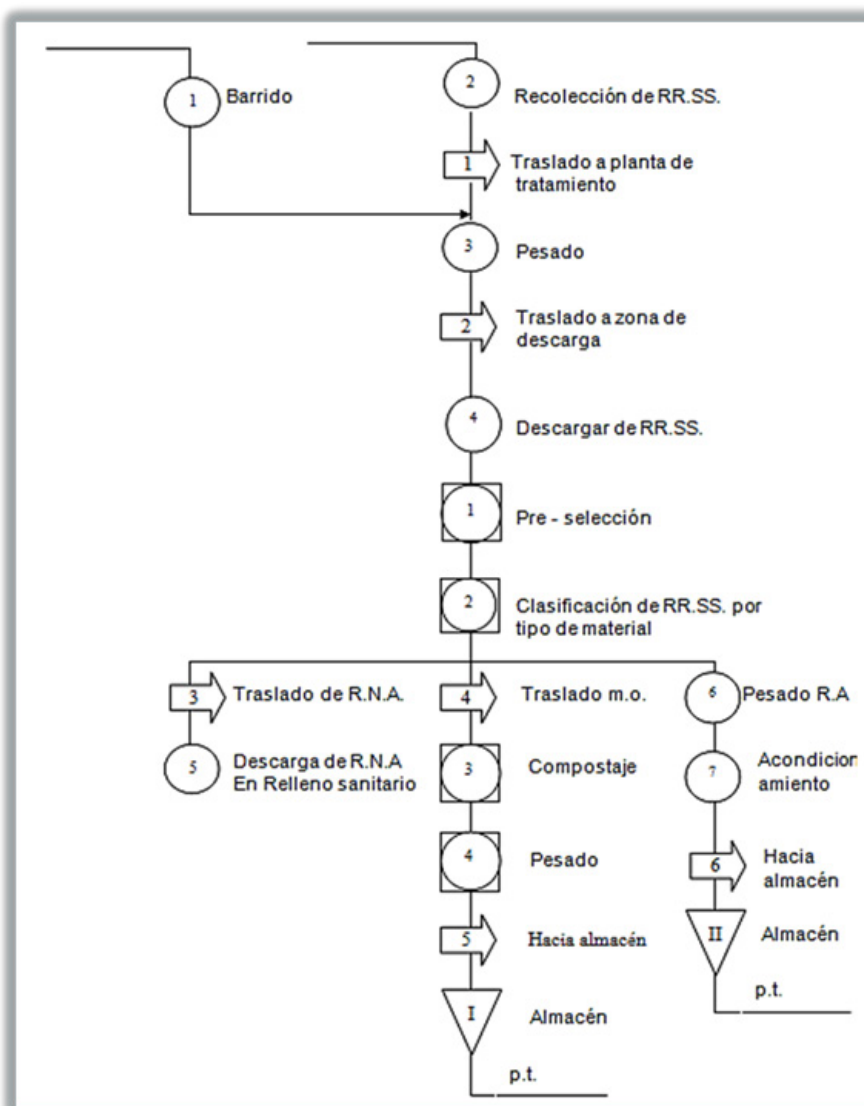
La infraestructura de la planta de tratamiento de residuos sólidos debe estar de acuerdo a las especificaciones y criterios técnicos establecidos por el marco de la Ley N° 27314, la cual es la ley general de residuos sólidos y su reglamento aprobado mediante el decreto supremo N° 057-2004-PCM.

La ubicación de la planta de tratamiento de residuos sólidos, estará colindante al terreno asignado para relleno sanitario; Así se pueden utilizar las demás instalaciones construidas como son las áreas administrativas, guardianía, servicios higiénicos, entre otros. Las áreas que constituyen la planta de compostaje se resumen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Infraestructura de la planta de tratamiento de residuos sólidos.

Área o zona	Función	Superficie (m <sup>2</sup> )
Descarga	Colocación de los residuos transportados	50
Clasificación	Separación y derivación de residuos	29
Almacenamiento	Guarda de residuos de forma temporal	20
Administrativa	Gerencia de la planta	15
Maniobra	Segregación y mezclado de residuos orgánicos	40
Degradación	Construcción de las pilas de residuos mojados	400
Maduración	Compostaje escalonado	354
Almacén	Almacenamiento del compost tamizado	625 m <sup>3</sup>
Poza de agua	Almacenamiento de agua residual, ubicada en la zona de degradación	

El resumen de las operaciones en cada una de las zonas se observa en la Figura 2.



**Figura 2.** Análisis de operaciones.

En la Figura 2 se observan las operaciones en la planta de tratamiento, los residuos sólidos (RRSS) se recolectan y se trasladan a la planta, una vez pesados se descargan y se clasifican de acuerdo a sus características: orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables. Los residuos orgánicos son trasladados a la planta de compostaje, allí se transforman en compost, se almacena para su venta y distribución.

Para el equipamiento de la planta se deben considerar cada una de las zonas o áreas. En la **zona de clasificación** debe tener: Balanza para pesaje, faja transportadora de diámetro 2.5m \* 1m \* 1.2 m, lavadero industrial, 12 depósitos de plástico de 0.6m de largo \* 0.6m de ancho \* 1m de altura para que sean depositados los residuos que son seleccionados, carro transportador de 0.8m de largo \* 0.6m de ancho \* 1.2m de altura, prensa embaladora, que ocupa un área de 1.2 m<sup>2</sup>.

Para el **tratamiento del compost** se requiere: Balanza, 4 palas, 4 picos, 4 rastrillos, 2 zarandas o tamices (malla metálica con cocos de 15mm), 3 carretillas, 3 baldes de 18 litros, termómetro digital, 100 metros de manguera, 100 metros de plástico para cubrir el área de degradación.

De acuerdo a las tareas que se deben desarrollar el personal que se requiere para el funcionamiento de la planta de compostaje se describe a continuación: (a) Jefe del área de Manejo de Residuos Sólidos, licenciado en administración o ingeniero industrial, con experiencia en gestiones ambientales y plantas de tratamientos de residuos; (b) Personal de limpieza pública; (c) Obrero jardinero, con experiencia en mantenimiento de jardines y elaboración de compost; (d) Chofer de Limpieza Pública, con educación secundaria, Licencia de conducir clase A3, experiencia en conducir camiones o volquetes; (e) Obrero para la selección de residuos sólidos, con educación secundaria; Vigilante, con educación secundaria, egresado del ejército del Perú con licencia para portar arma de fuego.

### **Estudio económico-financiero**

La inversión inicial del proyecto se calculó con base en: los activos fijos, activos intangibles, y el capital de trabajo, Tabla 3. Para el cálculo de la depreciación se utilizó el Método Lineal con 10% por periodo, con valor residual en todos los casos del 10% para el terreno se consideró el valor residual de 30%.

**Tabla 3.** Costos por activos y capital de trabajo.

N°	0	1	2	3	4
Año	2021	2022	2023	2024	2025
Equipo de Almacenamiento Público	-82825.50				
Construcción de Infraestructura de Disposición de RS	-62780.80				
Equipamiento para Disposición Final		-1525.00	-1525.00	-1525.00	-1525.00
Construcción de Infraestructura de Valorización de RS	-167997.00				
Equipamiento para Valorización de RS		-127827.00	-127827.00	-127827.00	-127827.00
Otros Gastos por Equipos	-600.00				
Depreciación de Activos (Equipo: Camión)		-8282.55	-8282.55	-8282.55	-8282.55
Valor Residual del Equipo: Camión					
Depreciación de Activos (Terreno + Equipamiento)		-6278.08	-6278.08	-6278.08	-6278.08
Capacitación al personal		-2504.00	-2504.00	-2504.00	-2504.00
Implementación de programas de difusión		-23504.00	-23504.00	-23504.00	-23504.00
Talleres de administración y financiera		-2660.00	-2660.00	-2660.00	-2660.00
Sueldos Personal		-187800.00	-187800.00	-187800.00	-187800.00
Gratificaciones al Personal		-12000.00	-12000.00	-12000.00	-12000.00
<b>Egresos proyectados (S/.)</b>	<b>-314203.30</b>	<b>-372380.63</b>	<b>-372380.63</b>	<b>-372380.63</b>	<b>-372380.63</b>

Los datos de la Tabla 3 se expresan en Soles, se calcularon de acuerdo al valor en el mercado y la tasa de inflación, algunos gastos se consideran constantes porque pueden ajustarse, sin embargo, los sueldos van a estar anclados a los decretos por aumentos de sueldos que se deberán asumir en el momento que se requiera. Los gastos de equipo de almacenamiento en lugares públicos, la construcción de la infraestructura para la disposición y revalorización de los residuos sólidos se ejecutan una sola vez.

### Presupuesto de ingresos

El presupuesto de ingreso queda conformado por el dinero de la venta de material reciclado como es el papel, cartón plástico, vidrio y metal; y la venta del compost. Se proyecta una venta inicial del 65% hasta alcanzar el 100% de los productos.

Otro ingreso es el recibido por la prestación de servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos. Se considera que de acuerdo a la tasa de crecimiento poblacional el aumento de la actividad comercial y del número de familia aumentará el requerimiento del servicio.

Los ingresos proyectados en el estudio económico financiero triplican los egresos, generando un superávit positivo a favor del proyecto.

### **Analisis Financiero = Ingresos - Egreso**

### Costo de oportunidad (Ke)

Es el índice que mide el riesgo de inversión y el rendimiento de un proyecto, para el cálculo se utilizó el Método CAPM, Capital Asset Pricing Model o modelo de fijación de precios de activos de

capital. La teoría señala que a mayor riesgo mayor será el rendimiento esperable (26). La fórmula es:

$$K_e = R_f + B (R_m - R_f)$$

$K_e$  = Costo de capital.

$R_f$  (retorno sin riesgo) = Tasa de rendimiento libre de riesgo; es el valor asignado a una inversión que garantiza un rendimiento con cero riesgos.

$R_m - R_f$  (Prima de riesgo de mercado) = es el rendimiento esperado que un inversor recibe o esperar recibir y tener.

$B$  (Beta) = Es la media que calcula la volatilidad de una acción respecto al mercado general. Indica las fluctuaciones que se causaran en las acciones debido a un cambio en las condiciones del mercado.

El costo de oportunidad obtenido es:  $K_e = 0.17669375$ , lo que implica que el proyecto debe tener un valor mucho mayor que éste para que se considere rentable. Así mismo, el estudio del flujo económico muestra que la inversión con recursos propios, se recupera en el segundo año de la puesta en práctica del proyecto de la planta de tratamiento de residuos sólidos.

### Ratio de beneficio/costo

Este indicador relaciona el flujo neto de caja actualizado, durante la vida útil del proyecto con las inversiones iniciales, resulta de dividir la sumatoria de beneficios del proyecto a lo largo del horizonte temporal, la fórmula es:

$$\text{Ratio Beneficio Costo} = \text{Beneficio Actual} \div \text{Costo actual}$$

$$B/C = 723836.72 \div 314203.30$$

$$B/C = 2.30$$

El beneficio/ costo es mayor que 1, esto implica que se ganan 2.30 soles por cada sol de inversión.

De acuerdo al flujo de caja financiero, se tiene que la inversión con recursos propios y préstamo se recupera en el tercer año de la puesta en práctica del proyecto.

### Estudio de sensibilidad

De acuerdo al análisis de las variables que pueden afectar el proyecto, la variación del precio de venta por tonelada de compost, resultó con mayor sensibilidad, por lo que se debe tomar en cuenta esta variable durante todas las etapas de la ejecución.

De acuerdo a estos resultados el estudio de prefactibilidad es positivo y permite tomar decisiones para las siguientes etapas para el diseño, montaje y funcionamiento de la planta de tratamiento de residuos reciclables en el distrito de Pueblo Nuevo.

### DISCUSIÓN

La técnica de la encuesta es efectiva para caracterizar la generación de desechos que es la materia prima de la planta de tratamiento de residuos, esto coincide con los resultados de Velandia (27), quien realizó un estudio técnico

y financiero a nivel de pre-factibilidad para el montaje de una planta de compostaje en Colombia; la información que obtuvo fue efectiva para la determinación de la cantidad y tipo de residuos diarios, también reportan que es necesario mayor capacitación para la población ya que tampoco separan los desechos de acuerdo a su naturaleza sino que los desechan mezclados. Esto implica que las actividades operativas de la planta de tratamiento aumenten en su costo. Su estudio de prefactibilidad fue positivo para el diseño y puesta en práctica de la planta de compostaje.

En relación a la disposición de la población a recibir el servicio de recolección, transporte y tratamiento de residuos, Oldenhage (28) en su investigación realizada en un distrito de Lima, acerca de la disposición de la población en recibir el servicio de recolección y transporte de los desechos, encontró resultados semejantes a los de esta investigación, más del 80% de la población encuestada está de acuerdo en recibir el servicio de la municipalidad para retirar los desechos de los hogares.

Con respecto a la demanda de compost, los compradores se encuentran en la zona y es un mercado muy activo ya que se necesita esta materia prima para fertilizar los campos agrícolas preponderantes en este lugar. Este resultado tiene concordancia con lo encontrado por Oviedo-Ocana (29) y Nicho (30), estos autores coinciden en reportar la estabilidad del mercado de compost ya que este abono orgánico tiene muy buena receptividad en el área agrícola y de jardinería.

Los resultados positivos del análisis económico financiero coinciden con los

encontrados por otras investigaciones, las cuales concuerdan en señalar que la planta de tratamiento de residuos sólidos y compostaje tiene factibilidad económica y financiera, por lo tanto, apoyan su diseño y ejecución (17,27,28,31).

## CONCLUSIONES

El análisis de prefactibilidad es positivo demostrando la viabilidad en cuanto a la disposición de los usuarios del servicio de recolección y transporte de desechos a la planta de tratamiento, la ubicación de la planta de tratamiento, los requerimientos técnicos y el estudio económico financiero. Por consiguiente, se recomienda seguir con las etapas siguientes para diseñar, construir y poner en funcionamiento las instalaciones de la planta de tratamiento de residuos sólidos y compostaje.

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Banco Mundial. Los desechos 2.0: un panorama mundial de la gestión de los desechos sólidos hasta el 2050 [Infografía en Internet]; 2018 <https://n9.cl/mnh3u>
2. CEPAL/DNP/CEMPRE (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Departamento Nacional de Planeación/Compromiso Empresarial para el Reciclaje). Encuesta a municipios sobre gestión de residuos sólidos domiciliarios 2019-Colombia, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/67), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); 2021.
3. Kaza S, Yao L, Bhada -Tata P, Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, Urban Development, Washington, D.C: Banco Mundial; 2018. <https://openknowledge.worldbank.org/>



handle/10986/30317

**4.** Banco Mundial - Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente (BM – PNUMA), Oficina regional para América Latina y el Caribe. Hacia un pacto mundial por el medio ambiente; 2018 <https://www.unep.org/es/events/conferencia/hacia-un-pacto-mundial-por-el-medio-ambiente>

**5.** Residuos profesionales Pagina web [Internet] La tasa de reciclaje en América Latina y el Caribe apenas llega al 4,5%. 2021 <https://n9.cl/tsy6t>

**6.** Organización de las Naciones Unidas ONU. Objetivos de desarrollo sostenible [Documento en Internet]; 2015 <https://n9.cl/ybgd>

**7.** Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OECD). Environment Statistics [base de datos en línea] 2021 [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/data/oecd-environment-statistics\\_env-data-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/data/oecd-environment-statistics_env-data-en)

**8.** Cachay C. Proyecto de instalación de una planta industrial productora de compost en el distrito de Monsefú para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios. [Tesis de grado en Internet] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo; 2018. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1949>

**9.** Ministerio del Ambiente (MINAM) Sistema Nacional de Información ambiental SINIA Gobierno de Perú; 2021 <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/493241-la-ciudadania-tiene-un-rol-fundamental-para-impulsar-el-consumo-responsable-y-reducir-la-generacion-de-residuos-solidos-en-el-pais>

**10.** OCDE/CEPAL (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos/ Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe) Evaluaciones del desempeño ambiental: Perú (LC/TS.2017/88-P); 2017 <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/42527>

**11.** Ministerio del Ambiente de Perú. Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024, Lima [en línea] 2017. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>; 2017.

residuos-solidos-2016-2024; 2017.

**12.** Babu R., Prieto P., Rene E. Strategies for resource recovery from the organic fraction of municipal solid waste (2021). Case studies in Chemical and Environmental Engineering. 3. 1000098. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100098>

**13.** Bacca Urbina G. Evaluación de proyectos. 5ª ed. México DF: McGraw-Hill. 339 pp; 2006.

**14.** Palacios L. Principios esenciales para realizar proyectos. Un enfoque latino. 2ª. Ed. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello; 2000.

**15.** Armendáriz C, Soto M, Magaña J, Licón L, Kiessling C. Estudio Técnico del Proyecto Tomato-Mix. Revista Mexicana de Agronegocios; 2015 36: 1275-1285. DOI: 10.22004/ag.econ.200170

**16.** Nogueira D, Medina A, Hernández A, Comas R, Medina D. Análisis económico- financiero: talón de Aquiles de la organización. Caso de Aplicación. Ingeniería Industrial; 2015, 38: 106-115. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362017000100010&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362017000100010&script=sci_arttext&tlng=en)

**17.** Dávila E. (2019). Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos para generar compost en el distrito de Rioja. [Tesis de grado en Internet] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo; 2019 <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2501>

**18.** Campana J. Estudio de factibilidad del compostaje en el Distrito de Yucay de la Provincia de Urubamba-Cusco. [Tesis de grado en Internet] Universidad Alas Peruanas; 2016. [https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/1523/1/Tesis\\_Estudio\\_Factibilidad\\_Compostaje.pdf](https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/1523/1/Tesis_Estudio_Factibilidad_Compostaje.pdf)

**19.** Bongkam E. Guía para el compostaje y manejo de suelos. Bogotá: Convenio Andrés Bello, Ciencia y Tecnología, (110); 2003.

**20.** Gamboa Moya W. Producción agroecológica. Una opción para el cultivo del chayote. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 2005.

**21.** García H. Guía tecnológica para el manejo integral de la caña panelera. Ministerio de

Agricultura y Desarrollo Rural - Corporación Colombiana de Producción Agropecuaria. Bogotá, Colombia: PRODUMEDIOS; 2007. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4009/1/0089-1.pdf>

**22.** Congreso de la Republica de Perú. Ministerio Ambiente Ley General de Residuos sólidos 2000. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos>

**23.** Ministerio de Economía y Finanzas – Ministerio del Ambiente. Guía de identificación, formulación y evaluación social de proyectos de residuos sólidos municipales a nivel de perfil. Perú: USAID – SNIP.

**24.** Ministerio del Ambiente – Sistema Nacional de Información Ambiental. Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, Gobierno de Perú; 2000.

**25.** Gobierno de Perú. DECRETO SUPREMO N° 057-2004-PCM <https://www.wiego.org/sites/default/files/resources/files/Decreto-Supremo-No-057-2004-PCM-Reglamento-Ley-General-de-Residuos-solidos-Peru.pdf>; 2004.

**26.** Ross S, Westerfield, R Jaffe J. Corporate Finance (10ma. ed.). United States: McGraw-Hill; 2013.

**27.** Velandia J, Díaz J, Pedraza M. Estudio técnico y financiero a nivel de pre-factibilidad para el montaje de una planta de compostaje en el municipio de Bucarasica, Norte de Santander [Tesis de grado en Internet] Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga; 2016. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164674.pdf>

**28.** Oldenhage F. Propuesta de un programa de gestión para mejorar el manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Juan de Miraflores con respecto al ambiente, el servicio de recojo y el comportamiento de la población [Tesis de grado en Internet] Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2016. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5049/Oldenhage\\_f.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5049/Oldenhage_f.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

**29.** Oviedo-Ocana E, Marmolejo-Rebellon L; Torres-Lozada P. Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. Ing. invest. y tecnol., Ciudad de México 18(1): 31-42, marzo 2017 Disponible en <https://n9.cl/whu5a>

**30.** Nicho F, Guerra C, Callocunto J., Jiménez L., Ramos C. (2018). Compost Green. Universidad San Ignacio de Loyola.

**31.** De Miguel C, Martínez K, Pereira M, Kohout M. Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/120), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); 2021. <https://n9.cl/e8s9a>