



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“USO DEL BIOSECADO COMO ALTERNATIVA PARA EL
TRATAMIENTO DE RESIDUOS”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:
Catherine Ochoa Silvestre

Asesor:
Percy Iribarren Ibáñez

Lima – Perú
2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°191-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 27 de noviembre de 2019

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Uso del biosecado como alternativa para el tratamiento de residuos**, presentado por:

- **Catherine Ochoa Silvestre**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Uso del biosecado como alternativa para el tratamiento de residuos** con N° de registro de la carrera: **042-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Percy Iribarren Ibañez** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

USO DEL BIOSECADO COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS

C.O.Silvestre ¹ P.Irribarren ^{1,2*}

¹Facultad de Ciencias Ambientales, UCSUR, Lima

catherinechoa1996@gmail.com

RESUMEN

La generación de residuos sólidos por parte de las actividades humanas han incrementado durante el transcurso de los años en diferentes partes del mundo, esto se debe al crecimiento de la población y de la industrialización, es por eso, que ahora es un tema de gran importancia, debido a que la inadecuada disposición final de los residuos ha generado impactos negativos en la salud y problemas al medio ambiente, siendo los más comunes las enfermedades gastrointestinales y respiratorias, y la contaminación de aguas y suelos. Por este motivo se hace necesario una mejor gestión por parte de las municipalidades, ya que existen diferentes tipos de residuos que se generan, siendo el de mayor proporción el de residuos orgánicos, pero muchos de ellos son arrojados, no sabiendo que estos pueden tener un valor agregado, es por ello que se aplican diferentes técnicas o tecnologías para su reaprovechamiento una de ellas es el biosecado, el cual es un proceso autotérmico que tiene como objetivo disminuir la humedad de los residuos orgánicos y por lo tanto la reducción del peso y volumen para así obtener un residuo con bajo contenido de humedad, lo cual es bueno para la generación de energía o para otros usos.

Palabras clave: residuos sólidos, biosecado, residuos orgánicos

ABSTRACT

The generation of solid waste by human activities have increased over the years in different parts of the world, this is due to population growth and industrialization, that is why, now is a subject of great importance , because the inadequate final disposal of waste has generated negative impacts on health and environmental problems, the most common being gastrointestinal and respiratory diseases, and water and soil contamination. For this reason it is necessary a better management by the municipalities, since there are different types of waste that are generated, being the largest proportion organic waste, but many of them are thrown, not knowing that these can have a added value, that is why different techniques or technologies are applied for its reuse. One of them is biosecado, which is an autothermic process that aims to reduce the humidity of organic waste and therefore the reduction of weight and volume in order to obtain a residue with a low moisture content, which is good for generating energy or for other uses.

Keywords: Soild waste, biodryng, organic waste,

REVISIÓN TEÓRICA

Durante los últimos años en el mundo la generación de residuos sólidos ha ido evolucionado de forma paralela con la urbanización, el crecimiento económico y la industrialización (Espinoza et al., 2011) esto se debe a que población mundial ha ido creciendo, en consecuencia a un aumento rápido de la urbanización (Singh, 2019). Es por ello que a nivel mundial se estima que cada año la generación de residuos sólidos es de 1.3 mil millones toneladas, (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012) así mismo, en los países desarrollados se representa un 40% de la generación mundial de residuos, en los países en desarrollo un 37% y en los países subdesarrollados 23% (Kawai y Tasaki, 2016); la cantidad de residuos sólidos que se generen va a depender de la economía de cada país (Bhattacharya et al., 2019).

Debido a la abundancia de los residuos sólidos generados a nivel mundial, es que debe dar una disposición de los mismos. El relleno de suelo o vertido abierto es una forma de eliminación de los residuos sólidos más usada en el mundo (Singh et al., 2011) este tipo de disposición es usada en los países en desarrollo debido a que tiene un bajo costo de ejecución, por otro lado, en los países subdesarrollados se utilizan los rellenos sanitarios (Bhattacharya et al., 2019).

Los rellenos sanitarios son usados como disposición final de los residuos sólidos municipales, la cual es aceptada para prevenir la contaminación ambiental (Owusu-Nimo, Oduro-Kwarteng, Essandoh, Wayo y Shamudeen, 2019). A pesar de que existen lugares para disponer los residuos, los países enfrentan problemas de una gestión deficiente y una eliminación inadecuada, lo cual puede ser por falta de presupuesto municipal o una mala organización (Abdel y Mansour, 2018) de los residuos, que puede provocar graves problemas ambientales, como la contaminación de aguas subterráneas (Mor, Ravindra, De Visscher, Dahiya y Chandra, 2006), lixiviados (Kamaruddin et al., 2017), emisión de

los gases del efectos invernadero (Ramachandra, Bharath y Sreejith, 2018), contaminación del suelo y el aire, las cuales afectan las condiciones ambientales, por lo tanto, impide un desarrollo sostenible (Moghadam, Mokhtarani y Mokhtarani, 2009), por ende, los rellenos sanitarios son el principal método de eliminación de residuos y fuente de contaminación (Swati, 2017)

La contaminación de las aguas subterráneas y superficiales se puede dar a causa del lixiviado de los residuos sólidos (Fekri, 2012), ya que este es un líquido, que contiene materiales disueltos o suspendidos de diversos materiales desechados (Alrozi et al, 2017); esto es ocasionado por la descomposición microbiana, las características de los desechos, condiciones climáticas y las operaciones que se realizan en el vertedero (Smahi, Hammoumi, y Fekri, 2013), todo lo mencionado se debe a que no hay un correcto manejo de los residuos (Akinbile y Yusoff, 2011). Ya que muchos de los vertederos o botaderos no cumplen las normativas en cuanto al diseño, control y gestión que los rellenos sanitarios si tienen que cumplir como mínimo (Consejo de la República del Perú, 2017). Por otro lado, los lixiviados cuando se infiltran en el vertedero contaminan los suelos cercanos al área (Khalil et al., 2018) con materia orgánica disuelta expresada como Demanda química de oxígeno (COD) u Orgánico Total C (TOC) que incluye el metano y ácidos grasos volátiles, macro componentes inorgánicos (Ca, Mg, Na, K, NH_4^+ , Fe, Mn, Cl, SO_4^{2-} y HCO_3^-), metales pesados (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni y Zn) y xenobióticos orgánicos que se originan a partir de químicos domésticos o industriales las cuales están presentes en concentraciones relativamente bajas en el lixiviado (Christensen et al., 2001) por lo tanto, se pueden generar efectos adversos en la salud y el ecosistema (Ghosh, 2014) los cuales se presentan comúnmente en los países en desarrollo

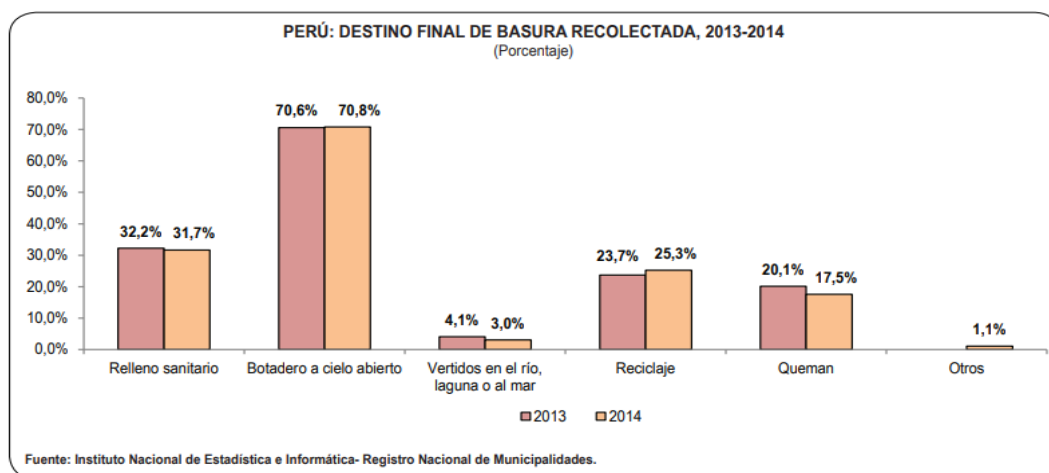
Los gases del efecto invernadero (GEI) que se generan en los residuos sólidos (Bharath et al., 2018) son el metano (CH_4), el dióxido de carbono (CO_2) y los compuestos orgánicos volátiles (Thanh, Matsui, & Fujiwara, 2010), siendo así considerado el metano como un potente gas del efecto invernadero antropogénico (Kumar et al., 2004) ya que representa del 3 al 19% de la fuente antropogénica en el mundo (Devotta et al., 2004) y como consecuencia genera el calentamiento global (Kumar et al., 2004) ya que el metano, emitido por los residuos sólidos, contribuye con aproximadamente 800 toneladas de CO_2 a la atmósfera cada año (Lee, Kim, & Chong, 2016).

En consecuencia, de todos los problemas ambientales ya mencionados, la inadecuada disposición de residuos sólidos trae consigo riesgos significativos, lo cual ocasiona enfermedades en la salud de la población humana como la malaria, la dermatitis, los trastornos gastrointestinales, la bronquitis y el asma (De y Debnath, 2016).

Por otro lado, Perú a lo largo de los años es uno de los tantos países que también tienen problemas con la disposición de residuos sólidos (DIGESA, 2004), debido a que los municipios no tienen una adecuada capacidad de gestión y de recursos económicos, es por eso que no pueden cumplir eficientemente sus funciones (Rentería y Zeballos, 2014) y trae como consecuencia riesgos de enfermedades infecciosas a las poblaciones siendo los principales agentes biológicos las bacterias, hongos, virus y parásito (Adriazola, Mamani, & Panca, 2018). Dichos problemas antes no eran temas de gran importancia en el Perú, pues se los creía resueltos con el recojo y disposición final de los residuos (Rentería & Zeballos, 2014), pero en el año 2002 hasta el 2014 se han encontrado en aumento, siendo que en el año 2002, se estimó una generación de residuos sólidos municipales de 4,74 millones de toneladas anuales, en el 2013 (6,8 millones de toneladas anuales) y en el 2014 (7,5 millones de toneladas); lo cual puede ir creciendo hasta la actualidad (MINAM, 2016)(MINAM, 2014).

Para los años 2013-2014 el destino final de los residuos se concentró en mayor medida en los botaderos a cielo abierto y en rellenos sanitarios como se observa en la figura 1 (INEI, 2015), a medida que han transcurrido los años hasta la actualidad el país ha seguido teniendo un incremento de residuos sólidos debido al crecimiento de las poblaciones (Defensoría del Pueblo, 2007), siendo insuficiente el número de los rellenos sanitarios, es por eso que se encuentran en cúmulos en los botaderos (MINAM, 2012), los cuales se han identificado como lugares inapropiados para su disposición final, ya que su abandono, vertido o disposición están prohibidos (Consejo de la República del Perú, 2017), porque no tienen ningún previo tratamiento, lo cual genera el aumento del CO₂ y CH₄ en la atmósfera y como consecuencia el calentamiento global (Rentería y Zeballos, 2014).

Figura 1: Disposiciones finales de los residuos



Fuente: Anuario estadístico ambientales 2015

Es por ello que los residuos sólidos deben ser tratados según su requerimiento, puesto que estos se clasifican por su origen, por su peligrosidad, en función a su gestión y por su naturaleza (OEFA, 2014) es por eso q cada uno debería tener una disposición diferente.

En las siguientes tablas se presentarán de forma detallada la clasificación de los residuos sólidos:

Tabla 1: Según su origen

Fuente del residuo	Definición	Ejemplos	Referencia
Domiciliarios	Son producidas por las actividades que desarrollan los humanos, las cuales son desechadas o abandonadas por las viviendas u otros establecimientos similares.	Restos de alimentos, periódicos, revistas, plásticos, latas, cartón, vidrio, metal, inertes, treta pack, residuos del baño, pilas y baterías	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014)
Comerciales	Son generados por los centros de bienes y servicios que el hombre consume.	Restos de comidas, neumáticos, papel, pilas, embalajes, cartón, plásticos, vidrio, madera, metales y baterías	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014)
Limpieza de espacios públicos	Son los que se generan por los servicios de limpieza y barrido de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas.	Botellas, empaques, bolsas, entre otros	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014)
Establecimientos de atención en salud	Son generados por actividades de los centros hospitalarios, clínicas, consultorios, laboratorios clínicos, entre otros.	Agujas, jeringas, vendajes sucios, productos químicos, productos farmacéuticos, y materiales radiactivos.	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014) (Rajan, Robin y Vandandarani, 2018)

Fuente del residuo	Definición	Ejemplos	Referencia
Industriales	Son producidos por los procesos productivos de las industrias los cuales pueden ser peligrosos o no peligrosos.	Residuos de disolventes orgánicos, los envases vacíos, lodo, ceniza, escoria metálica, entre otros.	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014) (Quesada, Salas y Romero, 2007)
Agropecuarios	Se generan por las actividades agrarias, ganaderas o silvícolas	Envases y bolsas de plaguicidas, fertilizantes, agroquímicos diversos, entre otros.	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014) (FAO, 2014)
Actividades especiales o instalaciones	Son los que generan las plantas de tratamiento de agua, puertos, terminales terrestres, aeropuertos instalaciones militares y navieras.	Lodos, botellas, pólvora, papeles, sustancias químicas, entre otros.	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014)
Actividades de construcción	Se generan por las actividades y procesos que se realizan en la construcción y demolición de edificaciones e infraestructura.	Envases de pinturas, aerosoles, removedores de grasa, restos de tubos de fluorescentes, transformadores, condensadores, puentes, carreteras, represas, entre otros.	(Gutierrez, 2018) (OEFA, 2014) (MINAM y MINVIV, 2013)

Tabla 2: Según su peligrosidad

Tipo	Descripción	Ejemplo	Referencia
Peligroso	Son los residuos que por sus características intrínsecas representan riesgos a la salud y al ambiente.	Lodos de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales.	(DIGESA, 2006) (OEFA, 2014)
No peligroso	Son aquellos que al manipularse no representan riesgos a la salud y al ambiente.	Papel, cartón, madera, botellas, vidrio entre otros	(DIGESA, 2006) (OEFA, 2014)

Tabla 3: En función a su gestión

Tipo de Gestión	Descripción	Ejemplo	Referencia
Municipal	Son residuos que se generan en domicilios, comercios y otras actividades similares, los cuales pueden ser reaprovechable como no reaprovechable y tienen como disposición final el relleno sanitario.	Reaprovechables: Metales, latas, plástico, orgánicos, papel, cartón No reaprovechable: zapatos, trapos de limpieza, pañales, toallas higiénicas, entre otros.	(De La Cruz, 2015) (OEFA, 2014)
No municipal	Son generados por actividades fuera del ámbito municipal	Lodos de aguas residuales, residuos de aparatos eléctricos, construcción y demolición.	(De La Cruz, 2015) (OEFA, 2014)

Tabla 4: Por su naturaleza

Tipo de naturaleza	Descripción	Ejemplo	Referencia
Orgánico	Son residuos de origen vegetal o animal que se degradan fácilmente	Cascara de frutas y verduras, restos de alimentos, huesos, entre otros.	(OEFA, 2014) (Ruiz, 2004)
Inorgánico	Es todo aquel que no tiene un origen biológico eso quiere decir que son producidos industrialmente.	Metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones plastificados, pilas, etc.	(OEFA, 2014) (Ruiz, 2004)

Debido a los distintos tipos de residuos que generan los humanos es que se tiene que reaprovechar los residuos pero sin poner en peligro la salud humana y no utilizar métodos que puedan ocasionar perjuicios al medio ambiente (Polo, 2015). Es por ello que en el Decreto Legislativo N°1278 del Artículo 2 especifica que los residuos generados deben tener otra alternativa de uso antes de ser llevados a los rellenos sanitarios como disposición final, ya que debería ser considerada como la última alternativa, porque lo que se prefiere es la valorización y recuperación de los residuos, entre las cuales se tiene en cuenta la reutilización, compostaje, reciclaje, coprocesamiento, entre otras alternativas, ya que siempre deben garantizar la protección de la salud y del medio ambiente (Consejo de la República del Perú, 2017).

Es por eso, que la valorización de los residuos, se refiere al proceso de conversión de nuevos productos, incluidos combustibles, materiales y productos químicos (Abdel y Mansour, 2018), es por eso que se debe priorizar la valorización, tomando en cuenta su utilidad en el: reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, producción de fertilizantes, compost u otras transformaciones biológicas (Consejo de la República del Perú,

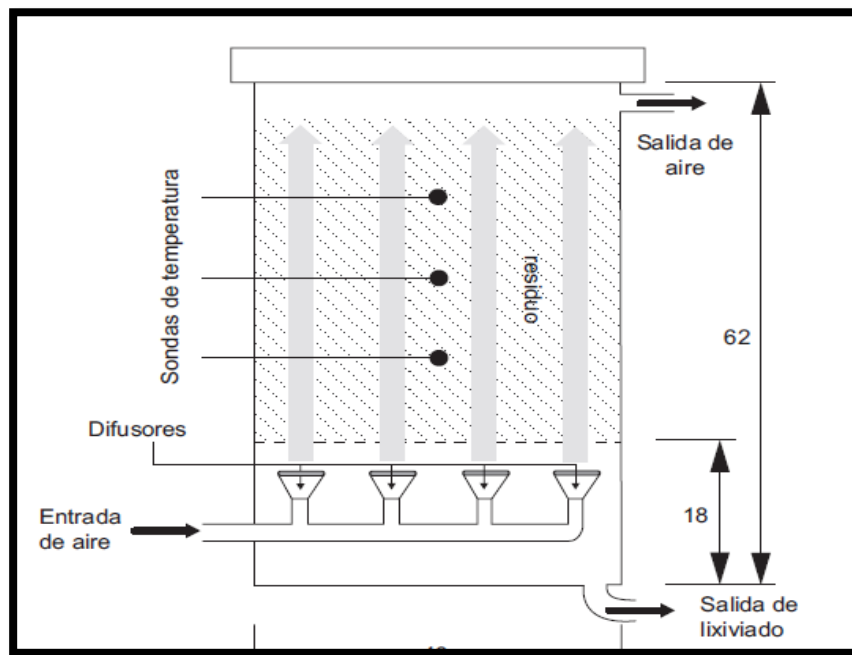
2017). Debido a que muchos de los residuos generados no son reutilizables ni reciclables, es que se tienen tres opciones de tratamiento: la valorización energética, la eliminación mediante incineración (no se recupera energía) y el depósito de seguridad o relleno sanitario (Polo, 2015).

Como ya se mencionó anteriormente, no todos los residuos se pueden reaprovechar, es por ello que nos enfocaremos en los tipos de residuos orgánicos, ya que en el Perú, el 50.9% se encuentran conformados principalmente por restos orgánicos de cocina y de alimentos, seguido de los plásticos con un 10.1% y residuos peligrosos con el 8.5% (MINAM, 2012). Debido a que el porcentaje de los residuos orgánicos es elevada y pueden desintegrarse o degradarse rápidamente para así poder transformarse en otro tipo de materia orgánica, los cuales se dividen comúnmente en: Restos de comida, excreta de animales y restos de poda y jardín. (Garita & Rojas, 2015).

Debido a la cantidad de residuos que se generan se tienen que buscar tecnologías para controlar la contaminación, por ejemplo, la contaminación atmosférica, gestión de residuos sólidos, reciclaje, tratamiento de gases, entre otros (Rentería & Zeballos, 2014). Existen muchas tecnologías o técnicas para la reducción o eliminación de los residuos, como el compostaje, incineración, en este caso nos enfocaremos en la tecnología de biosecado, que es un proceso autotérmico para los residuos orgánicos (Tom, Haridas, & Pawels, 2016) que tienen un alto contenido de humedad (Ma, Zhang, Mu, Zhu, & Li, 2019), por otro lado, el rendimiento del biosecado depende de la actividad microbiana y de la aireación forzada (Yuan et al., 2019), ya que cuando la actividad microbiana es alta, se acelera la descomposición orgánica y genera calor, siendo clave para el aumento de la temperatura y beneficioso para evaporación del agua (Ma et al., 2019). El biosecado tiene como objetivo disminuir la humedad de los residuos orgánicos y por lo tanto la reducción del peso y volumen (Gerardo Nieto, Montiel Fausto, Colomer Mendoza, Durán

Páramo y Robles Martínez, 2011)(De La Cruz et al., 2015) este proceso se da por el adecuado flujo de aireación dentro del biosecado(Figura 2), ya que este es el responsable principal de la pérdida de agua (Díaz, 2014),para así obtener un residuo con bajo contenido de humedad .Según algunos estudios estos pueden valorizarse energéticamente o como un posible fertilizante orgánico.

Figura 2: Esquema del biosecado



Fuente:(Garduño Palomino, Ojeda Benitez, & Armijo De Vega, 2012)

A continuación, se mostrará algunos tipos de residuos orgánicos en donde han empleado la tecnología de biosecado.

Tabla 5: Tecnología de bisecado con diversos residuos

Residuos	Parámetros que evaluaron	Resultado/Obtención	Referencia
Residuos sólidos orgánicos en clima tropicales	-Pérdida de masa -Perdida de volumen -Humedad -Materia orgánica	Masa: Se logro una reducción de masa de 82.91% y 76.21%, en las pilas 1y 2 respectivamente. Volumen: La pérdida de volumen para P1 y P2 fue de 52.4% y 50% respectivamente. Humedad: Al finalizar tuvo una humedad del 30.0% y 30.05%. Materia orgánica: En la pila 1 se redujo un 88.08% comparada con la pila 2 la cual fue de 88.77%.	(De La Cruza et al., 2015)
Pulpa de café	-Volumen -Temperatura -Humedad -Azucares Totales	Volumen: Se redujo hasta el 50% en el volumen final del material. Temperatura: desciende hasta valores cercanos a la temperatura ambiente Humedad: La humedad de 50 %, con lo que se logró reducir un tercio de la humedad inicial. Azucares Totales: La concentración de azucares se mantiene estable, ya que está asociada con la disminución de la temperatura	(Mendez, Solano, Torres y Pérez, 2016)
Cascará de Naranja, frutas, verduras y Molsh (en pilas)	-Temperatura en pilas -Pérdida de masa, volumen y peso. -Determinación de la humedad	Humedad: Disminuyó gradualmente durante el proceso hasta llegar aproximadamente al 6%. Determinación del calor de combustión: Después de haber	(Gerardo Nieto et al., 2011)

	-Determinación del calor de combustión.	terminado todo el proceso de biosecado la mezcla de los residuos alcanzó y superó los 16,000 kJ/kg.	
Residuos de alimentos	-Temperatura -Aireación -Humedad -Volumen	<p>Se utilizaron 4 reactores: Humedad: Después de 20 días se redujo hasta 44.8 % en el reactor 4 frente a 60.8 % del reactor 1.</p> <p>Volumen: La disminución ha sido 45.5 % en el reactor 1, 59.1 % en el reactor 2, 61.4 % en el reactor 3 y 63.2 % en el 4, se puede decir que hubo una disminución significativa.</p> <p>Pérdida de peso: La variación de la pérdida de peso varía con respecto al caudal de aire suministrado.</p> <p>Temperatura: Su comportamiento en los 4 reactores fue similar, ya que en los 5 primeros días hubo un incremento de temperatura y después decreció a medida que disminuye la humedad.</p>	(Garduño Palomino et al., 2012)

CONCLUSIONES

Los residuos que se generan en mayor proporción en el Perú son los residuos domiciliarios y son aquellos productos, sustancias o subproductos en estado sólido que se generan por las actividades que realizan los humanos, es por eso la importancia de tener una adecuada gestión de los residuos para que estos no sean arrojados a las calles o quemados, ya que esto ocurre muy a menudo en el país, es por eso que las municipalidades tienen que cumplir con el deber de proporcionar una adecuada disposición en los rellenos sanitarios, pero lo que en la actualidad se quiere es que estos sean aprovechados con las técnicas o tecnologías que existen para así disminuir la cantidad de los residuos generados y poder darle un nuevo uso, para ello tendría que haber programas de educación ambiental para que las poblaciones tomen conciencia en cuanto al manejo de los residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275–1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Adriazola, S. G., Mamani, F. E., & Panca, P. H. (2018). Manejo de residuos sanitarios: un programa educativo del conocimiento a la práctica. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 315–324. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.395>
- Arango De La Cruz, J. (2015). Plan de Manejo de Residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica del Perú 2016-2020. Retrieved from <http://cdn01.pucp.education/climadecambios/wp-content/uploads/2017/08/21142405/plan-de-manejo-de-residuos-solidos-pucp-2016-2020.pdf>
- Consejo de la República del Perú. (2017). *Ley de Gestión Integral de Resíduos*. 1–35. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-Nº-1278.pdf>
- De La Cruza, L., Medorioa, D. P., Vargasa, E. G., Mirónb, A. O., Hernándezc, M. de J. M., & Martínez, F. R. (2015). Estudio de la fase termofílica del biosecado de residuos sólidos orgánicos en condiciones de clima tropical húmedo. In *Editorial Tecnológica de Costa Rica*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Ivan_Coto/publication/292991762_Importancia_de_los_estudios_geofisicos_y_tectonicos_como_herramientas_para_lograr_una_mejor_compreension_de_la_vulnerabilidad_hidrogeologica_en_los_rellenos_sanit

arios_de_Costa_Rica/links

De, S., & Debnath, B. (2016). Prevalence of Health Hazards Associated with Solid Waste Disposal- A Case Study of Kolkata, India. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.081>

Defensoria del Pueblo. (2007). *Propuestas para la gestión de los residuos sólidos municipales*. Retrieved from [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/ApoyComisiones/comision2011.nsf/021documentos/71323365D2DB150305258154005B9CE1/\\$FILE/Informe_N_125.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/ApoyComisiones/comision2011.nsf/021documentos/71323365D2DB150305258154005B9CE1/$FILE/Informe_N_125.pdf)

Díaz, J. (2014). Análisis del proceso térmico durante el biosecado de residuos sólidos orgánicos. <https://doi.org/dfgdfg>

DIGESA. (2004). *Marco Institucional de los residuos solidos en el Perú*. 125. Retrieved from http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/000_RES.SOLID.pdf

DIGESA. (2006). Manual de difusión técnica N° 01: Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú. Retrieved from http://www.digesa.sld.pe/publicaciones/descargas/MANUAL_TECNICO_RESIDUOS.pdf

Espinoza, P. T., Arce, E. M., Daza, D., Faure, M. S., & Terraza, H. (2012). Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010. *Organizacion Panamericana de La Salud*, 43. Retrieved from <https://publications.iadb.org/en/regional-evaluation-urban-solid-waste-management-latin-america-and-caribbean-2010-report>

FAO. (2014). Manual de usuario:Residuos agrícolas y residuos ganaderos. *Bioenergía y Seguridad Alimentaria Evaluación Rápida (BEFS)*, 9. Retrieved from

<http://www.fao.org/3/a-bp843s.pdf>

Garduño Palomino, K., Ojeda Benitez, S., & Armijo De Vega, C. (2012). Secado de residuos de jardinería en reactores mediante procesos biológicos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 59–65. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000500009

Garita, N., & Rojas, J. (2015). *Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost*. Retrieved from http://www.cleanuptheworld.org/PDF/es/organic-waste_residuos-org-nicos_s.pdf

Gerardo Nieto, Ó., Montiel Fausto, L., Colomer Mendoza, F., Durán Páramo, E., & Robles Martínez, F. (2011). Biosecado de residuos verdes en invernadero para la producción de combustibles alternos. *Hacia La Sustentabilidad: Los Residuos Sólidos Como Fuente de Energía y Materia Prima*, 566–570. Retrieved from http://www.somers-ac.org/encuentros/encuentros_resource/Encuentro4.pdf

Guillermina, G.-T. C.-R. J. R. D.-D. L. A. J. G.-A. S. M.-Z. (2016). *Diseño, construcción y operación de un equipo piloto de biosecado para residuos agroindustriales*. 2, 61–67. Retrieved from http://www.ecorfan.org/spain/rj_prototipos_tec.php

Gutierrez, D. (2018). Gestión Integral de los Residuos Sólidos Domiciliarios para mejorar la calidad ambiental urbana en el Distrito. *Tesis Pos Grado*, 141. Retrieved from http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/11774/gutierrez_md.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: a global review of solid waste management. *World Bank*, 29–44. <https://doi.org/10.1201/9781315593173-4>

INEI. (2015). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2015 - Capítulo 5: Residuos Sólidos*.

Retrieved from
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf

Kamaruddin, M. A., Yusoff, M. S., Rui, L. M., Isa, A. M., Zawawi, M. H., & Alrozi, R.

(2017). An overview of municipal solid waste management and landfill leachate treatment: Malaysia and Asian perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(35), 26988–27020. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0303-9>

Kawai, K., & Tasaki, T. (2016). Revisiting estimates of municipal solid waste generation

per capita and their reliability. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0355-1>

Kumar, S., Gaikwad, S. A., Shekdar, A. V., Kshirsagar, P. S., & Singh, R. N. (2004).

Estimation method for national methane emission from solid waste landfills. *Atmospheric Environment*, 38(21), 3481–3487. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.02.057>

Kumar, S., Mondal, A. N., Gaikwad, S. A., Devotta, S., & Singh, R. N. (2004). Qualitative

assessment of methane emission inventory from municipal solid waste disposal sites: A case study. *Atmospheric Environment*, 38(29), 4921–4929. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.05.052>

Lee, S., Kim, J., & Chong, W. O. (2016). The Causes of the Municipal Solid Waste and

the Greenhouse Gas Emissions from the Waste Sector in the United States. *Procedia Engineering*, 145, 1074–1079. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.139>

Ma, J., Zhang, L., Mu, L., Zhu, K., & Li, A. (2019). Energetic enhancement of thermal

assistance in the cooling stage of biodrying by stimulating microbial degradation.

- Waste Management*, 89, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.004>
- MINAM. (2012). *Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales Y No Municipales en el Perú Gestión 2012*. 147. Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/2093.pdf>
- MINAM. (2014). *Sólidos De La Gestión Del Ámbito Municipal Y No Municipal 2013*. Retrieved from <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>
- MINAM. (2016). Plan Nacional De Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. *Ministerio Del Ambiente*, p. 60. Retrieved from https://www.unpei.org/sites/default/files/e_library_documents/Solid Waste Management National Plan %28PLANRES%29 2016-2024 .pdf
- MINAM, & MINVIV. (2013). *Manejo de residuos de demolición y construcción*. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/MANEJO-DE-RESIDUOS-DE-CONSTRUCCIÓN-21-x-15-ok-2.pdf>
- Moghadam, M. R. A., Mokhtarani, N., & Mokhtarani, B. (2009). Municipal solid waste management in Rasht City , Iran. *Waste Management*, 29(1), 485–489. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.029>
- Mor, S., Ravindra, K., De Visscher, A., Dahiya, R. P., & Chandra, A. (2006). Municipal solid waste characterization and its assessment for potential methane generation : A case study. *Science of the Total Environment*, 371, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.04.014>
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial Informe 2013-2014. *Oefa*, 1–100. Retrieved from

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926

Owusu-Nimo, F., Oduro-Kwarteng, S., Essandoh, H., Wayo, F., & Shamudeen, M. (2019). Characteristics and management of landfill solid waste in Kumasi, Ghana.

Scientific African, 3. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00052>

Polo, K. N. (2015). Propuesta de Manejo Integral de Residuos Sólidos de la Planta de Lubricantes Mobil Oil del Perú. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1896>

Quesada, H., Salas, J. C., & Romero, L. G. (2007). Manejo de desechos industriales peligrosos. *Tecnología En Marcha*, 20(2), 10–20. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835520.pdf>

Rajan, R., Robin, D. T., & Vandananarani, M. (2018). Biomedical waste management in Ayurveda hospitals – current practices & future prospectives. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.jaim.2017.07.011>

Ramachandra, T. V., Bharath, H. A., Kulkarni, G., & Han, S. S. (2018). Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(October 2016), 1122–1136. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.085>

Rentería, J., & Zeballos, M. (2014). *Propuesta de Mejora para la gestión estratégica del Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en el distrito de Los Olivos*. 213. Retrieved from http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6285/RENTERIA_JOSE_ZEBALLOS_MARIA_PROPUESTA_MEJORA.pdf?sequence=1

Ruiz, A. (2004). *GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA PILOTO DE*

REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN HUAMANGA, PUCALLPA Y TINGO MARIA. 1–41. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/guia-reapro.pdf>

Singh, A. (2019). Environmental problems of salinization and poor drainage in irrigated areas: Management through the mathematical models. *Journal of Cleaner Production*, 206, 572–579. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.211>

Smahi, D., Hammoumi, O. El, & Fekri, A. (2013). Assessment of the Impact of the Landfill on Groundwater Quality: A Case Study of the Mediouna Site, Casablanca, Morocco. *Journal of Water Resource and Protection*, 05(04), 440–445. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2013.54043>

Thanh, N. P., Matsui, Y., & Fujiwara, T. (2010). Household solid waste generation and characteristic in a Mekong Delta city, Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 91(11), 2307–2321. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.06.016>

Tom, A., Haridas, A., & Pawels, R. (2016). Biodrying Process Efficiency: -Significance of Reactor Matrix Height. *Procedia Technology*, 25(Raerest), 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.protecy.2016.08.240>

Yuan, J., Li, Y., Wang, G., Zhang, D., Shen, Y., Ma, R., ... Li, G. (2019). Biodrying performance and combustion characteristics related to bulking agent amendments during kitchen waste biodrying. *Bioresource Technology*, 284(January), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.115>