



Concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en el compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos de mercados populares y residencias de Huaraz-Ancash

Concentration of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the compost produced from organic Solid waste from popular markets and residences of Huaraz-Ancash

MARTÍN HUAMÁN CARRANZA ¹

RESUMEN

La investigación quiere proponer metodologías de control de calidad del tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Los componentes ricos en carbono y nitrógeno que son importantes para la generación de un compost de muy buena calidad, se lograron con una mezcla homogénea de estos, de tal manera lograr una relación de C/N óptima en un rango de 30 a 40 (materia húmeda). Para el experimento se planteó variantes de 30(CB), 35(CR) y 40(CA), combinación baja (CB), combinación regular (CR) y combinación Alta (CA) para conocer las proporciones del tratamiento. Se monitoreo los parámetros de pH que alcanza valores por encima de 8 produciendo precipitación de nutrientes como Potasio y Calcio, Temperatura promedio máximo a 30°C en la semana 10 del tratamiento; el contenido de humedad llegó hasta 40 %, cantidad de materia orgánica en promedio 20 %, componentes en materia seca de Nitrógeno fue 1,5 % y Fósforo un valor mayor a 0,5 % al final del proceso de compostaje, el que tuvo mejor resultado fue el tratamiento CA. Se hizo una prueba de germinación y se determinó un crecimiento de la planta comparado con el tratamiento CA, se concluye que la distribución C/N en base seca en

¹ Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4,0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

promedio 7, es adecuado en calidad.

Palabras clave: compostaje; carga alta; pilas; aireación; mezcla.

ABSTRACT

Research wants to propose quality control methodologies for the treatment of organic solid waste. It contains components rich in carbon and nitrogen that are important for the generation of a very good quality compost, this is achieved with a homogeneous mixture of these, in such a way to achieve an optimal C / N ratio in a range of 30 to 40 (wet matter). Variants of 30 (CB), 35 (CR) and 40 (CA), low combination (CB), regular combination (CR) and High combination (CA) were proposed for the experiment to know the proportions of the treatment. The pH parameters that reach values above 8 were produced, producing precipitation of nutrients such as Potassium and Calcium, average maximum temperature at 30 °C in week 10 of the treatment; the moisture content reached up to 40 %, amount of organic matter on average 20 %, components in dry matter of Nitrogen was 1,5 % and Phosphorus a value greater than 0,5 % at the end of the composting process, the one that had the best result was the treatment AC. A germination test was performed and a plant growth was determined compared to the CA treatment, it is concluded that the C / N distribution on dry basis on average 7, is adequate in quality.

Keywords: composting; high loading; heaps; aeration; mixing.

INTRODUCCIÓN

La investigación tiene como objetivo mejorar el procedimiento y tratamiento de residuos sólidos orgánicos para generar compost, verificando los nutrientes N, P, K y Ca, variando el diseño estructural y condiciones de temperatura de la zona sierra del país, como es en la ciudad de Huaraz. Se aborda los aspectos teóricos ya existentes y antecedentes de informes técnicos nacionales e internacionales y casos prácticos, los conceptos describen a detalle el proceso de obtención del compost y sus respectivos parámetros a evaluar para verificar su calidad, conceptos del tratamiento biológico (Monge, 1999).

El problema actual del manejo de residuos sólidos orgánicos es ineficiente en todo el país, no se

cuenta con una norma de calidad del compost que se produce con estos, por esta razón se quiere plantear una propuesta de modificación estructural de la pila de compostaje para generar un producto de calidad y que sea útil para reusarla (SIGERSOL, 2014).

Cabe recalcar que el Perú se requiere 190 sistemas de disposición final de residuos sólidos (OEFA, 2016); actualmente existe 12 rellenos sanitarios autorizados y 4 de ellos se encuentran en Lima; desde el año 2002 la generación nacional de residuos sólidos municipales fue de 4,74 millones de t/año y el año 2014 fue de 7,5 millones t/año.

La municipalidad de Huaraz cuenta con un estudio de caracterización de sus residuos sólidos aprobado el 2012. El muestreo se efectuó en 85 viviendas. La generación per cápita de los residuos domiciliarios es 0,55 kg/hab/día. La densidad promedio, de los residuos sólidos domiciliarios compactados es de 235,38 Kg/m³ (MINAM, 2012).

El desarrollo de la investigación, que involucra desde la caracterización, el diseño de las pilas de compost, los procedimientos de instalación y los monitoreos para obtener la data de comparación de cada uno de los tratamientos planteados.

Los resultados anteriores nos dan como premisa que modificando la estructura de las pilas con espacios suficientes de aireación se reduce el tiempo de maduración del compost y se obtiene nutrientes como Nitrógeno y Fósforo de acuerdo a niveles internacionales de calidad de compost, considerando el compost de alta carga de relación carbono nitrógeno y que genera una buena producción de biomasa de la planta empleada en la prueba de germinación utilizando el mejor compost y concluyendo que si es factible utilizarlo en la agricultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio planteado es de tipo experimental. (Hernández Sampieri, y otros, 2010). Se usó pruebas experimentales, teniendo un sistema de control o testigo la producción de compost convencional municipal, con cambios experimentales en las variables independientes: humedad, microorganismos patógenos, metales pesados, nutrientes y olores, para obtener un compost higienizado de buena calidad y estandarizado para la ciudad de Huaraz.

La investigación es cuantitativa por ser de tiempo corto, contará con validez confiable y replicable a escala real; explicará las relaciones causales entre los casos planteados. Tendrá con procedimientos estadísticos para poner a prueba la hipótesis planteada. La investigación es de carácter prospectivo pues compara a dos o más grupos de estudio, se hace un seguimiento a un grupo de individuos que son semejantes en muchos aspectos, pero que se diferencian por cierta característica y se los compara por un resultado particular.

Selección de residuos orgánicos residenciales y mercados.

Una vez ya seleccionados los materiales y teniendo en cuenta la segregación realizada a los materiales orgánicos se va a realizar al diseño de las pilas de compost. Para este estudio preliminar se tienen que contar con el compromiso de las personas para la recolección de sus residuos en las bolsas de polietileno que se les entregó 24 horas antes para que puedan acumular la cantidad de residuos en un día. (OPS/CEPIS, 2004)

Del mismo modo de forma esquemática se quiere presentar la composición típica y principal de los residuos orgánicos obtenidos del cuarteo para la instalación de la pila experimental.

Planta Piloto y diseño de compostaje

La propuesta del piloto consiste en proponer una estructura modificada a la pila de compostaje, que consiste en establecer zonas donde pueda propiciarse un área libre de aire o Free Aire Space, para que exista una buena inyección de aire durante el tiempo de permanencia de la ruma después de instalado y que garantice una circulación suficiente para el crecimiento de bacterias aeróbicas para un proceso óptimo y eficiente. (FAOTERM, 2013)

Por esa razón se plantea colocar tres pilas de compost con su respectiva área libre de ingreso de aire como se aprecia en la figura 2, que cuenta con secciones mezcladas de residuos orgánicos y espacios libres con rastros, para iniciar el proceso aeróbico de tratamiento. Se distribuye de forma equidistante uniforme para que cuando se hagan los volteos correspondientes se mezclen con toda la masa y formen nuevos espacios en distintas zonas para mejorar contacto y distribución del aire de ingreso al proceso de tratamiento, de esa manera se airea varias zonas en cada

Concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en el compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos de mercados populares y residencias de Huaraz-Ancash



Figura 1. Identificación de residuos a compostar

ciclo de volteo de las pilas instaladas.

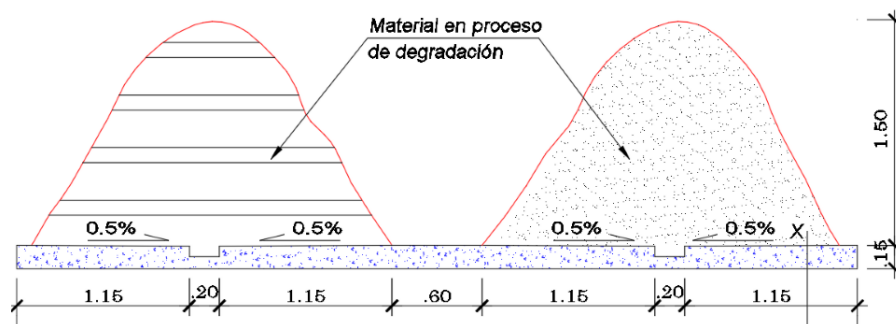


Figura 2. Diseño de las pilas de Compost, con material residual orgánico

Planta Piloto y diseño de compostaje

Puede suceder que el material que se disponga no presente una relación C/N inicial apropiada para su compostaje. En este caso, se procede a realizar una mezcla con otros materiales para lograr una relación apropiada. Este procedimiento se conoce como Balance de Nutrientes. (Binner y Zach, 1999)

Las partes pueden estar representadas por unidades ponderales (kg, T) o Volumétricas (L, m^3). Desde el punto de vista práctico es aconsejable manejarse con medidas volumétricas. Por ejemplo, se podría mezclar 3 m^3 de excreta con 1 m^3 de aserrín (Sztern y otros, 1999).

Combinación de los grupos de control

Tratamiento 1: Combinación Baja (CB), tratamiento consistente en compost elaborado bajo la técnica de mezclado, pero con proporciones de carbono y nitrógeno de acuerdo con esta relación: C/N=30

Tratamiento 2: combinación media o regular (CR), tratamiento consistente en compost elaborado bajo la técnica convencional de mezclado, pero con proporciones de carbono y nitrógeno de acuerdo con esta relación: C/N=35.

Tratamiento 3: combinación alta (CA), tratamiento consistente en compost elaborado bajo la técnica convencional de mezclado, pero con proporciones de carbono y nitrógeno de acuerdo con esta relación: C/N=40.

Como se puede apreciar, se está haciendo la variación de la cantidad de material orgánico y nutrientes que se encuentran en esos materiales sólidos, se hace una mezcla homogénea empleando las palas y rastrillos, si es necesario se debe triturar para el experimento se trituró de forma manual con cortadoras o machetes. Las capas FAS deben instalarse de manera adecuada. (Barrera Gómez, Raquel, 2006)

Bajo condiciones adecuadas de buen ingreso de aire, el fenómeno de oxidación biológica aerobia, se produce una intensa actividad microbiana, descomponiendo los residuos, generando pérdida de energía que es liberada elevando la temperatura de la pila rápidamente. (Roman y et al., 2013).

Proporciones de los materiales en las pilas de compost

Para este estudio, las dimensiones de las pilas de compostaje se definieron a pequeña escala, considerándose 2, 30 metros de largo. Esto facilitaría el volteo y riego continuo requerido durante su manejo. Se determinó que cada pila se construiría considerando el peso en kilogramos de material a compostar:

Tabla I. Cantidades iniciales y relación C/N

Tratamiento	Volumen	Pesos de	Cantidad de	Cantidad de	C/N
Tratamiento	(m^3)	C y N (Kg)	Carbono (Kg)	Nitrógeno (Kg)	C/N
Pila N° 01 CB	1,636	643,03	622,28	20,75	30
Pila N° 02 CR	1,631	634,43	616,64	17,79	35
Pila N° 03 CA	1,630	657,20	641,11	16,09	40

Ubicación de las pilas de compostaje

El lugar de compostaje en donde se llevó a cabo el trabajo de investigación se encuentra ubicado dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos del distrito de Independencia, como se muestra en la Ilustración 11, contando con un área total de $36 m^2$ (12 m de largo y 3 m de ancho). Esta área se definió considerando el número de pilas a instalar y la cantidad de material a compost para obtener un volumen que permitiese conseguir un equilibrio entre la humedad y la aireación en la pila, además del aspecto estético y ambiental, y considerando también un espacio adecuado para la maniobra de los operadores y equipos que se emplean actualmente en la planta de Pongor.

RESULTADOS

Temperatura, pH y contenido de agua en el proceso de compostaje

Los datos de la medición de temperatura y pH, en todas las semanas de monitoreo y en las fechas de volteo según programadas para la investigación. Es importante indicar que para la pila N° 04 que es el comparativo (blanco) consiste en la instalación de una pila sin considerar la relación C/N y no se incorpora el espacio necesario para la aireación que, sí se incluye en la técnica de modificación estructural materia.

El comportamiento alcanzado de la temperatura para cada caso específico de tratamiento, como se puede ver existe una variación leve de la cantidad máxima y mínima de las temperaturas que fueron registradas durante las doce semanas en las cuales se evaluó el proceso de digestión aeróbica

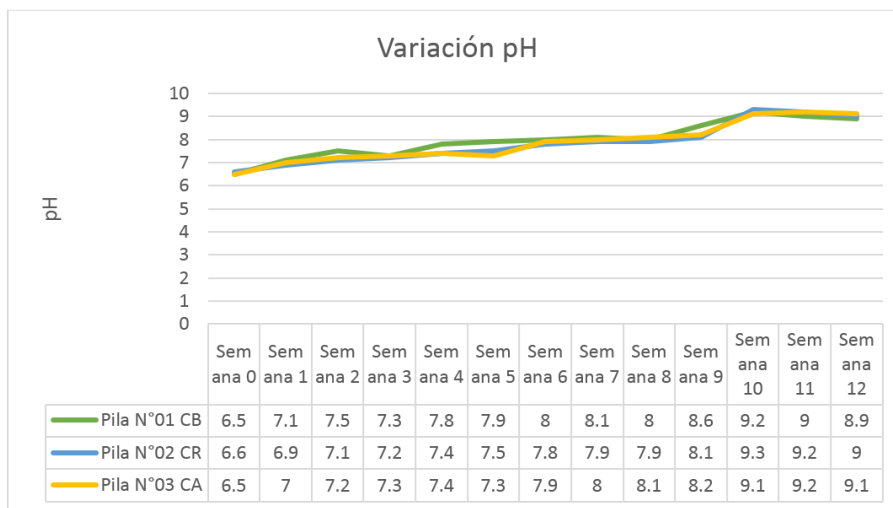


Figura 3. Variación de pH en el compostaje

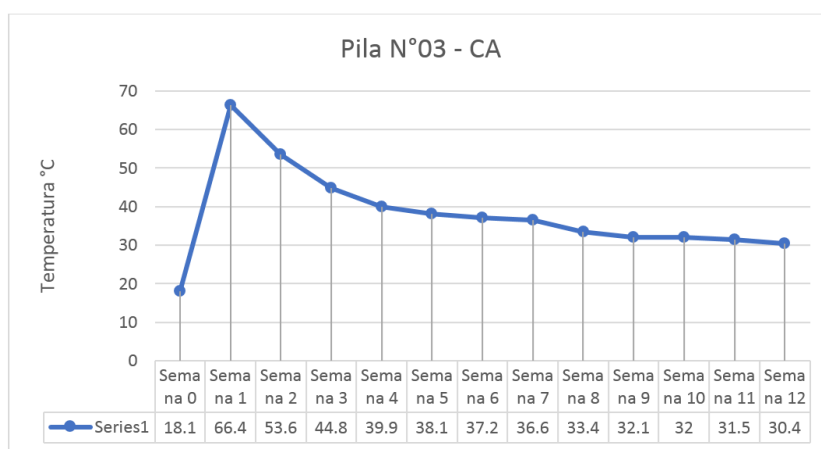


Figura 4. Variación de Temperatura en pila CA

Para el caso de la temperatura de la pila CA se alcanza un máximo de temperatura de 66, 4 °C y cuenta con una mínima al final del proceso de 31 °C.

Cantidad de carbono y la relación óptima de calidad C/N

Una vez culminado todo el proceso de digestión biológica se debe de medir la calidad del compostaje y comprobar si la cantidad de la relación C/N al final del proceso es la adecuada. Para

Concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en el compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos de mercados populares y residencias de Huaraz-Ancash

ello se ha desarrollado cuatro mediciones de análisis final del proceso de compostaje que se representan con la simbología de *M1*, *M2*, *M3* y *M4*.

Como se conoce y se indica en el apartado de la metodología se ha construido las pilas de compost con relación de C/N de 40, 35 y 30 para las pilas como se indica en la tabla N°08. Estas relaciones deben de cumplir al inicio del proceso, con esas relaciones se han construido las pilas de compostaje.

Tabla 2. Cantidades finales de C y N

Pilas	Contenido de carbono (%)				Contenido de nitrógeno (%)			
	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>
CB	12,80	13,14	12,99	13,20	1,72	1,80	1,85	1,89
CR	13,10	12,60	13,50	13,70	1,80	1,83	1,90	1,87
ca	9,96	10,00	10,50	10,89	1,40	1,43	1,49	1,50
CON-MC	14,28	12,32	13,10	13,10	1,99	1,70	1,95	1,85

Cantidad de nutrientes

Una vez ya culminado el tratamiento es importante también medir los nutrientes que se generan en el proceso, pues serán útiles para ser empleados en el suelo y zonas agrícolas como mejoradores o pueden ser útiles para la formación de humus. Como indica el objetivo de la investigación se busca conocer la proporción y cantidad de nutrientes con que cuenta un compost maduro y que está listo para utilizarse. Los nutrientes para estudiar son nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, se presentan los siguientes resultados:

Tabla 3. Contenido de nitrógeno total en el compost

Pilas	Contenido de nitrógeno (%DM)			
	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>
CB	1,72	1,80	1,85	1,89
CR	1,80	1,83	1,90	1,87
CA	1,40	1,43	1,49	1,50
CON-MC	1,99	1,70	1,95	1,85

Como se aprecia la cantidad de nitrógeno se halla por encima del valor del 1% en materia seca (DM: Dry Matter), para todos los tratamientos que se han estudiado.

Tabla 4. Contenido de fósforo total en el compost

Pilas	Contenido de fósforo P (%DM)			
	M1	M2	M3	M4
CB	0,22425	0,33829	0,3237	0,24489
CR	0,26400	0,17747	0,2576	0,21319
CA	0,70073	0,78529	0,7380	0,70625
CON-MC	0,14705	0,35612	0,2936	0,26577

Se conoce la cantidad de fósforo para todos los tratamientos realizados, pero se tiene que indicar que en el reporte de laboratorio por el método de Vanadatolibdato, se ha determinado la cantidad de fosfato en materia seca; para obtener la cantidad de fósforo se ha tenido que realizar una simple ecuación de conversión como se indica a continuación: Los datos que se muestran son la cantidad de fósforo orgánico que puede ser consumido por las plantas y agentes de los suelos.

Tabla 5. Contenido de potasio total en el compost

Pilas	Contenido de potasio K (%DM)			
	M1	M2	M3	M4
CB	0,00272	0,00389	0,00321	0,00412
CR	0,0039	0,00343	0,00399	0,00445
CA	0,00356	0,00322	0,00365	0,00348
CON-MC	0,00352	0,00238	0,00257	0,00279

Se aprecia la cantidad de potasio (K) que se obtiene a final del proceso de tratamiento y como se aprecia el valor promedio de la cantidad del nutriente es aproximadamente de 0,0030% de materia seca: este dato servirá para poder comparar con normas ya estandarizadas a nivel internacional ya que en el país aún no se cuenta con este estándar de calidad de compostaje.

Concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en el compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos de mercados populares y residencias de Huaraz-Ancash

Tabla 6. Contenido de calcio total en el compost

Pilas	Contenido de calcio Ca (%DM)			
	M1	M2	M3	M4
CB	1,503	0,1125	1,0102	0,5285
CR	1,1219	0,1174	0,5987	0,1949
CA	1,1523	0,1023	1,0958	1,555
CON-MC	0,972	0,142	0,6722	0,7774

La cantidad de calcio obtenida al final del proceso de tratamiento, como se puede apreciar la cantidad de calcio comparando la pila convencional con las pilas sometidas a la variación de tratamiento existe cierta variación en la cantidad final de este elemento de calidad para el compostaje.

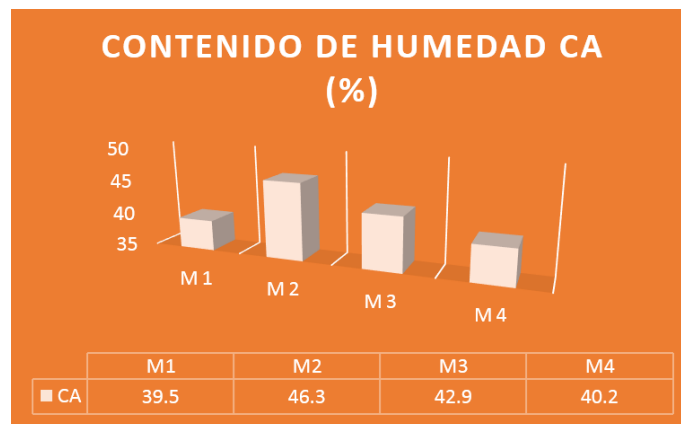


Figura 5. Contenido de humedad en la Pila CA

DISCUSIÓN

Los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio sobre base seca de compost, serían mayores a 0,5 %, la cantidad de calcio debe ser mayor a 2,5 % en el compostaje de residuos sólidos orgánicos de desechos de mercados y zonas residenciales, mediante la modificación de la técnica de diseño estructural.

Comparado con nuestro estudio la cantidad obtenida para todos los tratamientos sometidos CB, CR, CA tienen una cantidad de 7, que está por debajo de estos rangos esto se debe que durante el proceso de digestión no se cumplió con algunos parámetros operacionales como la buena cantidad de agua adicionada a las pilas y algunos residuos que no se degradaron por no ser reducidos a tamaños más pequeños para que sean más asimilables por los microorganismos, las condiciones climáticas, mayores horas de sol y bajas temperaturas retardaron la asimilación de estos componentes orgánicos.

Una vez ya culminado el tratamiento y comprobado que el compost está maduro se hizo una prueba de germinación usando la especie *Lepidium Sativum* obteniendo los mejores resultados con el tratamiento CA en un tiempo de evaluación de 10 días.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de nutrientes halladas fueron 1,455 % para el N, 0,733 % para el P, ambos valores por encima de 0,50 % para el mejor tratamiento CA. El Calcio tuvo como resultado promedio de 0,97 % en el mejor tratamiento CA; promedio encontrado en el K fue de 0,0034 % para el mejor tratamiento CA. El diseño e implementación de los elementos que conforman una pila de compostaje propuesto fue eficiente en la producción de un compost de óptima calidad. Las proporciones y mezclas halladas en la investigación fueron comprobadas y validadas por los reportes obtenidos y obteniendo como mejor tratamiento la pila de compost CA con una relación de C/N de 40 y se cuenta con valores de N y P adecuados y óptimos. Las concentraciones de los nutrientes en el compost han variado, por aumento de pH (hasta 9,2), afectando las concentraciones de K y Ca por debajo de los valores esperados. La concentración de N y P fue adecuada al igual que la humedad, cantidad de materia orgánica presentes en el compost. Esta investigación muestra un nuevo procedimiento de la implementación de las pilas de compostaje desde su caracterización, identificación de los materiales a degradar, la distribución, homogenización, los tiempos de monitoreo, control y operación de todo el proceso de tratamiento, de tal manera que sea útil para los operadores de planta.

AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo y la orientación a la sección de posgrado de la Facultad de Ingeniería Ambiental, así mismo a la universidad Santiago Antúnez de Mayolo de Huaraz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrena Gómez, Raquel. 2006. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Barcelona: Fundació Privada Estudis del Medi Ambient de Mollet del Valles. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Binner, E; Zach, A. 1999. Laboratory Test Describing the Biological Reactivity of Pretreated Residual Wastes. Laboratory Test Describing the Biological Reactivity of Pretreated Residual Wastes. Viena: Proceedings of ORBIT, págs. 255 – 261.
- FAOTERM. 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <<http://www.fao.org/termportal/thematic-glossaries/en/>>[Consulta: 14 – 12 – 2013].
- Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collad, Carlos; Baptista Lucio, María del Pilar. 2010. Metodología de la Investigación-Quinta edición. México: McGraw-Hill, S.A.
- MINAM. 2012. Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y No municipales en el Perú Gestión 2012. MINAM. gov.pe. <http://www.redrrs.pe/material/20140423145035.pdf>>[Consulta: 14 – 12 – 2013].
- Monge, Gladys. 1999. Compostificación de Residuos de Mercado. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente. pag 15.
- OEFA. 2016. Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos en gestión municipal provincial. <<http://www.oefa.gob.pe/publicaciones/fiscalizacion-ambiental-en-residuos-solidos-en-gestion-municipal-provincial>>[Consulta: 01 – 03 – 2016].
- OPS/CEPIS. 2004. Guía para Caracterización de residuos sólidos domiciliarios. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/evaluacion/anexo2.pdf>>[Consulta: 01 – 03 – 2016].

Martín Huamán Carranza

Roman, Pilar; Martinez, Maria; y Pantoja, Alberto. 2013. Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO

SIGERSOL. 2014. MINAM. Sigersol. <<http://www.sigersol.pe/2014/verInforme.php?id=85>> [Consulta: 12 – 12 – 2016].

Sztern, Daniel y Pravia, Miguel. 1999. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud (OPS). <<http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf>>. [Consulta: 01 – 12 – 2018].

Fecha de recepción: 07/10/2019

Fecha de aceptación: 28/11/2019

Correspondencia

Martín Miguel Huamán Carranza

mhuamanc@unasam.edu.pe