

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS RESIDENCIALES PARA
LA GENERACION DE ABONO EN BOGOTÁ.**

VICTORIA EUGENIA BAQUERO MORÓN

**UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2019**

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS RESIDENCIALES PARA
LA GENERACION DE ABONO EN BOGOTÁ.**

VICTORIA EUGENIA BAQUERO MORÓN

**Monografía para optar al título de Especialista en
Gestión Ambiental**

**Orientadora
MONIKA CRISTINA ECHAVARRÍA PEDRAZA
Bióloga/DOCTOR**

**UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá, D.C., marzo de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

Director Especialización en Gestión Ambiental

Dr. Emerson Mahecha Roa.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la bendición de culminar mis estudios y convertirme en una profesional, a mis padres por sus buenos ejemplos y todos los valores que me enseñaron a lo largo de mi vida, a Theito por ser mi compañero fiel, a la profesora Monika Echavarría por ser una guía para este proyecto y finalmente a mis compañeros, en especial a Giovanni, por su paciencia y apoyo durante este proceso.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCION	13
OBJETIVOS	14
1. EL COMPOSTAJE	15
1.1 FACTORES IMPORTANTES EN EL COMPOSTAJE	15
1.1.1 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	15
1.1.2 Balance de nutrientes	16
1.1.3 Oxígeno	16
1.1.4 Humedad	16
1.1.5 Temperatura	17
1.1.6 Potencial de hidrogeno (pH)	18
1.1.7 Estructura y homogenización de los residuos sólidos	18
1.1.8 Condiciones climáticas	19
1.2 ETAPAS DEL COMPOSTAJE	19
1.2.1 Fase Mesófila	20
1.2.2 Fase Termófila o de Higienización	20
1.2.3 Fase de Enfriamiento o Mesófila II	20
1.2.4 Fase de Maduración	21
1.3 METODOLOGÍAS	21
1.3.1 Sistemas abiertos o en pila	22
1.3.2 Sistemas cerrados (pequeña escala)	26
1.4 CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS DEL COMPOST	31
1.5 BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE COMO MÉTODO DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS	35
1.5.1 Ambientales	35
1.5.2 Salud humana	35
1.5.3 Económicos	36
1.5.4 Soberanía alimentaria	36
1.5.5 Sociales	36
2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS	37
2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	37
2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	38
3. PROPUESTA DE MANEJO	41
3.1 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN	41
3.2 ELEMENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	42
3.3 PROCESO DE APLICACIÓN	44
4. CONCLUSIONES	49

5. RECOMENDACIONES

50

BIBLIOGRAFIA

51

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Ventajas y desventajas de una compostera vertical.	28
Cuadro 2. Ventajas y desventajas de una compostera horizontal.	29
Cuadro 3. Comparación de los sistemas de compostar.	30
Cuadro 4. Especificaciones sanitarias.	32
Cuadro 5. Contenido de nutrientes en el compost.	32
Cuadro 6. Concentración máxima de metales pesados.	33
Cuadro 7. Tamaños permitidos de material.	34
Cuadro 8. Características de los residuos orgánicos.	39
Cuadro 9. Materiales ricos en carbono, nitrógeno y los que no se deben utilizar.	45

LISTA DE GRÁFICOS

	pág
Gráfico 1. Humedad durante el compostaje y en el producto final.	17
Gráfico 2. Variación de la temperatura.	18
Gráfico 3. Relación de la temperatura, el oxígeno y el pH en el proceso de compostaje.	21

LISTA DE IMÁGENES

	pág
Imagen 1. Sistema de aireación forzada.	22
Imagen 2. Sistema de recolección de lixiviados.	23
Imagen 3. Sistema de pila con volteo mecanizado.	23
Imagen 4. Modalidades para realizar el volteo.	25
Imagen 5. Dispositivos utilizados como compostera.	27
Imagen 6. Compostera vertical.	28
Imagen 7. Compostera horizontal.	29
Imagen 8. Área para implementar el compostaje.	42
Imagen 9. Área para implementar el compostaje.	43
Imagen 10. Tanque plástico para compostera.	44
Imagen 11. Repartición de materiales dentro de la compostera.	46

RESUMEN

El trabajo a continuación se basa en el análisis del aprovechamiento de los residuos orgánicos proveniente de los hogares en la ciudad de Bogotá para la generación de abono orgánico mediante la técnica de compostaje doméstico. En primera instancia se efectuó una investigación de carácter teórico para explicar el término compostaje, sus principales factores, etapas, las metodologías para aplicarlo y finalmente los diversos beneficios que se pueden obtener al ponerlo en práctica. Posteriormente se realizó un estudio teórico práctico acerca de los residuos orgánicos producto de un conjunto residencial. Se hizo una clasificación y cuantificación de estos para luego definir las propiedades de cada uno. Finalmente se planteó una propuesta de manejo para implementar dentro del conjunto residencial donde se explicaba la manera de comunicación a los residentes, los elementos a necesitar, el procedimiento de recolección y el proceso de aplicación.

Palabras clave: Abono, Compostaje, Reciclaje, Residuos Orgánicos, Descomposición, Aprovechamiento.

ABSTRACT

The following work is based on the analysis of the use of organic waste from households in the city of Bogotá for the generation of organic fertilizer through the domestic composting technique. In the first instance, a theoretical investigation was carried out to explain the term composting, its main factors, stages, the methodologies to apply it and finally the various benefits that can be obtained by putting it into practice. Afterwards, a theoretical and practical study was carried out on organic residues produced by a residential complex. A classification and quantification of these was done to then define the properties of each one. Finally, a management proposal was proposed to implement within the residential complex where the way of communication to the residents, the elements to be needed, the collection procedure and the application process were explained.

Key words: Fertilizer, Composting, Recycling, Organic Waste, Decomposition, Exploitation.

INTRODUCCION

El crecimiento exponencial de la población es una preocupación mundial. Cada día crece la duda de cuánto tiempo tardará el planeta en sobrepasar su capacidad de carga y así como se aumenta el número de habitantes de la tierra, aumenta la cantidad de residuos que se generan por las actividades cotidianas de las personas. Debido a esto nace la necesidad de buscar maneras de crear conciencia y encontrar soluciones prácticas y sencillas para mitigar los impactos ambientales que se puedan presentar.

La presente investigación toca el tema del aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de los hogares de los habitantes de un conjunto residencial en la ciudad de Bogotá para la generación de abono orgánico mediante procesos de compostaje.

El hecho de que se busquen maneras de contribuir desde el hogar para la solución de este problema es ya un gran avance. Al encontrar una motivación para que todas las personas aprendan la separación correcta de los residuos y la reutilización de los mismos podría generar una disminución considerable de la cantidad de residuos que terminan diariamente en los rellenos sanitarios.

A lo largo de la construcción del documento se presenta el tema de manera teórica, definiendo las diferentes metodologías para la obtención del abono a través del compostaje y se lleva a la práctica mediante la cuantificación y la descripción de los residuos orgánicos provenientes de un domicilio para luego exponer una propuesta de manejo en este caso en específico.

Se presenta los beneficios ambientales, de la salud humana, económicos, de la soberanía alimentaria y sociales de la implementación de este método poniendo en consideración su viabilidad. Y por otro lado se muestra un posible manejo de las limitaciones que se pueden encontrar en cuanto a la educación de las personas y su concientización.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios para la generación de abono mediante compostaje en Bogotá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las metodologías para la obtención de abono a través del compostaje.
- Identificar el volumen y la composición de los residuos orgánicos proveniente de un domicilio en la ciudad de Bogotá.
- Evaluar la opción más viable a aplicar para la obtención de abono mediante el compostaje de residuos domésticos a escala domiciliaria.

1. EL COMPOSTAJE

De acuerdo con RODRÍGUEZ¹, Las actividades realizadas por los seres humanos, en su mayoría generan “basura”, término usado incorrectamente ya que lo que en realidad se está generando son residuos y esto no quiere decir que no puedan ser aprovechados de alguna u otra manera, ya que, para que estos puedan ser reutilizados se necesitan ayudas tanto económicas como tecnológicas. Los rellenos sanitarios reciben diariamente gran cantidad de residuos de carácter orgánico y son varias las actividades que se pueden realizar para mantenerlos en ciclos productivos.

Según el MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA², una de las actividades para el aprovechamiento de este tipo de residuos es el compostaje, ya que mediante el uso de esta tecnología se hacen unos procesos de descomposición de manera controlada sobre la materia orgánica hasta llegar a obtener compost o abono. Lo que se busca con esta metodología es imitar lo que hace la naturaleza por sí sola, donde transforma los restos vegetales y animales en nutrientes para reiniciar el ciclo de vida.

1.1 FACTORES IMPORTANTES EN EL COMPOSTAJE

Con respecto a lo que menciona el MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA³, para que el desarrollo del compost sea óptimo y se logre obtener un producto final de alta calidad, se deben tener en cuenta ciertos factores, al igual que se deben monitorear durante el proceso de compostaje para poder tomar medidas correctivas en caso de que sea necesario y estos son los siguientes:

1.1.1 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N). Según el MMAyA⁴, ambos elementos cumplen funciones importantes durante el compostaje, el carbono es el encargado de suministrar la energía necesaria para los microorganismos, mientras que la tarea del nitrógeno es la síntesis de proteínas. La relación de ambos (C/N) hace referencia a unidades de C sobre unidades de N y los valores ideales para que el proceso sea bueno están entre 20-30.

¹ RODRIGUEZ, Sara. Residuos Sólidos en Colombia: Su manejo es un compromiso de todos. En: L'esprit Ingénieur 2. [Google Académico]. Tunja. 2011. vol. 2, no. 1, p. 93-95. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieur/article/view/117>

² MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA – MMAyA. Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Mediante Compostaje y Lombricultura. [Sitio Web]. LaPaz.bo. Sec. Biblioteca. p. 24. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://redcompostaje.mmaya.gob.bo/index.php/biblioteca/guias>

³ *Ibíd.*, p. 25-31.

⁴ *Ibíd.*, p. 26.

Para el MMAyA⁵ existen problemas cuando los valores de esta relación son muy altos, un ejemplo podría ser C/N=40, lo que causa que no se logre alcanzar las temperaturas necesarias y haga del proceso algo más lento, desperdiciando el carbono en forma de dióxido de carbono. La solución a este caso sería añadirle materiales ricos en nitrógeno como lo son desechos de alimentos, hojas frescas, entre otros. Por otro lado, cuando esta relación es muy baja, por ejemplo, con un valor de C/N=10, las pérdidas se darán, pero en forma de amoníaco y la solución para esto sería adicionando materiales ricos en carbono como los llamados residuos cafés (hojas secas, papeles, entre otros).

El MMAyA⁶ considera que otro aspecto que nos puede dar dicha relación es el estado del producto final. A medida que va pasando el tiempo se van dando pérdidas en forma de dióxido de carbono, lo que nos indica que la relación ira disminuyendo. Los valores óptimos para el compost van de 12 a 15, si este valor es menor significaría una mineralización excesiva y si es mayor quiere decir que la descomposición no fue la suficiente.

1.1.2 Balance de nutrientes. De acuerdo con lo estipulado por el MMAyA⁷ se debe realizar un balance de nutrientes cuando los valores de C/N no son los adecuados, esto se hace mediante la mezcla del material que se busca disponer con otros y así lograr una relación óptima. Las mezclas se pueden hacer en unidades tanto de masa como volumétricas, pero por razones prácticas lo que se maneja son las volumétricas (L, m³). Para la realización de compostaje con desechos orgánicos domiciliarios se debe realizar la mezcla con productos que garanticen una buena circulación de aire como lo es el material vegetal.

1.1.3 Oxígeno. Como lo indica el MMAyA⁸ el proceso que ocurre durante el compostaje es aerobio, por eso la presencia del oxígeno es de total importancia. Al no tener buenas cantidades de este elemento el compostaje se torna más lento además de aparecer vectores desagradables como el mal olor, esto es debido a que el proceso comienza a ser anaerobio. Por eso es de vital importancia la homogeneidad de la porosidad y los valores de esta (ideal un 25%) y por otro lado la aireación que se le dé a la mezcla ya sea manual, mecánica o forzada.

1.1.4 Humedad. Según el MMAyA⁹ tener una buena humedad en el material es otro de los factores que poseen gran importancia ya que de ella depende que los

⁵ Ibíd., p. 26.

⁶ Ibíd., p. 26.

⁷ Ibíd., p. 27.

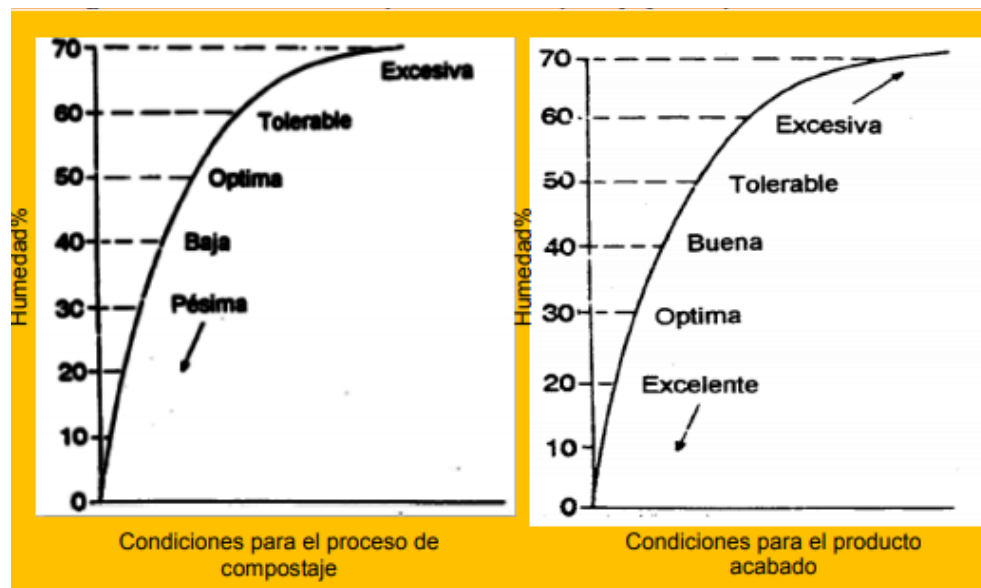
⁸ Ibíd., p. 27-28.

⁹ Ibíd., p. 28.

microorganismos presentes puedan sobrevivir. Esta va relacionada con la granulometría de la mezcla, la porosidad y el grado de compactación. Un producto final tiene valores de humedad entre 30 y 40% y esto depende totalmente de la materia inicial.

Siguiendo con lo dicho por el MMAyA¹⁰ cuando la humedad no está dentro de este rango causa algunas consecuencias, por ejemplo, cuando ésta es menor impacta en la degradación de la materia y su temperatura, a su vez afectando la actividad de los microorganismos y la solución para esta problemática sería implementando riegos o evitar la evaporación al taparlo con algún material como el plástico. Y cuando esta es demasiada hace que la descomposición se torne anaerobia provocando malos olores y una mala circulación del oxígeno, la solución en este caso sería añadir elementos secos o airear la mezcla. Un ejemplo visual para la explicación dada anteriormente es el gráfico 1 que vemos a continuación.

Gráfico 1. Humedad durante el compostaje y en el producto final.



Fuente: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA – MMAyA. Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Mediante Compostaje y Lombricultura. [Sitio Web]. LaPaz.bo. Sec. Biblioteca. p. 28. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://redcompostaje.mmaya.gob.bo/index.php/biblioteca/guias>

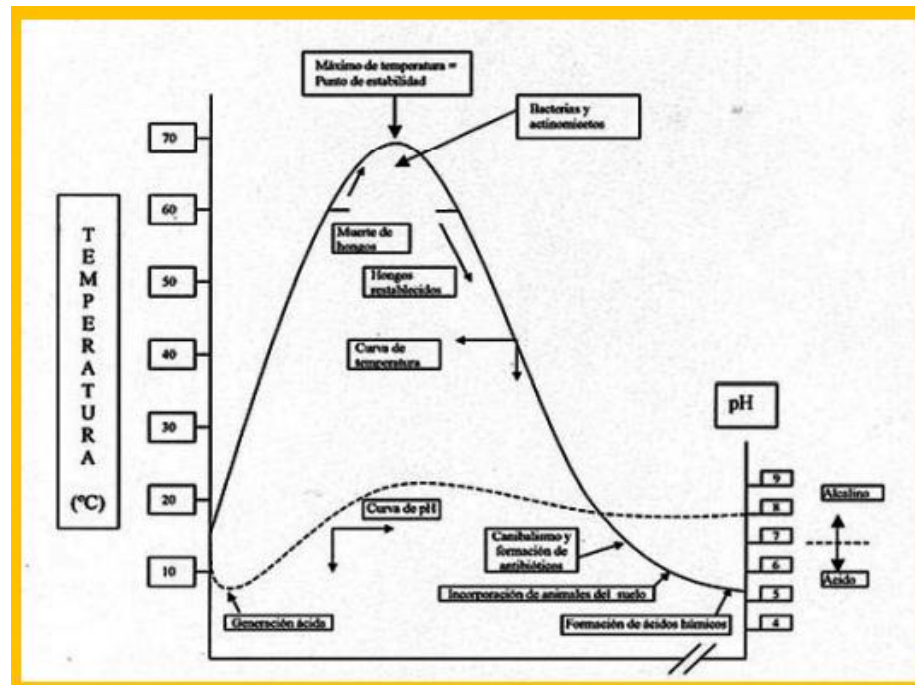
1.1.5 Temperatura. Para el MMAyA¹¹ en cada fase del compostaje es importante garantizar la temperatura adecuada para que los cambios en la materia se hagan

¹⁰ *Ibíd.*, p. 28.

¹¹ *Ibíd.*, p. 29.

de la mejor manera. Esta puede regularse con la humedad, la aireación y la actividad microbiológica. El producto terminado debe encontrarse entre 30-35°C y es importante no sobrepasar los 70°C durante todo el proceso ya que en temperaturas superiores la actividad microbiana es inhibida. Para observar un ejemplo de las variaciones que sufre la temperatura en el compostaje ver gráfico 2.

Gráfico 2. Variación de la temperatura.



Fuente: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA – MMAyA. Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Mediante Compostaje y Lombricultura. [Sitio Web]. LaPaz.bo. Sec. Biblioteca. p. 29. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://redcompostaje.mmaya.gob.bo/index.php/biblioteca/guias>

1.1.6 Potencial de hidrogeno (pH). Para el MMAyA¹² este es otro factor que nos ayuda a saber cómo se encuentra el proceso en cada una de sus etapas, si este se está desarrollando adecuadamente o si por lo contrario se están presentando algún tipo de pérdidas. Un pH de 6,5 hace referencia a que el proceso transcurre de manera normal pero cuando este supera un valor de 8 es donde se comienzan a dar las pérdidas.

1.1.7 Estructura y homogenización de los residuos sólidos. De acuerdo con lo especificado por el MMAyA¹³ para que los procesos aerobios y la porosidad

¹² *Ibíd.*, p. 29.

¹³ *Ibíd.*, p. 30-31.

característica del compostaje se den de igual manera en toda la mezcla es de gran importancia garantizar que esta sea homogénea. Esto se puede hacer al triturar el material ya sea de forma manual o con equipos especializados. El tamaño del material triturado debe estar entre 10 – 20 mm.

1.1.8 Condiciones climáticas: El MMAyA¹⁴ dice que las condiciones a las que se realiza el compostaje son fundamentales ya que tiene un efecto directo ante el proceso. En cuanto al viento, este provoca que la temperatura disminuye y se aumenta la evaporación, la temperatura externa causa es que se enlentezca un poco la fase inicial, pero no afecta el proceso ya que los microorganismos son los encargados de manejar la temperatura interna y por ultimo las lluvias no causan un impacto de importancia ya que después de que las pilas tengan la forma y pendiente adecuada, esta se escurrirá.

Además de todos los factores antes mencionados, según MÁRQUEZ¹⁵, la separación del material que se va a utilizar para la composta cumple un papel fundamental al momento de mirar la calidad del producto terminado. Es de vital importancia tener en cuenta que los desechos orgánicos que utilicemos no estén contaminados con otros elementos que puedan entorpecer el proceso de compostaje. La recolección de dichos desechos debe realizarse de manera selectiva y comprometida. Algunos ejemplos de los materiales que se deben separar son metales, piedras, productos que afecten la actividad microbiana (productos de limpieza, sustancias acidas o alcalinas, entre otros), plásticos y vidrios.

1.2 ETAPAS DEL COMPOSTAJE

De acuerdo con la FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS¹⁶ el compostaje es un proceso aerobio donde se tienen en cuenta diversos factores para que el producto final sea higiénico y asimilable por el medio ambiente. Estos son complejos ya que los microorganismos producen su propia biomasa al aprovechar el oxígeno, nitrógeno y carbono presentes. Existen 4 fases relacionadas a los cambios de temperaturas que se presencian en el proceso y son las siguientes:

¹⁴ Ibíd., p. 31.

¹⁵ MÁRQUEZ, Liliana. Residuos Sólidos: Un Enfoque Multidisciplinario Volumen 1. Tratamientos aerobios de residuos sólidos orgánicos. LibrosEnRed. 2011. p. 178-179. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.librosenred.com/libros/residuossolidosunenfoquemultidisciplinariovolumeni.html>

¹⁶ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer's Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 11-13. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/l3388E>

1.2.1 Fase Mesófila. Según la FAO¹⁷ el proceso inicia a temperatura ambiente y alcanza los 45°C, esto puede tardar algunos días (entre dos y ocho días) y la razón es debido a que los microorganismos comienzan su labor de generar calor al usar el carbono (C) y nitrógeno (N) que están presentes. Como se comienzan a producir ácidos orgánicos debido a la descomposición que sufren los compuestos solubles, se puede dar que el pH descienda hasta 4.0 o 4.5.

1.2.2 Fase Termófila o de Higienización. Luego la FAO¹⁸ indica que cuando el proceso sobrepasa los 45°C se desarrollan nuevos microorganismos que son capaces de crecer cuando están a temperatura elevadas y hacen que las fuentes más complejas de C (como la celulosa y la lignina) sufran procesos de descomposición más fácilmente, como las bacterias termófilas. Además, desde los 60°C en adelante se comienza a dar la descomposición de ceras, hemicelulosas y otros compuestos debido a las esporas y actino bacterias presentes gracias a las bacterias. Todo esto puede tardar un periodo de días hasta meses, todo depende de diferentes factores como las condiciones climáticas, el tipo de residuos con los que se está haciendo el proceso, entre otros. Con respecto al pH, este comienza a ascender ya que el N que se encontraba presente sufre transformaciones hasta convertirse en amoníaco.

De acuerdo con la FAO¹⁹ como en esta fase se alcanzan altas temperaturas ocurre la destrucción de contaminantes de origen fecal, quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas, es por esto por lo que esta fase también recibe el nombre de higienización.

1.2.3 Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Siguiendo lo dicho por la FAO²⁰ en este punto del proceso la temperatura comienza a descender nuevamente (40-45°C) y esto es porque la materia orgánica que se encuentra en compostaje acaba con el C y N allí presente. De igual manera la degradación continua su curso, en este caso con polímeros como por ejemplo la celulosa y el pH se mantiene alcalino, es decir que, sufre un leve descenso porque vuelve a darse la actividad de organismos mesófilos. Por otro lado, otro indicador de que nos encontramos en la fase de enfriamiento es la aparición de algunos hongos que pueden detectarse a simple vista.

¹⁷ *Ibíd.*, p. 11.

¹⁸ *Ibíd.*, p. 11.

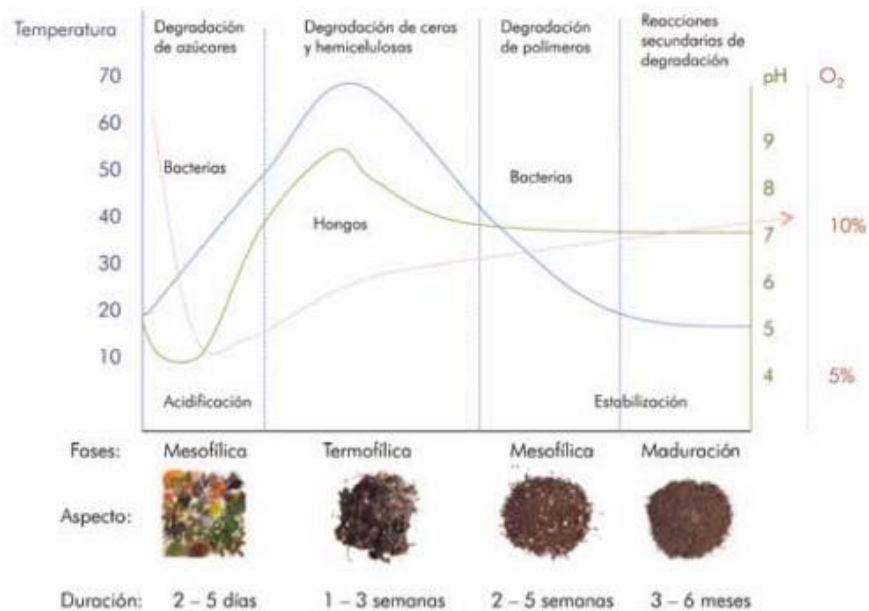
¹⁹ *Ibíd.*, p. 11.

²⁰ *Ibíd.*, p. 12.

1.2.4 Fase de Maduración. Por último, para la FAO²¹ en esta etapa lo que se busca es obtener ácidos húmicos y fúlvicos y esto se da por medio de reacciones secundarias que tardan varios meses en darse. Todo esto ocurre a temperatura ambiente.

Teniendo en cuenta lo mencionado por la FAO²² para observar la relación de la temperatura, el oxígeno y el pH para que el compost obtenido pueda ser homogéneo y estar en óptimas condiciones, ver el gráfico 3.

Gráfico 3. Relación de la temperatura, el oxígeno y el pH en el proceso de compostaje.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 13. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/13388E>

1.3 METODOLOGÍAS

Como lo indica la FAO²³, al momento de elegir qué tipo de técnica será usada para realizar el compostaje es de suma importancia tener en cuenta aspectos como el

²¹ *Ibíd.*, p. 12.

²² *Ibíd.*, p. 13.

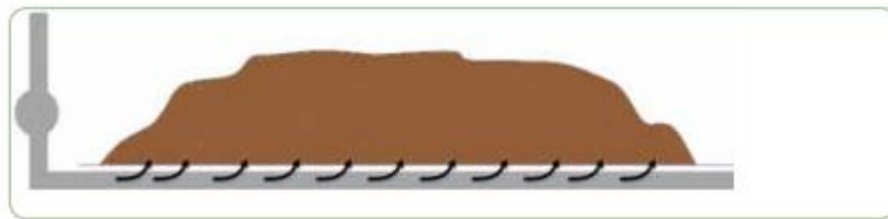
²³ *Ibíd.*, p. 35.

espacio y el tiempo que se tiene, la seguridad higiénica que se necesita, con qué tipo de materiales se va a comenzar a trabajar y por último las condiciones climáticas que se tienen en el lugar donde se va a desarrollar el procedimiento.

1.3.1 Sistemas abiertos o en pila: según la FAO²⁴, esta metodología es usada cuando los desechos orgánicos que se van a aprovechar son numerosos, de 1 m³ en adelante. De acuerdo con los aspectos anteriormente nombrando que hay que tener en cuenta (tiempo, espacio, etc.), se elige el tipo de pila que se va a implementar y existen variedades de ellas donde se mide el volumen, forma, disposición y espacio, todas con la similitud que se utilizan capas de diferentes materiales de manera alternada. Cuando se habla del uso de este sistema a nivel industrial se ha diseñado ciertas técnicas para mejorar su implementación. Algunos ejemplos son los siguientes:

- **Sistema de aireación forzada.** De acuerdo con la FAO²⁵ se realiza la construcción de canales los cuales van ubicados en la parte inferior de la pila con el fin de que los niveles de oxígeno sean los adecuados a través de proporcionar aire por estos canales. La imagen 1 nos muestra gráficamente como sería lo anteriormente explicado.

Imagen 1. Sistema de aireación forzada.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 36. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/13388E>

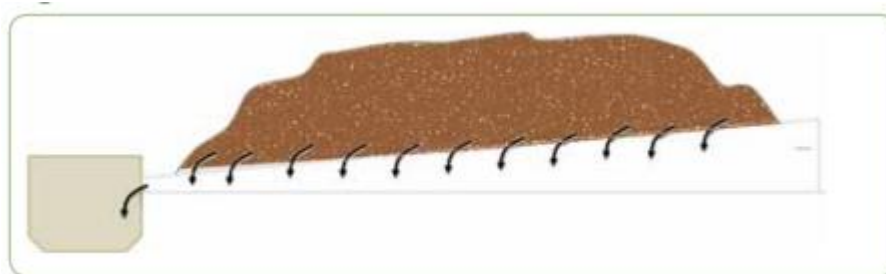
- **Sistema de recolección de lixiviados.** En la imagen 2 podemos observar un ejemplo de lo especificado por la FAO²⁶ de cómo es el sistema de recolección de lixiviados para su posterior tratamiento

²⁴ *Ibíd.*, p. 35-36.

²⁵ *Ibíd.*, p. 36.

²⁶ *Ibíd.*, p. 36.

Imagen 2. Sistema de recolección de lixiviados.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 36. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/l3388E>

- **Sistema de pila con volteo mecanizado.** La FAO²⁷ indica que en estos sistemas pueden usarse dos tipos de herramientas para realizar la tarea de volteo. La primera es usando un volteador lateral de tornillo adaptado a un tractor, donde la altura de la pila dependerá exclusivamente de la altura de dicho dispositivo y la segunda es mediante el uso de una pala frontal y las pilas pueden medir hasta tres metros de altura, aunque la altura que se desea para que el volteo sea realizado de manera adecuada es de 1.5 metros. La imagen 3 muestra un ejemplo grafico de lo antes mencionado.

Imagen 3. Sistema de pila con volteo mecanizado.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 37. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/l3388E>

Como menciona la FAO²⁸, se deben realizar algunos cálculos referentes a las dimensiones (área y volumen) de la pila que se va a implementar antes que comenzar con cualquier proceso. Estos cálculos se pueden realizar a partir de: La

²⁷ *Ibíd.*, p. 37.

²⁸ *Ibíd.*, p. 37-39.

cantidad de material a compostar, los requerimientos del compost final y el área disponible para realizar el compostaje.

Según la FAO²⁹, posteriormente se debe tener en cuenta otros aspectos para poder formar la pila donde encontramos:

- **Área y nivelación.** Según lo indicado por la FAO³⁰ para hacer esa elección es importante tener en cuenta las distancias al área donde se producen los residuos y donde se va a disponer el compost resultante, al igual de las condiciones climáticas que se manejen en dicho lugar. También se deben tener controlados cualquier problema que pueda generarse a partir de lixiviados o erosión y eso se hace mediante la tenencia de una pendiente baja, menos a 4%. Por otro lado, se debe tener cuidado de no tener nacimiento de agua cercanos ni vientos demasiado fuertes.
- **Picado del material y amontonamiento.** La FAO³¹ expone que se emplean técnicas de picado ya sean manuales o mecánicas para obtener el tamaño óptimo necesario para poder realizar el compostaje de manera óptima. De igual manera hay que tener presente que la relación C/N sea la adecuada mediante la mezcla de distintos tipos de materiales.
- **Volteo.** Lo expuesto por la FAO³² menciona que los controles del aspecto visual del compost son de gran importancia en este punto, al igual que las condiciones climáticas, la humedad y la optimización del espacio. Cuando se da inicio al proceso el volteo se realiza de manera semanal y pasadas las 3-4 semanas se comienza a realizar de manera quincenal. En la imagen 4 podemos observar algunos ejemplos de modalidades para realizar el volteo de las pilas.

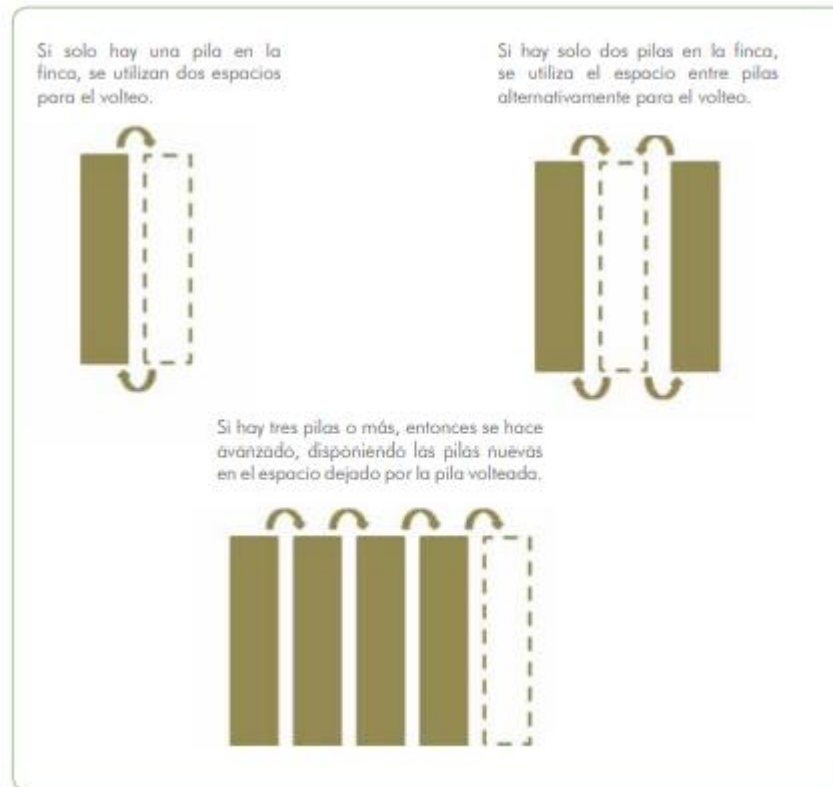
²⁹ *Ibíd.*, p. 39-43.

³⁰ *Ibíd.*, p. 40.

³¹ *Ibíd.*, p. 40-42.

³² *Ibíd.*, p. 43.

Imagen 4. Modalidades para realizar el volteo.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 43. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/I3388E>

De acuerdo con la FAO³³, es importante realizar monitoreo de temperatura, humedad y pH y de manera casera podemos realizarlo de la siguiente manera:

- **Temperatura.** Para la FAO³⁴ la temperatura se puede realizar mediante la utilización de termómetros o introduciendo barras de metal o de madera alrededor de la pila para realizar la comprobación de la temperatura manualmente y rigiendo a lo que dice nada fase en específico.

³³ *Ibíd.*, p. 44.

³⁴ *Ibíd.*, p. 44.

- **Humedad.** para medir este parámetro la FAO³⁵ especifica que se puede implementar la llamada “técnica del puño cerrado” la cual nos permite identificar si hay o no exceso de humedad al extraer un puñado del material y observar si escurre agua o se queda suelto sobre la mano y posterior a esto tomar las medidas necesarias para corregirlo.
- **PH.** para realizar esta medición la FAO³⁶ dice que se puede hacer directamente de la pila mediante la utilización de una tira indicadora y la comparación del color que arroje luego de que esta se humedezca por estar en contacto con el compost durante un tiempo. O se puede realizar con una solución acuosa donde mezclamos una muestra del compost con agua para luego directamente medirla dentro de la solución ya sea con pHmetro o tira indicadora.

Como lo indica la FAO³⁷, cuando ya se ha comprobado que el proceso de compostaje ha terminado se prosigue a hacer un cernido o tamizado que consiste en eliminar cualquier elemento de gran tamaño o que pueda contaminar el producto final. Normalmente el tamiz es de 1.6 cm, pero realmente esto varía de acuerdo con las normativas que se tengan en cada país.

1.3.2 Sistemas cerrados (pequeña escala). De acuerdo con la FAO³⁸, esta metodología es utilizada generalmente cuando se hace compost a nivel familiar. Esta tiene aspectos tanto negativos como positivos. Dentro de los negativos encontramos que por ser un sistema cerrado puede alcanzar altas temperaturas lo que requiere que se le dé un monitoreo especial. En cuanto a lo positivos son numerosas las ventajas al poner en práctica este método ya que permite que tener un control de las personas que tienen acceso al material al igual que cualquier animal que quiera acercarse, también evita que pueda existir una acumulación de aguas lluvias e invasión de vectores y facilita el volteo, el control de lixiviados y la protección contra fuertes vientos.

Cuando hablamos de los tipos de dispositivos utilizados como composteras podemos encontrar los que se muestran en la imagen 5.

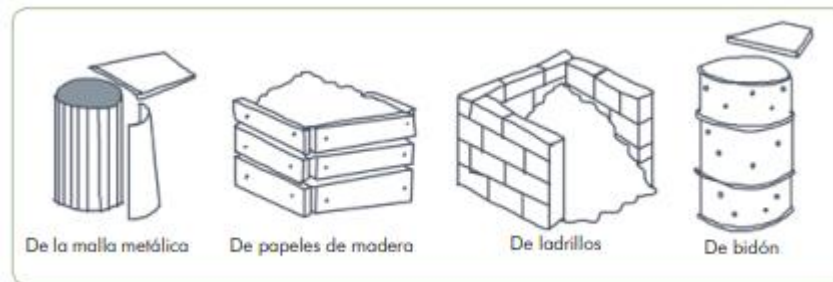
³⁵ *Ibíd.*, p. 44.

³⁶ *Ibíd.*, p. 44.

³⁷ *Ibíd.*, p. 45.

³⁸ *Ibíd.*, p. 48.

Imagen 5. Dispositivos utilizados como compostera.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwook Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. P. 49. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/l3388E>

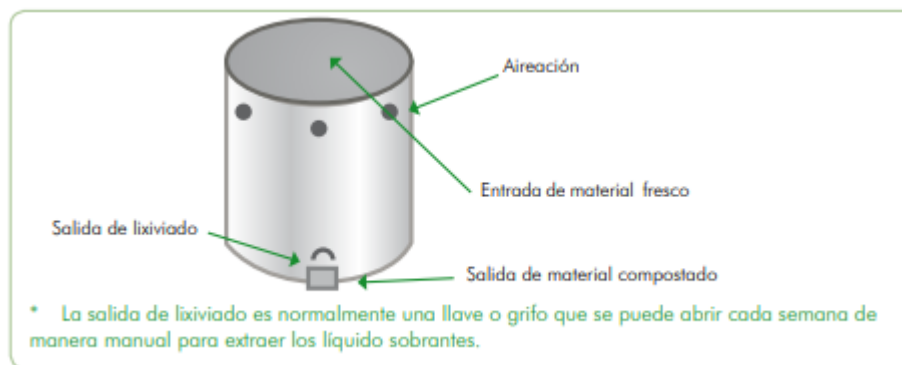
Según la FAO³⁹, primero que todo se debe hacer la selección del recipiente que se va a utilizar teniendo en cuenta el área, la disponibilidad local, la cantidad de materia orgánica que se posea y el tipo de proceso. Existen dos formas principales de disposición del recipiente: disposición vertical y horizontal, los cuales se explican a continuación:

- **Disposición vertical.** la FAO⁴⁰ hace énfasis que en este caso el contenedor que se emplee se encuentra sobre su base. Normalmente la entrada de los desechos orgánicos se encuentra ubicada en la parte superior y en la parte inferior se encuentra una salida para el producto final. Se puede agregar de manera continua el material para realizar el compostaje y de igual manera se puede extraer el compost en su etapa final. En la siguiente imagen podemos observar un ejemplo de cómo luciría una compostera vertical.

³⁹ *Ibíd.*, p. 50-51.

⁴⁰ *Ibíd.*, p. 50.

Imagen 6. Compostera vertical.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwook Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 50. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/I3388E>

En el cuadro 1 podemos encontrar las ventajas y desventajas de usar el dispositivo antes mencionado.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de una compostera vertical.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Es fácil de poner en practica - La inversión no es alta - Es perfecto cuando se tiene limitaciones en cuanto al área - Normalmente posee un grifo en la parte inferior de la compostera lo que permite tener un control en cuanto al tratamiento de los lixiviados 	<ul style="list-style-type: none"> - La humedad no es uniforme a lo largo de toda la materia debido a que puede generarse una compactación de este y da como resultado que la parte superior tienda a secarme más rápido. - Se da la necesidad de tener un área para poner realizar las operaciones de volteo ya que al realizarlo con una barra puede haber riesgos de generar bolsas anaeróbicas.

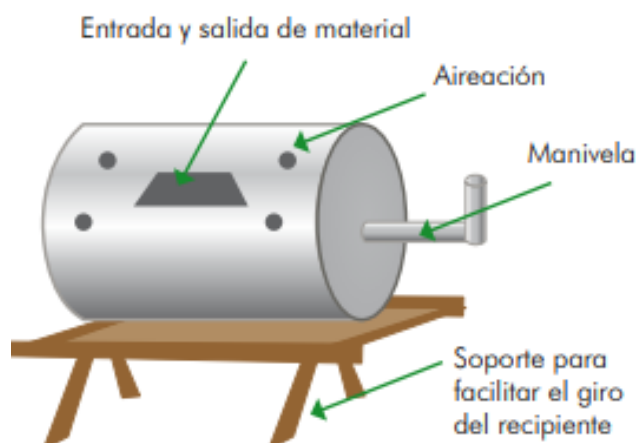
Nota: La información que está contenida en el cuadro es en base a FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwook Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 50. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/I3388E>

- **Disposición horizontal:** para la FAO⁴¹ en este caso la compostera se encuentra sobre su eje longitudinal además de ser un proceso por cargas. Con este sistema primero se carga totalmente el dispositivo con el material que se

⁴¹ *Ibíd.*, p. 50.

desea aprovechar y luego de que el proceso finalice de manera adecuada es que se puede hacer la extracción del compost para luego dar inicio nuevamente al proceso. En la siguiente imagen podemos ver como luciría una compostera con estas características.

Imagen 7. Compostera horizontal.



Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 51. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/I3388E>

En el cuadro 2 podemos ver las ventajas y las desventajas que conllevan el uso de una compostera horizontal.

Cuadro 2. Ventajas y desventajas de una compostera horizontal.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Tiene una facilidad para realizar volteo lo que genera una mejor humedad y compactación y a su vez se obtiene una mezcla con condiciones homogéneas 	<ul style="list-style-type: none"> - A diferencia del sistema vertical, la inversión de este es mayor - No hay control de lixiviados ya que estos pueden escaparse durante las actividades de volteo - Para que haya continuidad en el compostaje se necesitan mínimo dos composteras

Nota: La información que está contenida en el cuadro es en base a FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwork Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 50-51. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/I3388E>

La FAO⁴² señala un cuadro comparativo entre los dos sistemas anteriormente mencionados. En el cuadro 3 podemos ver dicho cuadro donde se tiene en cuenta aspectos como la inversión, la manipulación, el espacio y condición del compost final.

Cuadro 3. Comparación de los sistemas de compostar.

	Inversión	Manipulación	Espacio	Compost final
Horizontal o discontinua	Baja	Sencilla	Poco	Heterogéneo
Vertical o continua	Alta	Más compleja	Amplio	Homogéneo

Fuente: Fuente: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer’s Compost Handwook Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 51. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/l3388E>

Según las especificaciones de la FAO⁴³, cuando se lleva a la practica el compostaje usando un recipiente se debe realizar las siguientes actividades: para elegir el tipo de compostera se debe elegir primeramente el lugar donde se va a realizar la actividad para saber con qué espacio se cuenta, la cantidad del material que se va a trabajar y un tiempo aproximado que se va a gastar en el proceso, el picado del material debe hacerse previo al llenado del dispositivo que se vaya a emplear y finalmente se debe realizar un monitoreo en cuanto a la humedad y aireación de la materia, volteo a su debido tiempo y extracción y tamizado luego de la finalización del proceso tal y como se explicó en los sistemas abiertos.

⁴² *Ibíd.*, p. 51.

⁴³ *Ibíd.*, p. 52.

1.4 CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS DEL COMPOST

De acuerdo con la INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL, el compost obtiene su clasificación dependiendo de la calidad que este posea. Entre sus clases encontramos:

Compost Clase A. Producto de alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase A. Este producto no representa restricciones de uso, debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación. Puede ser aplicado a macetas directamente y sin necesidad que sea previamente mezclado con otros materiales.

Compost Clase B. producto a nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase B. Este producto representa algunas restricciones de uso. Para ser aplicado a macetas, requiere ser mezclado con otros elementos adecuados.

Compost inmaduro o subestándar. Materia orgánica que ha pasado por las etapas de mesofílica y termofílica del proceso de compostaje, donde ha sufrido una descomposición inicial, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración necesarias para obtener un compost Clase A o Clase B. Es un producto que se debe mezclar para ser aplicado para no producir hambre de nitrógeno⁴⁴.

La INGEA⁴⁵ dice que la materia prima para compostaje debe venir de materia orgánica que no esté contaminada y algunas fuentes de estos materiales pueden ser residuos de producción agrícola de frutas, hortalizas, legumbres, entre otros, producción pecuaria primaria, residuos de industrias de conserva, deshidratados, congelados, tabaco, levaduras, azucarera, lechera, panadera, pastelera, confitera, reciclaje de papel, cuero que no contenga cromo, residuos orgánicos domiciliarios, etc.

Por otro lado, como lo indica la INGEA⁴⁶, en cuanto a los requisitos que debe tener el producto ya compostado encontramos los sanitarios donde las 3 clases de compost antes mencionadas deben cumplir con ciertas especificaciones. Estas se encuentran dentro del cuadro 4.

⁴⁴ INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL – INGEA. Proyecto de norma en consulta pública. NCh 2880. 2003. Compost – Clasificación y requisitos. [Sitio web]. Providencia.ch. Sec. Normativa. p. 7-8. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/normativa.htm>

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 8-9.

⁴⁶ *Ibíd.*, p. 10.

Cuadro 4. Especificaciones sanitarias.

Tipo de microorganismo	Tolerancia
1) Coliformes fecales	< a 1 000 NMP por gramo de compost, en base seca
2) <i>Salmonella sp</i>	Ausencia
3) Huevos de helmintos Ova helmintica	Ausencia
4) Virus MS-2	Densidad máxima < a 1 UFP por 4 g de compost, en base seca
5) <i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia
6) <i>Clostridium perfringens</i>	(10) 3 por gramo de compost

NMP = Número Más Probable.
UFP = Unidad de Formación de Placas.

Fuente: INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL – INGEA. Proyecto de norma en consulta pública. NCh 2880. 2003. Compost – Clasificación y requisitos. [Sitio web]. Providencia.ch. Sec. Normativa. p. 10. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/normativa.htm>

De acuerdo con la INGEA,⁴⁷ donde se especifican los requisitos fisicoquímicos, el contenido de nutrientes presentes en todas las clases de compost debe regirse a las encontradas en el cuadro 5.

Cuadro 5. Contenido de nutrientes en el compost.

Nutrientes	Contenido	Observación
Fósforo soluble	Menor o igual de 5 mg/L en extracto	Para plantas sensibles al stress de fósforo
Fósforo total	Menor o igual a 0,1%, sobre base seca	Para plantas sensibles al stress de fósforo
Nitrógeno amoniacal	Menor de 300 mg/L en extracto	-
Nitrógeno amoniacal más nitrógeno como nitrato	Mayor de 100 mg/L en extracto	Si se requiere que el compost contribuya a la nutrición vegetal
Nitrógeno total	Mayor o igual a 0,8%, expresado en base seca	Si se requiere que el compost contribuya a la nutrición vegetal
Boro	Menor de 200 mg/kg de masa, en base seca	Productos con un contenido menor de 100 mg/kg de masa, en base seca, tienen uso irrestricto
Sodio	Menor de 1%, sobre base seca	Como alternativa, a lo menos 7,7 moles de calcio mas magnesio, por mol de sodio, en base seca

Fuente: INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL – INGEA. Proyecto de norma en consulta pública. NCh 2880. 2003. Compost – Clasificación y requisitos. [Sitio web]. Providencia.ch. Sec. Normativa. p. 11. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/normativa.htm>

⁴⁷ *Ibíd.*, p. 11.

Como se especifica en la INGEA,⁴⁸ otros aspectos fisicoquímicos importantes son los olores, donde todos los compost deben tener uno que sea normal ya que las instalaciones donde se realiza el proceso son cercanas a zonas pobladas. La humedad es otro factor importante al igual que la capacidad de absorber agua.

Según la INGEA,⁴⁹ para el pH, el valor normal debe estar dentro del rango 5,0 y 7,5, para la toxicidad en las plantas se debe hacer una comparación entre unas semillas sembradas con compost y otras sembradas sin compost y deben germinar mínimo el 90% de estas y con respecto a la maleza se hace el conteo por cada litro de compost donde solo es permitido que germinen 2 semillas. Otro punto importante es el tamaño que poseen las partículas del compost, ya que la norma especifica que este debe ser menor o igual a 15mm en las diferentes clases de compost que existen.

Para la INGEA,⁵⁰ las concentraciones máximas permitidas de metales pesados existen tres especificaciones, una para todas las clases de compost, otra exclusivamente para los compost hechos a partir de lodos y finalmente una relacionada con los compost de carácter orgánico. El cuadro 6 muestra las concentraciones máximas en un compost para la agricultura orgánica.

Cuadro 6. Concentración máxima de metales pesados.

Metales pesados	Concentración máxima en mg/kg de compost (base seca)
Arsénico	10
Cadmio	1
Cobre	50
Cromo	60
Mercurio	1
Niquel	10
Plomo	50
Selenio	6
Zinc	60

Fuente: INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL – INGEA. Proyecto de norma en consulta pública. NCh 2880. 2003. Compost – Clasificación y requisitos. [Sitio web]. Providencia.ch. Sec. Normativa. p. 13. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/normativa.htm>

⁴⁸ *Ibíd.*, p. 11.

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 14.

⁵⁰ *Ibíd.*, p. 12-13.

Como lo menciona la INGEA,⁵¹ algunos aspectos importantes para el compost tipo A son, la conductividad eléctrica ya que esta debe encontrarse por debajo o ser igual a 5 mmho/cm, con respecto a la relación carbono/nitrógeno (C/N), esta debe ser entre 10 y 25, la materia orgánica presente debe ser mayor o igual al 45% y en cuanto a las impurezas presentes, no se acepta un tamaño más grande que 15mm. El cuadro 7 muestra las especificaciones de cuál debe ser el contenido máximo de impurezas en el compost.

Cuadro 7. Tamaños permitidos de material.

Material	Dimensión (mm)	Cantidad (% peso en base seca)
Plástico flexibles y/o películas	Mayor a 5	Menor o igual a 0,05
Piedras y/o terrones de barro	Mayor a 5	Menor o igual a 5
Vidrio y/o metales y/o caucho y/o plásticos rígidos	Mayor o igual a 2	Menor o igual a 0,5

Fuente: INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL – INGEA. Proyecto de norma en consulta pública. NCh 2880. 2003. Compost – Clasificación y requisitos. [Sitio web]. Providencia.ch. Sec. Normativa. p. 15. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/normativa.htm>

Por otro lado, de acuerdo con la INGEA⁵², para el compost tipo B la conductividad eléctrica debe encontrarse entre 5 – 12 mmho/cm, la relación carbono/nitrógeno entre 10 y 40, la presencia de materia orgánica debe ser mayor o igual al 25% y en referencia a las impurezas que se puedan encontrar, rigen las mismas condiciones ya expuestas en el compost tipo A, como se muestra en la tabla anterior.

Finalmente, como lo especifica la INGEA⁵³, para el último tipo de compost, llamado inmaduro o subestándar la conductividad eléctrica y el contenido de materia orgánica no aplican, la relación C/N debe ser 50 como máximo y en el caso de las impurezas, estas se miden con respecto a la masa total del producto y las que sean de tamaño menor o igual a 15 mm debe ser como máximo el 15%.

⁵¹ *Ibíd.*, p. 13-15.

⁵² *Ibíd.*, p. 13-15.

⁵³ *Ibíd.*, p. 13-15.

1.5 BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE COMO MÉTODO DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

Para la UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIO PÚBLICOS⁵⁴, el aprovechamiento de los residuos orgánicos trae consigo múltiples beneficios donde encontramos principalmente algunos relacionados con problemáticas ambientales, salud humana, económicas, soberanía alimentaria y sociales. Por otro lado, las poblaciones más beneficiadas, en este caso, serían las que viven cerca de los rellenos sanitarios ya que son ellas las directamente afectadas con los malos manejos que se ven con respecto a los residuos orgánicos.

1.5.1 Ambientales. Entre los beneficios mencionados por la UAESP que están relacionados con el medio ambiente encontramos los siguientes:

- Reducen la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario.
- Se transforman en materia prima para fertilización ecológica.
- Contribuyen a la recuperación de suelos degradados.
- Facilitan la transición hacia modelos de agricultura ecológica u orgánica.
- Mitigan la emisión de gases de efecto de invernadero, al utilizar abonos orgánicos en sustitución de fertilizantes sintéticos.
- Incentivan el aumento de la cobertura vegetal de la ciudad, al tener disponibilidad de sustratos para cultivar plantas, que aumentan la tasa de fijación de dióxido de carbono, lo que mitiga el calentamiento global.
- Disminuyen la presión sobre los recursos naturales como la tierra negra y el petróleo (materia prima de fertilizantes sintéticos), al reducir su consumo.
- Regulan el pH del suelo, y su aplicación es benéfica en la producción de cultivos.
- Aplacan los olores ofensivos que se derivan de la descomposición de los residuos en el relleno sanitario, que afectan principalmente a las personas que viven cerca al relleno⁵⁵.

1.5.2 Salud humana. La UAESP nombra los beneficios para la salud humana al practicar procesos de compostaje y se nombran a continuación:

- Facilitan la obtención de alimentos orgánicos, libres de contaminación por agroquímicos, fomentando la alimentación sana como estrategia de salud preventiva.
- Permiten disponer de sustratos orgánicos para el cultivo ecológico de plantas aromáticas medicinales, las cuales se constituyen en una alternativa natural a los productos farmacológicos.

⁵⁴ UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS - UAESP. Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Metodologías de Compostaje y Lombricultura. [Sitio Web]. Bogotá.co. Sec. La UAESP. p. 17-21. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/publicacion/estudios/guia-tecnica-aprovechamiento-residuos>

⁵⁵ *Ibíd.*, p. 18-19.

- Previenen la aparición y transmisión de enfermedades que se generan con un manejo inadecuado de los recursos orgánicos al reducir la proliferación de vectores (moscas, roedores, entre otros)⁵⁶.

1.5.3 Económicos. Con respecto a los beneficios económicos, la UAESP⁵⁷ resalta los siguientes:

- Posibilitan la consolidación de proyectos productivos para la generación de ingresos alrededor de la producción de abonos y alimentos orgánicos.
- Minimizan la dependencia externa de fertilizantes, así mismo, brindan una mayor sostenibilidad y autonomía para los agricultores al aprovechar los recursos locales y reducir la compra de insumos para sus cultivos.
- Reducen los gastos de la canasta familiar al facilitar la producción de alimentos, plantas medicinales y materias primas naturales que dejan de ser compradas.
- Disminuyen los costos de producción al reemplazar los fertilizantes de síntesis química derivados del petróleo (urea y otros) de origen mineral como el fósforo, por abonos orgánicos producidos dentro de la misma finca.

1.5.4 Soberanía alimentaria. La UAESP indica que el beneficio relacionado a la soberanía alimentaria es que "Permiten el acceso y la disponibilidad de alimentos de la calidad para las comunidades, al disponer de abonos orgánicos para su producción ecológica"⁵⁸.

1.5.5 Sociales. Para la UAESP los beneficios sociales son los mencionados a continuación:

- Posibilitan la organización de las comunidades alrededor de proyectos comunitarios. Facilitan la recuperación de territorios y espacios degradados por inseguridad o abandono, dándole aprovechamiento a los mismos.
- Generan cambios culturales y transforman los valores en los grupos comprometidos en liderar este tipo de iniciativas.
- Fortalecen el tejido social, al generar espacios para la integración de la comunidad y el intercambio de saberes.
- Preparan a las comunidades para un desarrollo humano sostenible y un consumo responsable a nivel local⁵⁹.

⁵⁶ *Ibíd.*, p. 19

⁵⁷ *Ibíd.*, p. 19-20.

⁵⁸ *Ibíd.*, p. 20.

⁵⁹ *Ibíd.*, p. 20-21.

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

Cuando se van a realizar procesos de compostaje en casa es necesario realizar una clasificación de los residuos que se producen para determinar la calidad del abono que se obtendría como producto final. En este caso se realizó la recolección de estos diariamente durante 6 días para poder realizar un promedio de cuanto es la producción diaria por persona de residuos orgánicos y así poder hacer el análisis respectivo en el siguiente capítulo. La recolección se realizó en una vivienda donde habitaban cinco personas, tres mujeres con 20, 23 y 42 años y dos hombres con 18 y 52 años.

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

De acuerdo con la Fundación UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, la clasificación debe realizarse de la siguiente manera:

- **Contenedor azul: Papel y Cartón.** Lo que debemos depositar en este contenedor son: Periódicos, libros, sobres, revistas y otros papeles. Bolsas y envases de papel, cajas de cartón (que deben plegarse antes de ser depositadas) y cartón de huevo. Lo que NO debemos depositar son envases mixtos de papel y plástico (tipo brick), papeles muy sucios o manteles de papel y poliestireno.
- **Contenedor amarillo: Envases y plásticos.** En ellos debemos depositar: Envases tipo brick, botes, latas y envases metálicos, botellas, garrafas, tapones y otros envases de plástico, aerosoles y sprays, papel aluminio y autoadherente, bandejas de carne o fruta de poliestireno, redes de fruta y guantes de goma. Lo que NO debemos depositar son botes de pintura y productos químicos.
- **Contenedor verde: Cristal y vidrio.** Aquí debemos depositar: Botellas de vidrio, tarros y frascos de conservas, jarras y copas de vidrio. En ellos NO debemos depositar tapones de botellas y botes, lámparas y fluorescentes, espejos o vidrio de ventana, botes de medicamentos o que hayan contenidos productos tóxicos y peligrosos.
- **Contenedor marrón: Orgánica.** En estos contenedores se depositan: Restos de comida, huesos y pieles de fruta, filtros de café, sobres de infusiones, cáscaras de mariscos y moluscos, tapones de corcho, cáscaras de huevo, papel de cocina y servilletas de papel, cáscaras de frutos secos, palillos, cerillos y excremento de animales. Es importante NO depositar aceite de cocina, residuos de barrer, colillas, pañales y productos de higiene femenina.
- **Contenedor verde oscuro o gris: Restos o desechos.** En ellos depositamos: Residuos de barrer, colillas, pañales y productos de higiene femenina, navajas de afeitar, cepillos de dientes, chicles, bolsas de

aspiradora y esponjas de cocina. NO debemos depositar juguetes, ropa y pilas⁶⁰.

2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Luego de recopilar, clasificar y pesar en gramos los residuos orgánicos en una vivienda se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de residuos en gramos.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
Papel y cartón	253	126	18	202	387	55
Envases y plásticos	164	245	307	33	446	210
Cristal y vidrio	-	568	-	123	-	-
Comida cocinada	766	253	221	146	437	359
Orgánicos	495	858	380	317	304	528
Restos y desechos	181	184	225	186	255	156

Fuente: Autor

Con los resultados obtenidos al recoger y clasificar los residuos de una vivienda podemos concluir que el tipo de residuo que más se produce es el de desechos orgánicos seguido de la comida que ya ha sido cocinada. Luego encontramos los envases de plásticos, que al igual que el papel y cartón pueden ser dispuestos de una manera adecuada, separándolos, limpiándolos y recopilándolos en envases distintos para su posterior reciclaje. Después encontramos que los restos y desechos son muy mínimos y finalmente la generación de residuos de cristal y vidrio es muy poca significativa.

Los valores que son necesarios conocer y promediar para implementar el compostaje son los orgánicos. Se hace la suma de los gramos obtenidos en cada día y se divide entre el número de estos para determinar el promedio general de lo que produce un apartamento con 5 habitantes diariamente.

El resultado fue de 480,4 gramos por día aproximadamente donde lo recogido usualmente era: cascara de papa, zanahoria, cebolla, plátano, banano, mandarina,

⁶⁰ FUNDACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO - UNAM. Cómo separar la basura correctamente. [Sitio Web]. Ciudad de México.mx. Sec. Ecología. 26 mayo 2014. Disponible en: <http://www.fundacionunam.org.mx/ecologia/como-separar-la-basura-correctamente/>

huevos, restos de pimentón y manzana, bolsas de té, borra de café y hojas de mazorca.

En la siguiente tabla podemos observar los diferentes residuos encontrados con sus respectivas características

Cuadro 8. Características de los residuos orgánicos.

Residuo	Características
Cascara de huevo	Este tipo de residuo enriquece el abono ya que es rico en calcio. Su descomposición es muy lenta por lo cual se debe añadir pulverizado.
Papa	Los minerales que podemos encontrar en la papa incluyendo la cáscara en orden decreciente son: fosforo, ácido ascórbico, calcio y finalmente hierro, lo que enriquece el abono.
Zanahoria	El fosforo, el calcio y el hierro son los minerales que podemos encontrar en este tipo de residuos que de igual manera enriquecen el abono.
Cebolla	Este residuo contiene una fuente significativa de potasio, al igual que contiene calcio, magnesio y fósforo.
Plátano	Algunos de los minerales que se encuentran presentes en este tipo de residuos son el potasio, calcio, hierro y zinc.
Banano	En este residuo encontramos alta cantidad de potasio, magnesio y fosforo.
Mandarina	Este residuo es rico en calcio, magnesio, potasio y ácido fólico.
Manzana	En este caso la composición de la manzana se basa principalmente en humedad, calorías y carbohidratos con rasgos de ácido ascórbico y cenizas.
Pimentón	Los minerales que se encuentran presentes en la composición química del pimentón son: el calcio, potasio, fósforo y por último el hierro.
Café	Este es un material que nos permite evitar vectores tales como, moscas y roedores. Su descomposición es lenta y es ideal para cubrir las pilas de compost.

Nota: La información que está contenida en el cuadro es en base a: UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS - UAESP. Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Metodologías de Compostaje y Lombricultura. [Sitio Web]. Bogotá.co. Sec. La UAESP. p. 32-35. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible

en: <http://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/publicacion/estudios/guia-tecnica-aprovechamiento-residuos.>,

GARCÍA, Santiago y POSADA, Andrés. Estudio del aprovechamiento de la cáscara de papa como insumo en la producción de alimentos balanceados para animales. [Google Académico]. Trabajo de Grado. Ingeniero Agroindustrial. Universidad de la Sabana. Facultad de Ingeniería. Bogotá.co. 2000. p. 26. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: [https://core.ac.uk/download/pdf/47069089.pdf.](https://core.ac.uk/download/pdf/47069089.pdf),

ARIZA, Yulian y RAMOS, Ronald. Estudio de la incorporación de la zanahoria (*Daucus Carota*) como fuente de β – Carotenos y Pectina en la elaboración de un producto tipo bocadillo. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Ingeniero de Alimentos. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Bogotá.co. 2008. p. 28. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16071/T43.08%20A47e.pdf.](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16071/T43.08%20A47e.pdf),

CUENCA, Norma y MIELES, Nelly. Industrialización de la cebolla. [Repositorio Universidad de Guayaquil]. Trabajo de Grado. Ingeniero Químico. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil. 2011-2012. p. 27. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4690/1/T187.pdf.](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4690/1/T187.pdf),

MARTÍNEZ, César, CAYÓN, Gerardo y LIGARRETO, Gustavo. Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. En: Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria. [SciELO Colombia]. Mosquera.co. mayo-agosto 2016. Vol. 12. No.02. p. 226. ISSN. 0122-8706. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a06.pdf.](http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a06.pdf),

CASALLAS, Luisa. Evaluación del análisis fisicoquímico del banano común. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Microbióloga industrial y Nutricionista dietista. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá.co. p. 3. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: [https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis605.pdf.](https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis605.pdf),

MONTAÑO, María. Determinación, cuantificación y comparación de la concentración de vitamina C en naranja (*citrus aurantium*), limón (*citrus aurantifolia*) y mandarina (*citrus reticulata*) por HPLC. [Repositorio PUCE]. Trabajo de Grado. Licenciado en Ciencias Químicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Quito. 2011. p. 13. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5354/T-PUCE-5580.pdf;sequence=1.](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5354/T-PUCE-5580.pdf;sequence=1),

PACHECO, Lorena. Determinación de nutrientes en manzanas de las variedades fuji royal, granny Smith y fuji en frutos libres y afectados por Bitter Pit. [Repositorio Digital]. Ingeniero de Alimentos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago.ch. 2009. p.2. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/qf-pacheco_/pdfAmont/qf-pacheco_.l.pdf.](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/qf-pacheco_/pdfAmont/qf-pacheco_.l.pdf),

CONECTA RURAL. Modelo Productivo del Cultivo de Pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente Antioqueño. [Sitio Web]. Antioquia. Sec. Biblioteca. 2014. p. 13. Archivo en PDF. Disponible en: [https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Pimenton%20BPA.pdf.](https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Pimenton%20BPA.pdf)

3. PROPUESTA DE MANEJO

Después de haber realizado un análisis cuantitativo y cualitativo de los residuos que se producen diariamente en un apartamento donde habitan 5 personas, se realiza una propuesta de manejo para aplicar el método de compostaje para la obtención de abono orgánico en el conjunto Alcalá en la ciudad de Bogotá. Este consta de 5 torres de apartamentos con 12 pisos cada uno. Cada piso tiene 4 apartamentos lo que nos da un total de 240 apartamentos y con una producción diaria de 480,4 gramos diarios, el total de residuos orgánicos de todo el conjunto sería de 115kg aproximadamente.

Con respecto a lo dicho en el capítulo 1 se elige la metodología de un sistema de disposición por medio de una compostera por varias razones. La primera es dada la cantidad de residuos producida la cual no supera 1 m³ ya que el compostaje se realiza en un conjunto residencial y familiar. Otra razón sería el espacio limitado con el que cuenta el conjunto puesto que para este método se necesita una menor área que para los sistemas en pila. Y finalmente al usar este sistema se realiza un mayor control sobre los lixiviados que se puedan generar así como sobre los vectores, malos olores y plagas para así no perjudicar la comodidad de los residentes.

Por otro lado, al hacer la comparación entre una compostera vertical y una horizontal, se toma la decisión de usar la vertical debido a que es más fácil de implementar y la inversión inicial que se debe realizar es relativamente baja.

3.1 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN

Como primera instancia se debe comenzar con una educación de los habitantes del conjunto para que conozcan qué es el compostaje, cómo se realiza, cuáles con sus beneficios y así ir creando incentivos para que las personas se sientan comprometidas con la implementación de esta propuesta de manejo.

El primer paso sería dar a conocer lo que se quiere llevar a cabo, donde se atraiga a las personas a unirse a la causa. Esto puede hacerse mediante la utilización de volantes llamativos e informativos que sean visibles en las carteleras que se encuentran en cada torre, fuera y dentro del ascensor.

Posteriormente se realizará una invitación formal por parte de la administración del conjunto, usando una circular, en esta se incluirá información más detallada sobre la manera adecuada de clasificar los residuos que se produzcan en cada vivienda, además de cómo debe ser la separación de los residuos orgánicos que servirían para realizar el compostaje. También se incluirá una fecha de inicio de la recolección para que las personas que deseen contribuir se puedan ir preparando.

Es complicado que las personas comiencen a llevar una rutina al igual que crear consciencia en las mismas por lo que se debe realizar paulatinamente. Se puede

iniciar creando incentivos, como, por ejemplo, una reducción en la cuota mensual de la administración y así se cree un mayor interés.

Por otro lado, también podría llevarse a cabo una reunión en el salón social del conjunto donde se muestre y se den ejemplos de cómo debe ser la adecuada recolección, donde se muestre cómo será el proceso como tal de la producción del abono por medio del compostaje y donde se resuelvan dudas acerca del proceso, como podría ser la posible generación de malos olores, vectores, entre otros.

Finalmente, se daría inicio a la recolección como tal. Hay la necesidad de estipular los días en los cuales se efectuará la acción de recolectar los residuos orgánicos, estos serían lunes, miércoles y viernes. Se tendrá un contenedor especial en la zona de colocar las bolsas de basura para que cada uno deposite sus residuos orgánicos allí mismo, para su posterior manejo.

3.2 ELEMENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Para llevar a cabo la producción de abono por medio de compostaje lo primero que se necesita es identificar el área donde se llevará a cabo el proceso de descomposición. En el conjunto Alcalá se cuenta con una zona verde donde podría situarse la compostera y su uso no afectaría con la tranquilidad de los habitantes del conjunto. En las imágenes 8 y 9 podemos observar dicha área mencionada.

Imagen 8. Área para implementar el compostaje.



Nota: Fotografía tomada a las afueras del Conjunto Alcalá en la ciudad de Bogotá.

Imagen 9. Área para implementar el compostaje.



Nota: Fotografía tomada a las afueras del Conjunto Alcalá en la ciudad de Bogotá.

Otro elemento necesario para realizar el proceso es un tanque plástico de 500 Lt. Este contenedor servirá como compostera y en el mercado se encuentra por \$136.900 aproximadamente. Un ejemplo podría ser como el que se muestra en la imagen 10.

Imagen 10. Tanque plástico para compostera.



Fuente: ETERNIT. Tanques. [Sitio Web]. Bogota.co. Sec. Productos. Disponible en: <https://www.eternit.com.co/web/eternit/navegador-productos/-/navegador/buscar/500-litr-1>

Para el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁶¹ otros elementos necesarios serian unas tijeras podadoras o un hacha para hacer los residuos más pequeños, una pala para hacer la mezcla del compost cuando sea necesario y por último un tamiz para retirar cualquier material del producto final ya compostado.

3.3 PROCESO DE APLICACIÓN

Según Navarro⁶², para que se produzca un compost que sea de buena calidad es de gran importancia identificar lo que se va a usar en la pila de compostaje. Eso va a ser determinante al momento de establecer la rapidez de la descomposición, el control de los malos olores, vectores y la dispersión de plantas o insectos indeseados.

⁶¹ AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES. Manual básico para hacer Compost. [Sitio Web]. San Sebastián de los Reyes.es. p. 6. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ssreyes.org/es/portal.do?IDR=1&TR=A&identificador=229>

⁶² NAVARRO, Ricardo. Manual para hacer composta Aeróbica. [Google Académico]. El Salvador. p. 5. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://beta.tierrandalucia.org/wp-content/uploads/2014/11/Manual-compostaje-aer%C3%B3bico.pdf>

En el cuadro 9 se especifican algunos materiales ricos en carbono y nitrógeno además de aquellos materiales que no deben ser utilizados al momento de realizar compostaje domiciliario.

Cuadro 9. Materiales ricos en carbono, nitrógeno y los que no se deben utilizar.

Materiales ricos en carbono	Materiales ricos en nitrógeno	Materiales que NO se deben utilizar
<ul style="list-style-type: none"> • Hojas • Pinos • Pajas • Heno • Aserrín • Grama seca • Plumas • Pelos • Cenizas de madera • Polvo del suelo • Cascaras de nueces • Polvo de aspiradoras • Excremento de caballo, pollo, conejo y oveja 	<ul style="list-style-type: none"> • Cascaras de manzana • Cascaras de banano • Desechos de brócoli • Olotes en pedazos • Hojas de alcachofa • Base de espárragos • Borrás de café • Cascaras de huevo • Residuos de jardín • Frijoles • Pan • Zanahorias • Pepinos • Cebollas • Piñas • Calabazas • Flores • Toronjas • Lechuga • Limones • Melones • Peras • Papas • Algas • Grama verde 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantequilla • Aceite vegetal • Aderezos • Mantequilla de maní • Huesos • Pollos • Mayonesa • Leche • Queso • Pescado • Carne • yogur

Fuente: NAVARRO, Ricardo. Manual para hacer composta Aeróbica. [Google Académico]. El Salvador. p. 5-6. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://beta.tierrandalucia.org/wp-content/uploads/2014/11/Manual-compostaje-aer%C3%B3bico.pdf>

De acuerdo con el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES⁶³, para realizar el compostaje se tienen los siguientes pasos:

- Luego de haber realizado la selección del recipiente que se utilizara como compostera, el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁶⁴ indica que es necesario colocar un material que permita que el sistema este aireado y

⁶³ AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES. Op. Cit., p. 10-11.

⁶⁴ *Ibíd.*, p. 10.

no haya una compactación. La capa debe ser de 20 cm aproximadamente y se puede incluir ramas, pajas entre otros materiales.

- El segundo paso según el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁶⁵ es que se debe llenar la compostera con materiales tanto húmedos como secos. Estos deben haber sido mezclados previamente y deben ocupar la mitad del volumen del recipiente como mínimo.

La imagen 11 nos muestra gráficamente lo dicho en el paso anteriormente mencionado.

Imagen 11. Repartición de materiales dentro de la compostera.



Fuente: Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes. Manual básico para hacer Compost. [Sitio Web]. San Sebastián de los Reyes.es. p. 10. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ssreyes.org/es/portal.do?IDR=1&TR=A&identificador=229>

- De acuerdo con el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁶⁶ regularmente se debe seguir añadiendo material a la pila de compost y a su vez debe removerse para que se mezcle el material nuevo y se haga más fácil la descomposición del mismo. El uso de hojas y materiales antiguos contribuye a evitar la proliferación de mosquitos al momento de agregar residuos de alimentos.

⁶⁵ *Ibíd.*, p. 10.

⁶⁶ *Ibíd.*, p. 10.

- El AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁶⁷ especifica que en caso de que se desee acelerar el proceso de descomposición se puede hacer uso de compost maduro, estiércol o tierra de jardín ya que estos trabajan como aceleradores.
- Para el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁶⁸ es importante realizar volteos generales para que la humedad de la pila sea homogénea. Cuando hay demasiada humedad se debe realizar agujeros para que se airee y cuando más bien la pila se encuentra seca se deben hacer riegos. La forma ideal de la pila es que este húmeda pero que no desprenda líquido alguno.
- A medida que pasa el tiempo, el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁶⁹ afirma que el calor dentro del contenedor va aumentando y, por el contrario, el volumen va disminuyendo. De esta manera se determinará si el proceso está siendo eficaz.

Lo descrito anteriormente permite hacer del proceso una situación continua, ya que como va disminuyendo el volumen poco a poco entonces se podrá seguir añadiendo residuos.

- De acuerdo con el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁷⁰ cuando haya pasado mínimo 5 meses se puede comenzar a extraer el abono ya terminado por la parte inferior de la compostera.

En este punto se saca el material ya compostado, pero simultáneamente se sigue haciendo la recolección y se continúa añadiendo los residuos a la compostera, teniendo así un ciclo.

- Finalmente, el AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN DE LOS REYES⁷¹ añade que el abono se pasa por un tamiz de 0,5 a 1 cm, para que se pueda extraer las partes que no han sido compostadas en su totalidad. Estos elementos regresan a la pila de compost mientras que el material ya finalizado se lleva a reposo durante un mes, bajo techo y con protección contra la lluvia para asegurarse que este en óptimo estado para ser utilizado.

⁶⁷ *Ibíd.*, p. 10.

⁶⁸ *Ibíd.*, p. 11.

⁶⁹ *Ibíd.*, p. 11.

⁷⁰ *Ibíd.*, p. 11.

⁷¹ *Ibíd.*, p. 11.

Cuando se obtiene el producto terminado, este puede ser utilizado para las zonas verdes dentro y fuera del conjunto, puede ser comercializado a los conjuntos aledaños o puede realizarse un convenio con viveros cercanos para su venta como abono orgánico y así obtener una retribución económica.

4. CONCLUSIONES

- La obtención de abono mediante compostaje puede lograrse por medio de diversas metodologías. Se puede implementar sistemas abierto o en pila, que principalmente se usa para enormes cantidades de residuos o sistemas cerrados, que sirve más que todo para escala domiciliaria. Para que los residuos pasen por las 4 etapas de descomposición de manera exitosa hay que tener en cuenta algunos aspectos como lo son: la relación carbono/nitrógeno (C/N), el balance de nutrientes, el oxígeno, la humedad, la temperatura, el pH, la estructura y homogenización de los residuos sólidos y por ultimo las condiciones climáticas y así finalmente obtener un abono orgánico de buena calidad.
- Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de los residuos orgánicos de una vivienda donde habitan 5 personas, dando como resultado un promedio de 480,4 gramos por día donde usualmente predominaba la cascara de papa, zanahoria, cebolla, plátano, banano, mandarina, huevos, restos de pimentón y manzana, bolsas de té, borra de café y hojas de mazorca.
- Se hizo una propuesta de manejo para los residuos generados por los residentes del conjunto Alcalá en la ciudad de Bogotá y se determinó teniendo en cuenta la cantidad de estos, el área limitada que se tiene para la implementación del proceso, la facilidad de ejecución, la inversión inicial y por último buscando evitar la generación de vectores y molestias teniendo que la metodología más apta sería un sistema cerrado en disposición vertical.

5. RECOMENDACIONES

- Crear hábitos es algo complejo para todas las personas por ende se recomienda fortalecer la educación y la culturización de estas para que se pueda llevar a cabo una buena clasificación de los residuos orgánicos.
- Para obtener información más precisa se puede realizar nuevamente el análisis cuantitativo y cualitativo de los residuos en el conjunto residencial, pero teniendo en cuenta el núcleo que habite, si es una vivienda familiar con o sin hijos, si es estudiantil, etc.
- Debido al largo tiempo que se necesita para obtener el abono orgánico terminado se puede realizar un estudio acerca de que agentes aceleradores se pueden incluir en la compostera para optimizar el tiempo y hacer el proceso de descomposición más rápido.

BIBLIOGRAFIA

ARIZA, Yulian y RAMOS, Ronald. Estudio de la incorporación de la zanahoria (*Daucus Carota*) como fuente de β – Carotenos y Pectina en la elaboración de un producto tipo bocadillo. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Ingeniero de Alimentos. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Bogotá.co. 2008. p. 28. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16071/T43.08%20A47e.pdf>

AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES. Manual básico para hacer Compost. [Sitio Web]. San Sebastián de los Reyes.es. p. 6-11. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ssreyes.org/es/portal.do?IDR=1&TR=A&identificador=229>

CASALLAS, Luisa. Evaluación del análisis fisicoquímico del banano común. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Microbióloga industrial y Nutricionista dietista. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá.co. p. 3. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis605.pdf>

CONECTA RURAL. Modelo Productivo del Cultivo de Pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente Antioqueño. [Sitio Web]. Antioquia. Sec. Biblioteca. 2014. p. 13. Archivo en PDF. Disponible en: <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Pimenton%20BPA.pdf>

CUENCA, Norma y MIELES, Nelly. Industrialización de la cebolla. [Repositorio Universidad de Guayaquil]. Trabajo de Grado. Ingeniero Químico. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil. 2011-2012. p. 27. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://repositorio.uq.edu.ec/bitstream/redug/4690/1/T187.pdf>

ETERNIT. Tanques. [Sitio Web]. Bogotá.co. Sec. Productos. Disponible en: <https://www.eternit.com.co/web/eternit/navegador-productos/-/navegador/buscar/500-litr-1>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Farmer´s Compost Handwook Experiences in Latin America. [Sitio Web]. Santiago.ch. Sec. Publications. p. 11-52. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/I3388E>

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO - UNAM. Cómo separar la basura correctamente. [Sitio Web]. Ciudad de México.mx. Sec. Ecología. 26 mayo 2014. Disponible en: <http://www.fundacionunam.org.mx/ecologia/como-separar-la-basura-correctamente/>

GARCÍA, Santiago y POSADA, Andrés. Estudio del aprovechamiento de la cáscara de papa como insumo en la producción de alimentos balanceados para animales. [Google Académico]. Trabajo de Grado. Ingeniero Agroindustrial. Universidad de la Sabana. Facultad de Ingeniería. Bogotá.co. 2000. p. 26. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/47069089.pdf>

INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL – INGEA. Compost – Proyecto de norma en consulta pública. NCh 2880. 2003. Compost – Clasificación y requisitos. [Sitio web]. Providencia.ch. Sec. Normativa. p. 7-15. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/normativa.htm>

MÁRQUEZ, Liliana. Residuos Sólidos: Un Enfoque Multidisciplinario Volumen 1. Tratamientos aerobios de residuos sólidos orgánicos. LibrosEnRed. 2011. p. 178-179. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.librosenred.com/libros/residuossolidosunenfoquemultidisciplinariovolumeni.html>

MARTÍNEZ, César, CAYÓN, Gerardo y LIGARRETO, Gustavo. Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. En: Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria. [SciELO Colombia]. Mosquera.co. mayo-agosto 2016. Vol. 12. No. 02. p. 226. ISSN. 0122-8706. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a06.pdf>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA – MMayA. Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Mediante Compostaje y Lombricultura. [Sitio Web]. LaPaz.bo. Sec. Biblioteca. p. 24-31. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://redcompostaje.mmaya.gob.bo/index.php/biblioteca/guias>

MONTAÑO, María. Determinación, cuantificación y comparación de la concentración de vitamina C en naranja (*citrus aurantium*), limón (*citrus aurantifolia*) y mandarina (*citrus reticulata*) por HPLC. [Repositorio PUCE]. Trabajo de Grado. Licenciado en Ciencias Químicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Quito. 2011. p. 13. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5354/T-PUCE-5580.pdf;sequence=1>

NAVARRO, Ricardo. Manual para hacer composta Aeróbica. [Google Académico]. El Salvador. p. 5. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://beta.tierrandalucia.org/wp-content/uploads/2014/11/Manual-compostaje-aer%C3%B3bico.pdf>

PACHECO, Lorena. Determinación de nutrientes en manzanas de las variedades fuji royal, granny Smith y fuji en frutos libres y afectados por Bitter Pit. [Repositorio Digital]. Ingeniero de Alimentos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago.ch. 2009. p.2. [Consultado 10, enero, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/qf-pacheco_1/pdfAmont/qf-pacheco_1.pdf

RODRIGUEZ, Sara. Residuos Sólidos en Colombia: Su manejo es un compromiso de todos. En: L'esprit Ingénieux 2. [Google Académico]. Tunja. 2011. vol. 2. no. 1. p. 91-95. [Consultado 16, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingenieux/article/view/117>

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS - UAESP. Guía Técnica para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Metodologías de Compostaje y Lombricultura. [Sitio Web]. Bogotá.co. Sec. La UAESP. p. 17-35. [Consultado 15, octubre, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/publicacion/estudios/guia-tecnica-aprovechamiento-residuos>