



Aprovechamiento De Residuos Orgánicos Por Medio De Un Sistema De Compostaje Autónomo:
Análisis y desarrollo del compostaje en dinámicas laborales.

Tatiana Alejandra Márquez Velásquez

Informe de practica de semestre de industria para optar al título de Ingeniera Ambiental

Asesora interna:

María Lizeth Marín Marín

Asesora externa:

Lila Amparo Agudelo Ospina

Universidad de Antioquia

facultad de Ingeniería

Escuela Ambiental

Ingeniería Ambiental

Medellín

2023

Cita	(Velásquez, 2023)
Referencia	Márquez Velásquez T. (2023). <i>Aprovechamiento De Residuos Sólidos Orgánicos Por Medio De Un Sistema De Compostaje Autónomo: Análisis y desarrollo del compostaje en dinámicas laborales</i> . [Practica Empresarial]. Universidad de Antioquia, Medellín UdeA.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Cespedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A lo largo de este camino, de este escalón que supero, luego de tanto aprendizaje y esfuerzo puedo dedicar mis estudios, mi felicidad, mis emociones y el mundo que se abrió ante mis ojos a Eliana, Cesar y Mateo, el motor que ha hecho que mi vida tenga una huella en este universo.

A mi abuelo que me enseñó de la bondad a mi abuela que es mi primer amor, a Sebastián y a mi familia que me apoyaron y mantuvieron su fe en mí, finalmente a Dios que permite día a día que mi sentido y misión se encuentre conforme a su voluntad.

Agradecimientos

Agradezco a Empresas Varias de Medellín por hacer de mi proceso de prácticas un lugar de aprendizaje, a mi tutora en la empresa por ser el mejor apoyo humano y profesional, emprendiendo junto a mí un viaje de retos, alentándome a hacer todo con pasión.

Agradezco a la Universidad de Antioquia, que es mi segundo hogar que me mostro de la libertad del entendimiento, gracias por abrir mi espíritu a un mundo tan maravilloso como lo es el conocimiento, a la facultad de ingeniería y a sus profesores que encendieron la llama del saber en mí.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2. Marco teórico	13
2.1 Residuos sólidos	13
2.2 Gestión de residuos sólidos y clasificación	14
2.3 El sistema de compostaje y compost	14
2.4 Variables para evaluar el proceso y resultado del compostaje	15
2.4.1 Temperatura y pH	15
2.5 Beneficios del compostaje	17
2.6 Microorganismos y la relación Carbono-Nitrógeno	17
3. Metodología	18
3.1 Área de estudio y unidades experimentales	18
3.2 Procedimiento Experimental	19
3.3 Adaptación y socialización a los colaboradores	19
3.4 Pre ensayo de compostaje	21
3.5 Compostaje	22
3.6 Variables de medición a lo largo del compostaje	24
3.7 Compost obtenido	24
3.8 Medición de pH	26
4. Resultados	27

4.1 Temperatura Pre ensayo	27
4.2 Temperatura de Compostaje	28
4.3 Medición de pH	29
4.4 Aceptación de los colaboradores	30
5. Análisis	33
5.1 Temperaturas pre ensayo	33
5.2 Temperatura compostaje	33
5.3 Medición de pH	34
5.4 Aceptación de los colaboradores	35
6. Conclusiones	35
Referencias	37

Lista de tablas

Tabla 1	23
Tabla 2	25
Tabla 3	31

Lista de figuras

Figura 1 Comportamiento de la temperatura en las fases del proceso de compostaje.....	16
Figura 2 Actividades sociales alrededor del compostaje: sede administrativa	20
Figura 3 Inducción funcionamiento sistema de compostaje	21
Figura 4 Charlas y sensibilización residuos y compostaje.....	21
Figura 5 Resultados de temperatura en el Pre-ensayo	28
Figura 6 Resultados de temperatura en el desarrollo del compostaje	29
Figura 7 Resultados tiras de pH	29
Figura 8 Barra de referencia pH.....	30
Figura 9 Escala de pH	30

Siglas, acrónimos y abreviaturas

Kg	Kilogramos
EPM	Empresas públicas de Medellín
EMVARIAS	Empresas varias de Medellín
SAI	Sociedad Antioqueña de Ingenieros
PEAD	Polietileno de alta densidad
SAC	Sistema autónomo de compostaje
Ton	Toneladas
Gr	Gramos
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

Se sabe que aproximadamente el 61% de los residuos generados por la población colombiana son de carácter orgánico. Para el año 2019 se dispusieron aproximadamente 11.5 millones de toneladas de residuos domiciliarios en el país, de estos, cerca de 7 millones corresponden a residuos sólidos orgánicos según el Banco Mundial y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. Los residuos orgánicos tienen la cualidad de ser aprovechables por sus propiedades biológicas y características que facilitan su degradación rápida, transformando los desechos en abono, un material rico en nutrientes que beneficia al ciclo de uso de los orgánicos, además de aportar ambientalmente al suelo y a la disminución de gases de efecto invernadero.

Por tal razón es necesario implementar herramientas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos para beneficio de la economía y el ambiente, existen soluciones para evitar que estos terminen en rellenos sanitarios o botaderos y una de las alternativas más conocidas son los sistemas de compostaje, estos consisten en procesos de descomposición biológica que como producto final genera un residuo útil usado en los suelos para contrarrestar la degradación generada por las intervenciones antrópicas. Este trabajo se propone *Evaluar* la efectividad del sistema de compostaje Autónomo en medio de un ambiente laboral.

Se realizaron actividades de sensibilización, separación de residuos, además de charlas de compostaje; todo esto alrededor de los monitores de temperatura y pH.

Se concluye alrededor de la información, resultados y análisis que el funcionamiento de la compostera presenta mejores resultados en tanto los colaboradores acepten las dinámicas y procesos naturales del compostaje, además que la relación de tres partes de orgánico por una de aserrín o material seco debe estar bien establecida para que los procesos biológicos puedan darse adecuadamente, el pH presenta resultados positivos y acordes a un compost de calidad sin embargo la temperatura no alcanza los valores esperados.

Palabras clave: Compostaje, aprovechamiento, residuos orgánicos, procesos biológicos, biodegradabilidad.

Abstract

It is known that approximately 61% of the waste generated by the Colombian population is of an organic nature and that for the year 2019 approximately 11.5 million tons of household waste were disposed of in the country, of these, about 7 million correspond to organic solid waste according to the World Bank and the Ministry of Housing, City and Territory of Colombia, organic waste has the quality of being usable due to its biological properties and characteristics that facilitate its rapid degradation, transforming the waste into compost, a material rich in nutrients that benefits the cycle of use of organics, in addition to contributing environmentally to the soil and to the reduction of greenhouse gases.

For this reason, it is necessary to implement tools for the use of organic waste that benefit the economy and the environment, there are solutions to avoid that these end up in landfills or dumps. and one of the best known alternatives are composting systems, which consist of biological decomposition processes that as a final product generate a useful residue used in soils to counteract the degradation generated by anthropic interventions. The purpose of this work is to *Evaluate* the effectiveness of the autonomous composting system in a work environment.

We worked on sensibilization activities, waste separation, in addition to composting talks, all of this around temperature and pH monitors.

It is concluded from the information, results and analysis that the operation of the composter shows better results as long as the collaborators accept the dynamics and natural process of composting, in addition to the fact that the ratio of three parts organic to one part sawdust or dry material must be well established so that the biological processes can occur properly, the pH shows positive results and in accordance with a quality compost; however, the temperature does not reach the expected values.

Keywords: Composting, use, organic solid waste, biological processes, biodegradability.

Introducción

La gestión integral de los residuos sólidos es un asunto que se ha hecho relevante y de constante estudio en la sociedad; el consumo y uso de diferentes tipos de productos genera una gran cantidad de desechos (Cortés, C. M., 2018), por ejemplo, en el año 2020 en la Unión Europea se dio un aumento de 505 kg por persona en residuos domésticos, esta cantidad es comparada con el año anterior dado que se presentó un aumento de 4 kg por persona y 38 kg más de lo desechado en 1995, en este mismo territorio para el 2020 se generaron 225.7 millones de toneladas de residuos municipales, lo que representa un aumento del 1% para el 2019 y del 14% para el 1995, es decir un aumento de más de 27.7 millones de toneladas (Profesional, R, et al., 2022). Las tendencias de consumo van en aumento y deben preverse mecanismos para disponer de todo este material, ya que los desechos producidos en los hogares son de consumo vital y las poblaciones van en incremento (Rondón et al., 2016). De acuerdo con las naciones unidas, la población mundial aumentará casi 2000 millones de personas en los próximos 30 años, pasando de los 8000 millones actuales a los 9700 millones en 2050, llegando a un pico de 10.400 millones para mediados de 2080 (United Nations, 2022).

El manejo, disposición y aprovechamiento de los desechos según su composición y degradación ha evolucionado en el mundo buscando otras alternativas a las convencionales, uno de estos métodos usuales son los rellenos sanitarios, cuya actividad se basa a grandes rasgos en la disposición de residuos que no son reciclados, situación que se vuelve más común debido a que no se realiza la separación desde la fuente y no se desarrollan e implementan nuevas alternativas de reciclaje y aprovechamiento, este método se hace más inviable, pues se estima que para el 2025 en Colombia, 321 rellenos cumplirán su vida útil (Semana, 2020).

La región Antioqueña no es ajena a esta problemática; la sociedad antioqueña de ingenieros y arquitectos indico que en este territorio se generan casi 5.000 toneladas de basura al día, de estas, se reciben cerca de 3.300 toneladas de desechos en la Pradera, (SAI, 2022). El departamento se está quedando sin rellenos y el funcionamiento de Pradera se proyecta hasta el año 2030 (Quiceno Ramírez & El colombiano, 2021).

En efecto las soluciones y cambios del uso de los residuos deben apuntar a la disminución de desechos que tengan como destino final una acumulación sin aporte o beneficio significativo a la sociedad y al ambiente.

Los residuos orgánicos son de especial importancia puesto que están dentro de un gran espectro de productos de consumo habitual y natural del ser humano, que al ser desechados quedan como sobrantes de comida, bolsas de té, residuo del café, huesos, heces de animales, flores, sobrante de poda como pasto y la hojarasca (Ambiental, 2022). El consumo de alimentos y su cadena de aprovechamiento, busca un sistema circular en el que el potencial energético y físico de estos residuos sea usado en su totalidad, el consumo y producción de los residuos sin una gestión integral genera grandes problemáticas ambientales, sociales y de salud.

La cantidad de residuos orgánicos que son llevados a los rellenos sanitarios, aportan a la disminución de vida útil de los mismos, 766.912,685 Ton de residuos sólidos domiciliarios llegan de la ciudad de Medellín (SAI,2022), saturando los sistemas con materiales que pueden ser aprovechados e ingresados de nuevo al sistema socioambiental. El departamento nacional de planeación afirma que si Colombia continua con la dinámica de generación de residuos sin un correcto aprovechamiento, para el 2030 se tendrá una emergencia sanitaria por las altas emisiones de gases de efecto invernadero (CONPES,2016).

El compost siendo un material resultante del proceso de descomposición de orgánicos, tiene variedad de utilidades, no solamente va a beneficiar con la disminución de residuos orgánicos que tienen como disposición final los rellenos y la emisión de gases de efecto invernadero sino una ganancia monetaria por medio de su comercialización (CONPES,2016).

En la sede administrativa se producen diariamente 8 kg de ripio de café y 1.22 Kg en promedio de residuos orgánicos aprovechables, además de grandes cantidades de servilletas usadas, con el fin de minimizar la cantidad de residuos orgánicos que tendrán como fin el relleno sanitario se desarrolló el compostaje por medio del SAC. Para este proceso se acopiaron los residuos orgánicos generados en Empresas Varias de Medellín específicamente en la sede administrativa, se aplicó el sistema de compostaje adquirido por la empresa y con este se realizó el proceso según la metodología, simultáneamente se evaluaron las dinámicas sociales y el éxito del proceso del compostaje determinado por la transformación de los residuos y adaptación positiva

al sistema de compostaje por parte de los colaboradores de la empresa y sus alrededores, para esto se inició con la contextualización del proceso que se define globalmente como la transformación biológica que le ocurre a los residuos orgánicos en presencia de oxígeno, humedad y relación carbono nitrógeno cuyo proceso conduce a la etapa de maduración y producción de compost (Earth Green Colombia, 2022). Se recolectaron los residuos desde la fuente y se prepararon para aprovecharlos en el sistema mencionado, este proceso está sustentado bajo la relación carbono-nitrógeno, analizando el pH y la temperatura.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar la efectividad del sistema de compostaje Autónomo en un ambiente laboral con una prueba piloto que se desarrolla en Emvarias, sede administrativa.

1.2 Objetivos específicos

- Analizar el funcionamiento de la compostera, teniendo en cuenta las variables de temperatura y pH, en la degradación de los residuos orgánicos del sistema.
- Conocer la aceptación del personal a las dinámicas y el manejo de residuos y compostera.

2. Marco teórico

2.1 Residuos sólidos

Los residuos sólidos tienen múltiples definiciones y diferentes tipos de separación según el lugar y contexto en el que se encuentre, por ejemplo, en el catálogo europeo de residuos (Catalogo europeo de residuos,1999) se define como “cualquier sustancia u objeto del cual su

poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse”. Para Colombia los residuos son definidos según el Decreto 4741 del 2005, (Derecho del Bienestar Familiar [Decreto_4741_2005], 2005.) como “cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en un estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo genero o por que la legislación o la normatividad vigente así lo estipula”, todos los residuos en Colombia desde el año 2021 son separados en la fuente, esta separación se da como: residuos orgánicos aprovechables, residuos aprovechables no orgánicos como plástico, vidrio, papel y cartón y por último los residuos no aprovechables (plataforma digital única del estado peruano, 2023).

2.2 Gestión de residuos sólidos y clasificación

En 1996 el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas definió la gestión integral de los desechos sólidos como “una estructura de referencia para diseñar y llevar a cabo nuevos sistemas de gestión de desechos y analizar y perfeccionar los sistemas existentes” (Bustos Flores, 2010), Las clasificaciones de residuos pueden variar y pueden diferenciarse por su composición, por ejemplo, la clasificación usada normalmente contempla tres categorías de desechos sólidos: reciclables, no reciclables/no peligrosos y peligrosos (Rondón et al., 2016).

Los reciclables se dividen en materiales regulados y no regulados, desechos de cocina y desechos a granel (Bustos Flores, 2010), Estos materiales como lo son los desechos de cocina y desechos al granel pueden ser aprovechados por medio del compostaje.

2.3 El sistema de compostaje y compost

El compostaje es considerado como una forma adecuada para el reciclaje de este tipo de residuos, ya que ayuda a resolver el problema de su eliminación, a reducir las emisiones de gases efecto invernadero y también dar lugar al compost, que funciona como un agente mejorador de suelos (Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climático, 2018).Este producto final

puede ser utilizado para fines agrícolas y sobre todo para recuperar los suelos degradados en zonas semiáridas, debido a que su incorporación al suelo en condiciones adecuadas aumenta la fertilidad (Garita et al., 2009). El producto resultante es llamado compost y este es de aspecto terroso, parecido al humus, contiene nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) y microorganismos benéficos, sin patógenos, ni malos olores, retiene la humedad y da estructura al suelo; por lo cual es un sustituto parcial o total de fertilizantes químicos. El compost se da por medio del compostaje esto es un proceso que Earth Green empresa que comercializa sistemas de compostaje menciona como la transformación biológica de los residuos orgánicos de todo tipo en condiciones controladas de presencia de oxígeno, humedad y relación carbono nitrógeno que conduce la etapa de maduración y producción de compost (Earthgreen,2022).

El proceso de degradación de la materia orgánica que atraviesa el compostaje es la clave para que se obtenga un abono rico en nutrientes. Sin embargo, para que esto se realice debemos de saber reconocer las etapas que conlleva el proceso y los microorganismos asociados, ya que son los principales encargados de realizar a la descomposición de la materia (Morales-barron, B. M. 2021).

2.4 Variables para evaluar el proceso y resultado del compostaje

2.4.1 Temperatura y pH

El compostaje tiene variables muy importantes como son la temperatura y el pH ya que indican el cambio de los procesos que allí ocurren, la temperatura es importante pues va cambiando a medida que los microorganismos van desarrollándose; Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero al crecer los microorganismos generaran calor aumentando la temperatura de la masa que está compostando, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje (Pachón & Vargas, 2015), estas temperaturas se pueden dividir en tres fases; aeróbica: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$) y fase mesófila final (Moreno & Moral, 2008), ahora bien, para el sistema de compostaje usado, el creador del SAC en su página web menciona que "El aumento de la

temperatura en un proceso de compostaje es un indicador positivo, esto indica que hay acción microbiana. Se recomienda el uso de un termómetro de varilla para hacer la medición, si no se cuenta con este se puede introducir una varilla de metal, esperar un minuto y estimar la temperatura al tocarla. Lo importante es verificar que el proceso esté generando calor” (Earth Green, 2021), indicando que el aumento debe ocurrir, pero no especifica el valor.

En la Figura 1, se observa la curva esperada de los cambios de temperatura a lo largo del proceso de compostaje, con las temperaturas máximas esperadas para que dicho proceso resulte exitoso.

Figura 1 Comportamiento de la temperatura en las fases del proceso de compostaje.



Fuente. <https://proyctogestionderesiduos.wordpress.com/2009/12/15/etapas-del-procesode-compostaje/>

Según algunos autores la evolución del pH en el compostaje presenta tres fases. Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos

orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas, en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón (Bueno et al., s. f.).

En general el pH resultante del compostaje se puede aceptar dentro del rango de 5.8 a 7.2 pues un pH menor de 4.5 indica exceso de ácidos orgánicos y pH mayor a 8.5, exceso de nitrógeno (Román et al., 2013).

2.5 Beneficios del compostaje

Los beneficios del compostaje se pueden dividir en bondades físicas, químicas y biológicas: Físicamente mejora la estructura y estabilidad del suelo, incrementa la porosidad, la permeabilidad del aire y la retención del agua. Químicamente aumenta el intercambio catiónico y del contenido de materia orgánica, incrementando de los niveles de macro y micronutrientes esenciales. Biológicamente favorece la coexistencia de diferentes especies de microorganismos, beneficiando la microflora y la mesofauna como protozoos, rotíferos, nemátodos y artrópodos, además, estimula la actividad microbiana y reduce la producción de patógenos (Puerta, 2004).

2.6 Microorganismos y la relación Carbono-Nitrógeno

Los microorganismos en el proceso se caracterizan por la capacidad de degradar celulosa, hemicelulosas, pectinas y otros compuestos que componen la pared celular de estructuras vegetales por lo que la dinámica poblacional de estos es de suma importancia (Alvarez, 2010), una variable importante para observar es la relación carbono-nitrógeno, Según OPS (2009), la relación C/N expresa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción, el aserrín que será el material que se mezclará con el material orgánico presenta una relación C/N >100 (Hang, S., et al., 2015), el ripio de café residuo usado en mayor proporción

a la hora de reunir el material orgánico, presenta una relación C/N de 25-30:1 (Pierre, F., et al., 2009).

3. Metodología

3.1 Área de estudio y unidades experimentales

El trabajo se realizó en una empresa de recolección y manejo de residuos sólidos, ubicada en la ciudad de Medellín, con temperatura de 27 °C, allí se encuentra: la Gerencia General, la Secretaría General y las áreas Servicios Corporativos, Suministros, Soporte Administrativo, Operaciones de Aseo, Disposición Final y la Coordinación de Comunicaciones y Relaciones Corporativas (Emvarias, s. f.), Aquí se implementó el sistema de compostaje autónomo, que se adquirió por medio de la empresa Earth Green Colombia, el instrumento cuenta con dimensiones de 0.7*0.7*1.7 metros de diámetro y altura, tiene una capacidad total en volumen de 500 litros, la fabricación es de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y su carga diaria máxima en peso para este sistema es de 8 kg/día (Earthgreen,2022).

Se tomaron los residuos sólidos orgánicos que se han generado en la cocineta de la organización, después se realizó el proceso de separación, recolección y aplicación a la compostera antes del mediodía. Los implementos para la adecuación de los residuos, como lo son el aserrín, el balde, el tamizador y los recipientes de recolección son entregados por la empresa Earth Green y van incluidos con la compostera por una única vez al principio de la entrega del instrumento, cuando los materiales deban ser cambiados u obtenidos nuevamente, la empresa que realiza el compostaje es la encargada de obtener este material, por tal razón, se recibirá una vez luego de acabado el aserrín 4 bultos de 40 kg cada uno con aserrín que fue usado para la transformación de la materia orgánica.

3.2 Procedimiento Experimental

El proceso experimental tuvo como fuente principal el trabajo de la “ Comparación entre la técnica Bokashi y el equipo Earth Green SAC 100 para la obtención de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados en la Universidad de La Salle sede Candelaria” (Pinto Gómez, O. F., & Mayorga Hernández, D. F. 2015), de este se tomaron variables y procedimientos para evaluar el sistema de compostaje autónomo en la sede administrativa, en el trabajo fuente se compararon dos técnicas de compostaje que para el alcance de este proyecto no son necesarias pero globalmente los fundamentos y materiales son similares por el uso del mismo sistema de compostaje.

3.3 Adaptación y socialización a los colaboradores

A lo largo de todo el proceso de compostaje se desarrollaron las fases de adaptación y sensibilización, charlas de separación, por medio de juegos y conversaciones con todo el personal cuando se realiza el compostaje y en los puntos de separación de residuos, en la Figura 2, se puede observar el diagrama de actividades en todo el proceso.

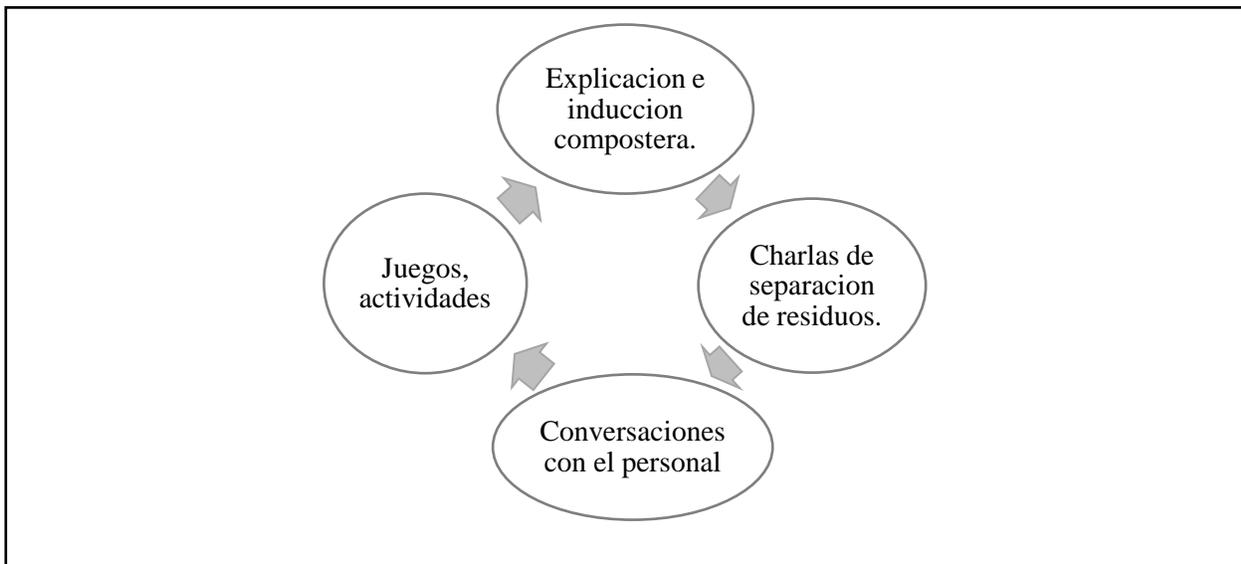
Como actividad inicial del proceso de compostaje se hizo la socialización de la compostera con una capacitación por parte de un trabajador de Earth Green a los colaboradores, para conocer el nuevo sistema implementado en la sede administrativa de la empresa, en este encuentro se explicó el funcionamiento del sistema de compostaje adquirido y sus beneficios ambientales, recordando información respecto a la adecuada separación de los residuos para tener éxito en el proceso del compostaje, esto es observable en la Figura 3.

Las actividades de sensibilización se dieron por medio de un juego, exposición y retroalimentación de separación de residuos, el juego se realizó con imágenes de distintos tipos de desechos y canecas de color negro, verde y blanco, la dinámica buscaba que los trabajadores mostraran como disponían de sus residuos y con esto, felicitar, mejorar e incentivar la separación adecuada, en la Figura 4 se muestra a los colaboradores realizando las actividades, la exposición consistió en detallar la dinámica del compostaje con la preparación de los residuos desde su primer

día y su evolución al pasar de los días, además se enseñaron las temperaturas que se pueden obtener y el proceso dentro del sistema autónomo de compostaje, finalmente la retroalimentación se dio en los puntos ecológicos donde se observó, corrigió y mostro la disposición de los residuos, estas actividades fueron realizadas por medio de la documentación de conversaciones que se tuvieron con los colaboradores respecto a la compostera, sus inquietudes y pensamientos, además de constantes charlas y actividades que se realizaron acerca de la separación de residuos y su correcta disposición.

Al realizar el compostaje de manera cotidiana se presentaron los momentos de documentación de dudas, expectativas o molestias por manejo de residuos, reconocimiento de mosquitos de fruta o inquietudes frente al proceso y sus resultados por parte del personal de la empresa ya que la aceptación visual y del entorno de este sistema suscito todo tipo de preguntas como: ¿Qué es ese aparato?, ¿Para qué sirve? ¿Cómo funciona? ¿Todo se puede compostar?, esta información fue documentada por medio de una bitácora que recopilaba las charlas con los colaboradores.

Figura 2 Actividades sociales alrededor del compostaje: sede administrativa



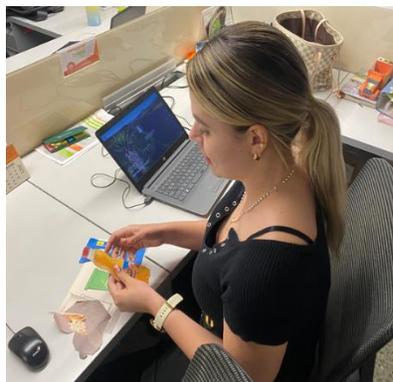
Fuente. Elaboración propia.

Figura 3 Inducción funcionamiento sistema de compostaje



Fuente. Elaboracion propia.

Figura 4 Charlas y sensibilización residuos y compostaje



Las actividades de sensibilización, enseñanzas, retroalimentación, explicación e inducción se dieron a lo largo de todo el proceso, en la compostera y en el área laboral.

Fuente. Elaboracion propia.

3.4 Pre ensayo de compostaje

El pre ensayo se dio en un periodo de cuatro semanas e inició con la recolección de los residuos orgánicos del punto ecológico, en este primer paso se hace una verificación de la separación que hizo el personal para no ingresar a la compostera material inadecuado, se llevó en una cubeta y se aplica el aserrín mantenimiento la proporción de tres partes de orgánicos por una de aserrín, los residuos compostados en su mayoría eran restos de fritos, ripio de café, huesos de

pollo, sobrantes de comida como arroz, papa y aguacate, bolsas de té, cascaras de frutas, cascaras de huevo, servilletas y otros elementos, este proceso es repetido mínimo cuatro veces a la semana.

Después de haber mezclado el material tapando la cubeta, se abre la compuerta alta del sistema de compostaje y se vierte la mezcla, esparciendo la preparación y agregando una capa de aserrín, para prevenir mosquitos de fruta, a los dos días del primer compostaje se toman las temperaturas día de por medio para registrar y almacenar los datos.

En las primeras semanas de haber realizado el proceso se observa resistencia a la compostera y el personal se cuestiona por la estética del sistema de compostaje, la apreciación del aprovechamiento de los residuos orgánicos no es muy positiva, además se presenta un aumento de mosquitos que se atribuyen a la compostera, por tal razón el compostaje se detiene y se plantea reubicar o llevar a otra sede la compostera. Finalmente, luego de un mes se logra mantener la compostera en el lugar que se tenía y se realizaron reuniones que detallan la importancia ambiental de este proceso como iniciativa y buenas prácticas.

3.5 Compostaje

Para el segundo mes de compostaje se decidieron realizar modificaciones respecto a la metodología que se planteó para manejar el sistema de compostaje, por tal razón, para iniciar el proceso desde cero se composto habitualmente entre las 10:30 y 11:30 de la mañana, evitando la hora de comidas del personal, en el punto naranja, lugar donde ocurre la separación en la fuente de los residuos, se recolecto el ripio de café, cascaras de fruta, cascaras de huevo y bolsas de té que se depositaron hasta ese momento.

Posteriormente se hizo el proceso de preparación de los residuos, para esto, se colocaron tres partes de residuos por una de aserrín en un balde, los residuos orgánicos se cortaron en trozos más pequeños para distribuir todo el material al compostar, se taparon para revolver e integrar los materiales, luego manualmente se terminaron de mezclar correctamente hasta que pueda observarse una pasta que cubre todo el material orgánico, después de este proceso se vertió el producto a la compostera; en la Tabla 1 se puede observar el procedimiento ilustrativo del proceso de compostaje,

Este proceso fue repetido mínimo tres veces a la semana, a los 50 días de haber realizado el primer compostaje se abrió la compuerta posterior del sistema y se extrajo la parte inferior del material.

Tabla 1

Proceso de compostaje

Paso 1: Residuos orgánicos separados para compostaje, y aserrín para mezclar.



Paso 2: Se trituran los residuos orgánicos para mejorar el proceso y se vierten en donde se encuentra el aserrín, hasta cumplir la proporción 1 parte de aserrín por 3 de orgánicos.



Paso 3: Se tapa el recipiente y se mezcla por unos segundos, después de esto, se hace el mismo procedimiento, pero manualmente para integrar mejor los dos elementos.



Paso 4: Después de que el material se encuentra integrado se procede a verter el producto a la compostera y se dispersa en el sistema autónomo de compostaje; finalmente se cierra la compostera.



Fuente. Elaboracion propia.

3.6 Variables de medición a lo largo del compostaje

La temperatura al iniciar el compostaje se tomó por una semana seguida para documentar los cambios que ocurren rápidamente, después las temperaturas fueron capturadas día de por medio, de lunes a viernes, se obtuvieron la mayor cantidad de datos esperando un día de diferencia para realizar una curva de temperatura por el periodo de compostaje.

Los lixiviados y olores fueron caracterizados por medio de propiedades organolépticas, día a día se verifico con la visión que no hubiese líquidos derramados debajo o en los laterales de la compostera, respecto a los olores se abrió la compostera día a día por cinco minutos, para oler y verificar que el material no presentara un olor incomodo, además de los comentarios del personal si llegaban a manifestar malestar.

3.7 Compost obtenido

Para obtener el compost, se necesitó el tamizador y una canasta cubierta para recibir el abono, se colocó el tamizador sobre la canasta, después se procedió a extraer el material de la parte baja de la compostera y este se colocó sobre el tamizador, el material que pasa el tamizaje es el compost que se tomó para medir el pH y condiciones de textura y color. El material que no paso el tamizaje se devolvió a la compostera para continuar el proceso, en la tabla número 2 se ilustra el proceso de separación del compost.

Tabla 2

Proceso de separación compost

Paso 1: Organizar la canasta con una base que pueda recibir el compost.



Paso 2: Se coloca el tamizador sobre la canasta, y se alista el material que ya cumplió el tiempo establecido en la compostera (1 mes y 20 días aproximadamente).



Paso 3: Se coloca el compost sobre el tamizador y se procede a agitar el recipiente: El material pequeño que pasara la malla, será el compost obtenido y el material que se queda en la parte superior, será devuelto al SAC.



Paso 4: El compost que queda en la canasta será separado para realizar la prueba de pH.



Fuente. Elaboracion propia.

3.8 Medición de pH

La medición del pH se realizó con el compost obtenido del sistema autónomo de compostaje, las 5 muestras se dejaron secar por 1 día en láminas de papel al aire libre sin exposición a lluvia, pasado este tiempo se separaron 50 gr de las cinco muestras para manejar mejor la porción de abono, después se pesaron 20 ml de agua destilada en un recipiente y a este se le agregaron 0.5 gr de compost que fue medido con una cuchara pequeña, se mezclaron y se dejaron las muestras en reposo, pasados unos segundos se agregaron las tiras de pH para observar el color de estas (pH del suelo, 2020), finalmente se comparó con los colores de referencia ilustrados en la Figura 8 y Figura 9, en la Tabla 4 se observa el procedimiento realizado para la obtención del pH.

Tabla 3.

Medición de pH

<p>Paso 1: Se secaron las cinco muestras al aire libre por un día.</p>	
<p>Paso 2: Se separaron en muestras más pequeñas de 50 gr cada una.</p>	
<p>Paso 3: Para el procedimiento de pH se uso: Agua destilada, pesa, compost, cuchara y tiras de pH.</p>	

Paso 4: Se pesaron 20 mililitros de agua en un recipiente y a este se le agregó una cucharada de abono.



Paso 5: Se agito el recipiente por unos segundos y se dejó en reposo.



Paso 6: Se colocaron las tiras de pH en la parte más alta del recipiente y se leyó el resultado.



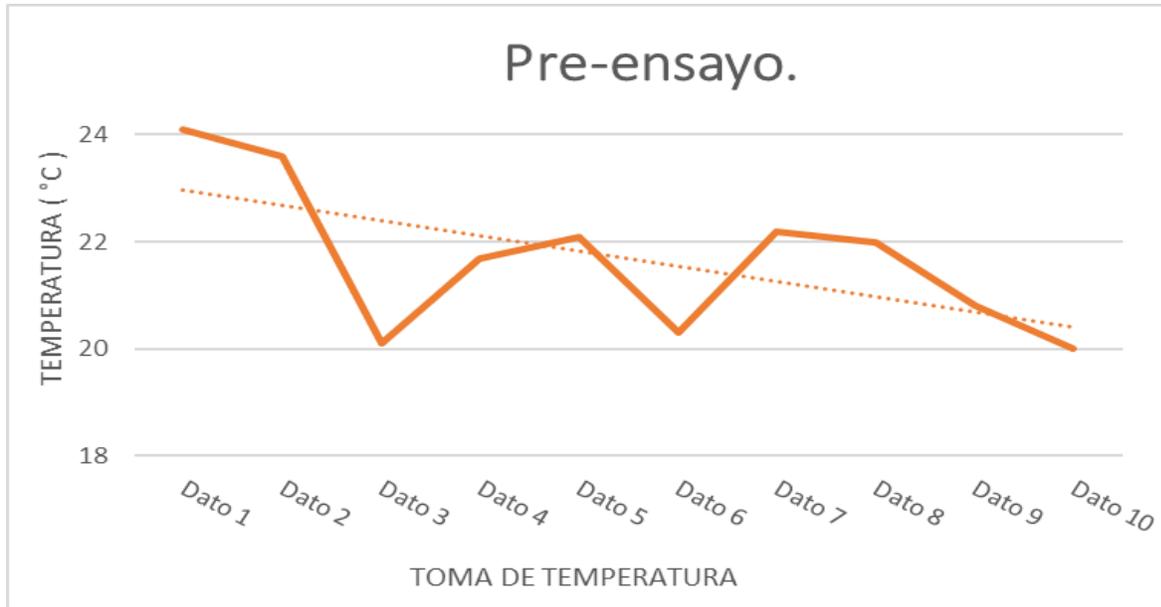
Fuente. Elaboracion propia.

4. Resultados

4.1 Temperatura Pre ensayo

La Figura 5, retrata las tomas de temperatura que se desarrollaron en las primeras cuatro semanas de haber iniciado con el pre ensayo del compostaje, la primer observación de temperatura se dio dos días después de haber realizado el procedimiento, acá se presentó el dato más alto con 24.1°C, después de esto en las siguientes tomas de temperatura, el material presenta datos muy bajos que oscilan entre los 20 °C y los 23.6 °C, la tendencia es de disminución de temperatura a lo largo del tiempo.

Figura 5 Resultados de temperatura en el Pre ensayo

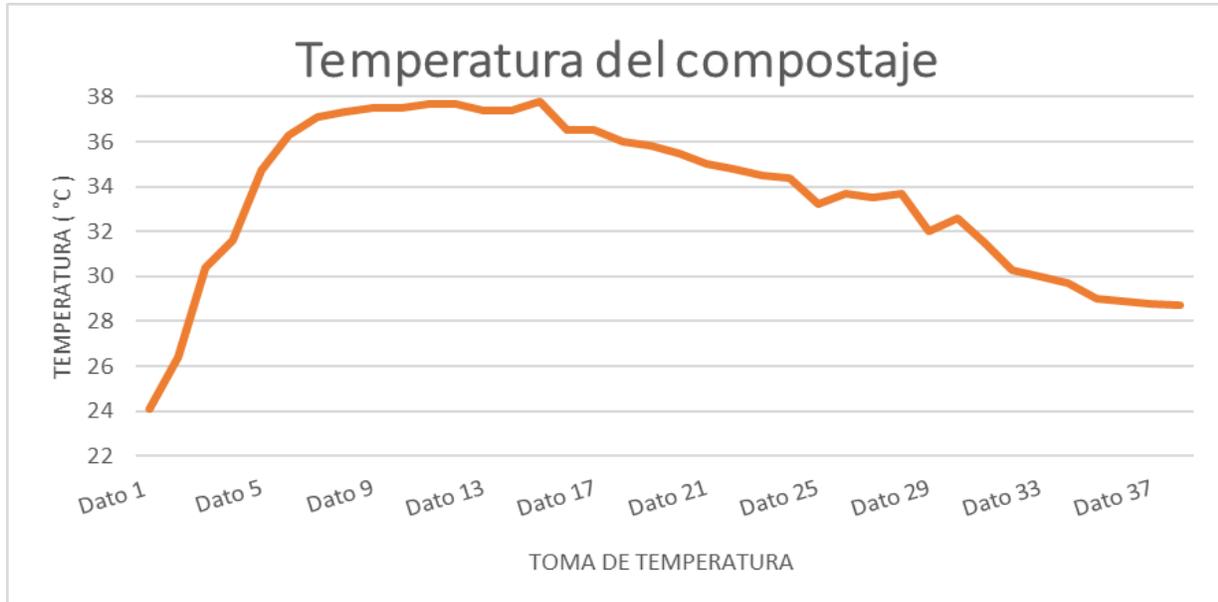


Fuente. Elaboracion propia.

4.2 Temperatura de Compostaje

La Figura 6 retrata las tomas de temperatura que se realizaron a lo largo del proceso de compostaje, los datos que se observan fueron documentados desde la primera semana de manera seguida y luego se dieron día de por medio por un periodo de tres meses, el aumento de temperatura se comienza a percibir desde el segundo día, este material pasa de 24.1 °C a 26.4°C. A los ocho y nueve días, es decir en el dato número 7 y 8, las temperaturas comienzan a aumentar con 36.3 °C y se mantienen en aumento hasta la toma de temperatura número 15 con un valor de 37.8 °C, después de esto la temperatura comienza a disminuir a temperatura ambiente, el último dato registra un valor de 28.7 °C.

Figura 6 Resultados de temperatura en el desarrollo del compostaje



Fuente. Elaboracion propia.

4.3 Medición de pH

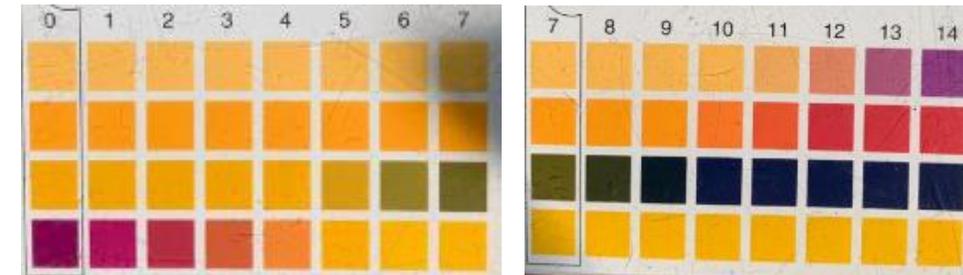
Al calcular el pH de las muestras obtenidas del compostaje, se evidencio que los cinco resultados presentaron colores muy similares, según se evidencia en la Figura 7 estas se observaron con colores amarillos, naranjas y una tonalidad verdosa que comparada con la barra de referencia de la Figura 8, se puede establecer que el nivel de pH es de 5 o 6, un pH ligeramente ácido.

Figura 7 Resultados tiras de pH



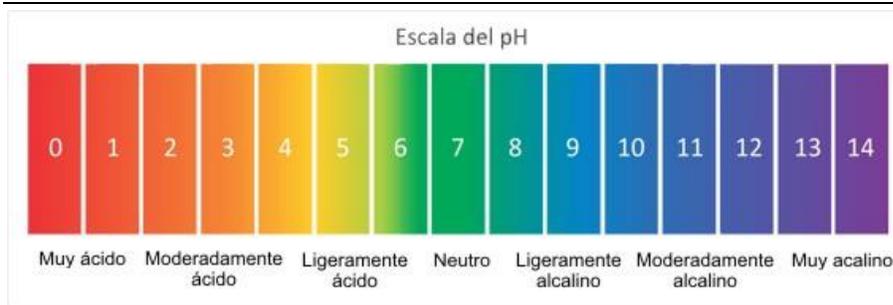
Fuente. Elaboracion propia.

Figura 8 Barra de referencia pH



Fuente: Fotografía propia

Figura 9 Escala de pH



Fuente: <https://concepto.de/ph/>

4.4 Aceptación de los colaboradores

En la Tabla 4 se observa la bitácora realizada a lo largo de todo el proceso de evaluación del sistema de compostaje, se capturaron las conversaciones que se generaron con los colaboradores y personal que rodea la compostera, esta bitácora no se realizó diariamente, sino cuando se presentaban las personas con sus dudas, curiosidades, o pensamientos alrededor de este sistema, se observa que en las primeras experiencias la percepción es negativa y se cuentan con pensamientos predispuestos, como: “la compostera va a traer moscos y olores desagradables a la empresa”.

El personal aledaño pide mover de lugar el SAC pues les parece que no es agradable a la vista y no entienden su ubicación. A medida que transcurre el tiempo, el acercamiento es más

asertivo con dudas y cuestionamientos académicos respecto al compostaje; para las últimas notas el personal acepta de manera adecuada la labor que se realiza.

Tabla 4

Bitácora de experiencias

<p>Semana 2-3-4 de diciembre</p>	<p>Compostaje: Desde la semana 3 del mes de diciembre se inició el compostaje con todo el material orgánico que se produjo desde las horas de la mañana hasta las 2 pm, es decir se recolecto la comida procesada, cascaras, huesos de pollo y sobrantes de comida, siguiendo la metodología y enseñanza del trabajador de Earth Green. En la empresa se generó resistencia al SAC, por tal razón se detuvo compostaje. Luego se desechó el material y limpio la compostera para dejarla sin material e iniciar el compostaje de nuevo.</p>
	<p>Experiencias: En estas semanas el personal no se acerca a ver o conocer lo que se realizó en la compostera, por el contrario, se manifestó la incomodidad del aparato porque era " un foco de moscos" que estaban llegando hasta los puestos de trabajo del personal, además no les parecía estético y estorbaba en el ambiente e instalaciones. Se realizaron reuniones, explicando la importancia del sistema y que se estaba buscando con esto, además se abrió la oportunidad a una nueva locación y ocupación si percibían que este no era el lugar adecuado para el sistema autónomo de compostaje.</p>
<p>31/01/2023</p>	<p>Compostaje: Inicio el segundo mes de compostaje, para este momento se cambió la forma y materiales a usar, ya que se pretendió que los colaboradores simpatizaran con la compostera y todo lo que implica esta.</p>
	<p>Experiencias: El proceso se realizó a la vista de todos, en horas que no interfiera con sus momentos de alimentación. El personal alledaño pasaba habitualmente observando curiosamente el proceso de compostaje preguntando que: "No sabían que era eso y para que servía".</p>
<p>13/02/2023</p>	<p>Compostaje: El compostaje se desarrolló a las 11:30 de la mañana de manera habitual igual que la toma de temperaturas.</p>
	<p>Experiencia: Dos colaboradores del área ambiental se interesan por el proceso del compostaje preguntando las temperaturas a lo largo del proceso y que se espera del producto final, uno de ellos muy interesado propone estar en la toma de muestra de pH del material que se obtenga en el segundo mes y realizar charlas a su área respecto a lo que se está haciendo con los residuos orgánicos.</p>

Aprovechamiento De Residuos Orgánicos Por Medio De Un Sistema De Compostaje Autónomo:
Análisis y desarrollo del compostaje en dinámicas laborales.

22/02/2023	<p>Compostaje: Se realizo el compostaje a las 10:30am de la mañana, la cantidad de residuos orgánicos como cascara de banano y de papaya, fueron en gran cantidad, se compostaron 2 veces y se realizaron las tomas de temperatura.</p> <p>Experiencias: Un colaborador se acerca para preguntar: “Qué es lo que tanto hago y cómo funciona”, además se hizo preguntas respecto al funcionamiento de la compostera, como: “Es necesario voltear el material, y como se controlan los olores, ya que se sorprende al ver que la compostadora no despide ningún olor incomodo u ofensivo”.</p>
03/03/2023	<p>Compostaje: Se realizo el compostaje a las 11:00 am con gran cantidad de ripio de café, además de una gran cantidad de cascara de plátano.</p>
	<p>Experiencias: Un colaborador que trabaja como transportador de la sede, se acerca mientras se realizó el compostaje, preguntando : “Cuál es el proceso que se hace para compostar y como se desarrolló, comenta que tiene una huerta en casa y que quiere aprender a mejorar sus procesos además de encontrar diferencias en la forma en que compostaje”</p>
06/03/2023	<p>Compostaje: Se realizó el compostaje a las 10:30 am con una pequeña cantidad teniendo en cuenta que la producción de cascara de comida y ripio de café fue poca, se composto una vez, y se realizó limpieza y tomas de temperatura.</p> <p>Experiencias: Una colaboradora del área de salud y seguridad en el trabajo se acercó mientras se realizaba el compostaje, preguntando: “Que hacía y por qué “metía mi cabeza” en el compostador”, preocupada por el olor. Se sensibiliza respecto al proceso que se estaba realizando y con qué finalidad, además se acercó a percibir el olor de la compostera, sorprendida menciona que “ No sentía ningún mal olor y que esperaba que oliera a vinagre”, Se presento una charla respecto a la conciencia del aprovechamiento y la resistencia de las personas a aceptar nuevos procesos que incluyan el usar los residuos orgánicos y su interacción con lo que consideran “basura” en un espacio laboral.</p>
13/03/2023	<p>Compostaje: Se tomo la temperatura del día y se realizó el compostaje con normalidad antes del mediodía, además se observar si se dan lixiviados, malos olores, o focos de mosquitos en la compostera.</p> <p>Experiencias: Las comunicadoras de la empresa motivadas por el trabajo que se venía realizando con la compostera, manifestaron la intención de realizar varias actividades motivando al personal para conocer el compostaje y el funcionamiento. Se observa la motivación para hacer más visible y reconocible esta alternativa de aprovechamiento.</p>

Fuente. Elaboracion propia

5. Análisis

Luego de haber finalizado con la contextualización, recapitulación de información y tomas de datos alrededor de la compostera y sus resultados se puede establecer el siguiente análisis.

5.1 Temperaturas pre ensayo

Las temperaturas del material orgánico descomponiéndose en el pre ensayo, no presentan los resultados esperados, ya que al tomar los datos día a día se presume que la temperatura inicial que está determinada por el ambiente, vaya aumentando dentro de la compostera por la actividad microbiana que allá se genera, pero como se puede observar en la Figura 5, los resultados son lo contrario y comienzan a darse temperaturas más bajas, el dato tomado dos días después del compostaje es de 24.1 °C, dato con la temperatura más alta a lo largo de toda la medición, esto puede ocurrir debido a la temperatura ambiente del lugar y la descomposición inicial de los residuos que se genera de manera exitosa y luego se detiene.

Luego esas temperaturas se capturaron cada vez más bajas, implicando poca actividad microbiana, esto se pudo haber presentado en la preparación del material para verter en la compostera, ya que a la hora de realizar la proporción 3 partes de orgánicos por 1 de aserrín, se realizó de forma natural sin medir o precisar la proporción, por lo que el aserrín en exceso pudo hacer que el proceso de descomposición fuera más lento y se presentara un exceso de carbono y poca disponibilidad de nitrógeno, para el crecimiento y reproducción de los organismos.

5.2 Temperatura compostaje

El compostaje realizado luego del pre ensayo, presenta mejores resultados ya que las temperaturas comienzan a aumentar desde que se toma el segundo dato, la temperatura máxima es de 37.8 °C, después de esto las temperaturas comienzan a disminuir hasta los 28.7 °C, según el documento de Pinto Gómez, O. F., & Mayorga Hernández, D. F. (2015), las temperaturas del

compostaje usando el SAC , aumentan entre los 50 y 60 °C, por tal razón puede concluirse que aunque las temperaturas en el SAC aumentaron, estas no fueron las obtenidas en otros ensayos usando el mismo instrumento, además que la toma de temperaturas tomadas se documentaron por un tiempo más prolongado ya que al no aumentar la temperatura a 45 °C la fase termófila no se desarrolla y por tal razón solo los microorganismos de la fase mesófila estarán descomponiendo el material orgánico por lo que el proceso será más lento, sin embargo el aumento de temperatura no se volvió a percibir y se mantuvieron temperaturas entre los 28 y 30 °C.

Las temperaturas mayores a 45 °C, pudieron no ser alcanzadas debido a la proporción de tres partes de orgánico por una de aserrín, probablemente se necesite cuantificar mejor las cantidades, además de agregar productos con descomposición más rápida cuya proporción carbono nitrógeno sea promedio, esto implica que las condiciones del compost probablemente no sean las adecuadas para agregar al suelo como abono, Docampo, A. D. R. (2013) en su documento indica que por encima de los 55 °C se da la destrucción de microorganismos patógenos y al de redor de los 60 °C se desarrolla la desactivación de las semillas de malezas y plantas.

5.3 Medición de pH

Los resultados de la medición de pH para las cinco muestras obtenidas del compostaje luego de un mes y 2 semanas aproximadamente demuestran resultados similares en los rangos de pH de 5 a 6, un pH levemente ácido que está cerca a la neutralidad, estos resultados son positivos y aceptables dentro de la información obtenida de los valores de pH, esto indica que los rangos entre 4.5 y 8.5 son favorables, aunque puede que estos valores obtenidos se acercan a resultados menores a 4.5 pues las tiras de pH no muestran un número exacto sino un estimado por colores, por tal razón la percepción del color puede dar un resultado inexacto, dado esto puede ser posible agregar material más rico en nitrógeno que podrá aumentar el valor del resultado del pH hasta valores más cercanos a 7.

Según la bibliografía de Pinto Gómez, O. F., & Mayorga Hernández, D. F. (2015), los resultados de pH en los últimos días del proceso de compostaje se dan entre 6.5 y 7, resultados superiores a los obtenidos en el ensayo.

5.4 Aceptación de los colaboradores

Los colaboradores inicialmente no se interesan y manifiestan el interés de mover el SAC del lugar que se tenía dispuesto, el desconocimiento y pensamientos preestablecidos respecto al aprovechamiento y compostaje, establece muchos mitos o verdades a medias respecto a la descomposición y a los procesos físicos que ocurren alrededor del compostaje, como el olor y la atracción de infecciones o enfermedades por insectos; después de varias semanas y de mejorar la metodología para realizar el compostaje se comienza a ver cambios después de visibilizar por varios días el proceso de compostaje además de las charlas y juegos que se fueron realizando, por tal razón la aceptación a la compostera y al aprovechamiento de los residuos orgánicos se hace mas visible en la sede administrativa, pues en las tomas de temperatura, compostaje y al finalizar el proceso con la toma de pH, los colaboradores se acercan con calificaciones positivas respecto a utilizar y no desechar de primera mano materias que se pueden incluir en un ciclo de vida mas sostenible, por tal razón analizando las conversaciones, charlas y juegos que incluyen al trabajador y lo hacen participativo en el todo el proceso desde la separación en la fuente hasta la extracción del compostaje, se evidencia una aceptación y mirada abierta al sistema de compostaje y todo lo que este incluye.

6. Conclusiones

El aprovechamiento de los residuos orgánicos debe ser una actividad cotidiana y con mayor relevancia en la sociedad citadina. El compostaje es una alternativa poco habitual dado que este incluye a todos dentro del círculo de aprovechamiento. Desde el consumidor y su decisión de depositar el residuo en el recipiente correcto, hasta la persona que vierte y extrae el material que se composta debe ser consiente de por qué está separando los residuos y como esto beneficia el ciclo de consumo y uso. Los procesos fisicoquímicos que ocurren al compostar, como el aumento de las temperaturas, los olores o insectos que son atraídos por la materia orgánica, deben ser comprendidos como un proceso natural pero controlado que tiene impactos ambientales y sociales, que evaluados correctamente serán controlados, mitigados, prevenidos o compensados; por lo cual el implementar un sistema de compostaje debe tener ajustado un *plan de sensibilización* y

adaptación en la zona de influencia, que tenga como fin, incluir a la comunidad para que pueda comprender el ciclo de vida y de uso, de modo que las sensibilizaciones y acercamientos a los desechos, concienticen a las personas de la responsabilidad de lo que consumen y desechan, es importante tener claro que el consumo de comida es constante y vital pero el manejo de estos es de educación ambiental.

El correcto funcionamiento del sistema de compostaje se encuentra unido a la aceptación u comprensión de la sociedad que se encuentre alrededor de este, puesto que el proceso de compostar que está condicionado a separar, revolver y medir, implica manejar y observar todo un proceso de descomposición que no es cotidiano de ámbitos laborales que habitualmente se definen por dinámicas rápidas y de mucha limpieza, por esto es importante desarrollar estrategias de compostaje en los hogares y empresas, que aunque cuenten con poco espacio puedan desarrollarse.

La relación de tres partes de residuos orgánicos y una de material seco que en este caso es aserrín, debe ser estar bien establecida, el proceso no se dará correctamente si las cantidades de nitrógeno o carbono no son las suficientes para completar con el ciclo de descomposición haciéndolo lento e inviable pues se tendrá que parar la cantidad de residuos que se vierten por que el proceso se tardara más y el SAC cumplirá la capacidad.

La temperatura en el compostaje no presenta los valores máximos esperados y el pH del compost resultante da observaciones positivas respecto al rango de aceptación para un abono útil para el suelo.

El sistema de compostaje autónomo es un instrumento útil y sencillo de manejar en ámbitos administrativos que por su labor tienen poco espacio y tiempo para concentrarse en el éxito de la obtención de abono, sin embargo el funcionamiento no es lineal y no tiene el mismo éxito con las condiciones dadas al principio, se debe buscar y mejorar el proceso a la medida en el que se va compostando, pues la prioridad en una empresa es que cada colaborador cumpla con su labor y el ambiente no sea perturbado o afectado, por tal razón realizar el compostaje en un ambiente laboral no solo implica el obtener abono, mitigar olores e insectos, sino hacer un espacio sostenible para el desarrollo de la actividad, que el personal entienda acerca del sistema y del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Referencias

- Ambiental, d. e. d. c. (s. f.). separación de residuos sólidos urbanos. sedema. <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/organicos.html>
- Breukers, l., & Puentes, f. (2021, 6 agosto). tratamiento de residuos sólidos en el marco del servicio público de aseo. minvivienda. recuperado 1 de enero de 2023, de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/20210806-entregable-1-v5-definitiva_0.pdf
- Bueno, p., Díaz, m., & Cabrera, f. (s. f.). capítulo 4. factores que afectan al proceso de compostaje. digital.csic.es. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Bustos Flores, c. (2010, 20 enero). la problemática de los desechos sólidos. saber.ula.ve. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/30305>
- Docampo, a. d. r. (2013). compostaje y compost. revista inia-nº, 35, 64.
- Catálogo de residuos europeo. (1999, 8 enero). boe-a-1999-347 resolución de 17 de noviembre de 1998, de la dirección general de calidad y evaluación ambiental, por la que se dispone la publicación del catálogo europeo de residuos (cer), aprobado mediante la decisión 94/3/ce, de la comisión, de 20 de diciembre de 1993. boe. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=boe-a-1999-347>
- Cortés, c. m. (2018). estudio de los residuos sólidos en colombia. u. externado de colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/34996da5-2eab-4fc3-ad8b-2eb67a322507/content>
- Consejo nacional de política económica y social conpes (2016, 21 noviembre). documentoconpes.colaboracion.dnp. <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/economicos/3874.pdf>
- Compostaje: una tendencia para combatir el cambio climático. (2018, 6 diciembre). mma.gob.cl. <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/>
- Derecho del bienestar familiar [decreto_4741_2005]. (s. f.). https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_4741_2005.htm

-
- Earthgreen colombia. (2022, 27 septiembre). compostadores. earthgreen. <https://www.earthgreen.com.co/>
- Earthgreen. (2022, 21 febrero). sistemas de compostaje. earthgreen. <https://www.earthgreen.com.co/sistemas-de-compostaje/>
- Earthgreen. (2021, 8 junio). preguntas frecuentes. <https://www.earthgreen.com.co/preguntas-frecuentes/>
- Emvarias [empresas varias de Medellín s.a. e.s.p]. (s. f.). sedes y puntos de atención. [emvarias.com.co](https://www.emvarias.com.co/). <https://www.emvarias.com.co/emvarias/sedesypuntos>
- Garita, n., Rojas, j., & vicerrectoría académica. (2009). guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost. documentos.una.ac.cr. <https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/manual%20composteras.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Hang, s., Castán, e., Negro, g., Daghero, a., Buffa, e., Ringuélet, a., ... & Mazzarino, m. j. (2015). compostaje de estiércol de feedlot con aserrín/viruta: características del proceso y del producto final. *agriscientia*, 32(1), 55-65.
- Ideam.(s. f.). compostaje.documentacion.ideam.gov.co. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021313/08capitulo4.pdf>
- Martínez, m., Pantoja, a., & Román, p. (2013). manual de compostaje del agricultor, experiencias en américa latina. fao.org. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Morales, b. (2021). etapas del composteo y sus beneficios microbiológicos. .researchgate.net. https://www.researchgate.net/publication/349379086_etapas_del_composteo_y_sus_beneficios_microbiologicos
- Moreno, j., & Moral, r. (eds.). (2008). compostaje. google books. [https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=apuzwas6rrcc&oi=fnd&pg=pa94&dq=:+fase+mes%c3%b3fila+inicial+\(t45%c2%b0c\)%3b+y+fase+mes%c3%b3fila+final,+consider%c3%a1ndose+finalizado+el+proceso+cuando+se+alcanza+de+nuevo+la+temperatura+inicial&ots=bsuvp8ktv8&sig=rjys43vgtjqqjetob3x3jihltluu&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=apuzwas6rrcc&oi=fnd&pg=pa94&dq=:+fase+mes%c3%b3fila+inicial+(t45%c2%b0c)%3b+y+fase+mes%c3%b3fila+final,+consider%c3%a1ndose+finalizado+el+proceso+cuando+se+alcanza+de+nuevo+la+temperatura+inicial&ots=bsuvp8ktv8&sig=rjys43vgtjqqjetob3x3jihltluu&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

-
- Mula, j. a. (2018, 27 agosto). relación c/n (carbono/nitrógeno) en el suelo. agromática. <https://www.agromatica.es/relacion-cn-o-carbono-nitrogeno/>
- Plataforma digital única del estado peruano. (2023, 12 marzo). conoce como manejar tus residuos sólidos durante la reactivación económica. orientación - ministerio del ambiente - plataforma del estado peruano. <https://www.gob.pe/10790-conoce-como-manejar-tus-residuos-solidos-durante-la-reactivacion-economica>
- Pachón, m., & Vargas, a. (2015, enero). revisión sobre el estudio de la dinámica de los microorganismos presentes en el compostaje de subproductos de la caña de azúcar. repository.unilibre.edu.co. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16164/revisi%20sobre%20el%20estudio%20de%20la%20din%20mica.pdf?sequence=1>
- pH del suelo. (2020, 12 marzo). smallholder soil health assessment. <https://smallholder-sha.org/bienvenidos-2/soil-ph-esp/>
- Pierre, f., Rosell, m., Quiroz, a., & Granda, y. (2009). evaluación química y biológica de compost de pulpa del café en caspito municipio Andrés eloy blanco, estado Lara, Venezuela. *bioagro*, 21(2), 105-110.
- Pinto Gómez, o. f., & Mayorga Hernández, d. f. (2015). comparación entre la técnica bokashi y el equipo earth green sac 100 para la obtención de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados en la universidad de la salle sede candelaria.
- Puerta, s. (2004). los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69511009.pdf>
- Profesional, r., profesional, r., & w. (2022, 17 febrero). cada europeo generó 505 kg de residuos municipales en 2020, un 14% más que en 1995. residuos profesional. <https://www.residuosprofesional.com/europa-residuos-municipales-2020/>
- Román, p., Martínez, m., & Pantoja, a. (2013). manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina. fao. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Semana. (2020, 1 marzo). el 78% de los hogares colombianos no recicla. semana.com últimas noticias de Colombia y el mundo. <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/el-78-de-los-hogares-colombianos-no-recicla/44231/>

Sociedad antioqueña de ingenieros y arquitectos – SAI. (2022, 26 julio). la disposición de basuras en Colombia todavía es un reto por superar- SAI. sociedad antioqueña de ingenieros y arquitectos. <https://sai.org.co/la-disposicion-de-basuras-en-colombia-todavia-es-un-reto-por-superar/>

Udc. (09 de 12 de 2009). grupo de gestión de residuos. recuperado el 15 de 10 de 2015, de etapas del proceso de compostaje: <https://proyectogestionderesiduos.wordpress.com/2009/12/15/etapas-del-procesode-compostaje/>

Universidad de león. (s. f.). definiciones servicio gestión de residuos. [servicios.unileon.es. https://servicios.unileon.es/gestion-de-residuos/definiciones/](https://servicios.unileon.es/gestion-de-residuos/definiciones/)

United nations. (s. f.). población | naciones unidas. <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Quiceno Ramírez, j. & el colombiano. (2021, 14 enero). vida útil del relleno sanitario la pradera se extenderá hasta 2030 | el colombiano. [www.elcolombiano.com. https://www.elcolombiano.com/antioquia/extienden-vida-util-del-relleno-la-pradera-gg14474570](https://www.elcolombiano.com/antioquia/extienden-vida-util-del-relleno-la-pradera-gg14474570)

Ullca,j.(2006). Los rellenos sanitarios. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>