

Diseño de un modelo aplicado a los procesos de reutilización de residuos orgánicos en Medellín y su área metropolitana

Design of a model applied to organic waste reuse processes in Medellin and its metropolitan area

 Joaquín Fernando Mena¹
 Cesar Augusto Quintero²

DOI: <https://doi.org/10.26495/icti.v9i2.2261>



RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló un diseño de un modelo aplicado a los procesos de reutilización de residuos orgánicos en Medellín y su área metropolitana. Con base a lo anterior, se estableció la importancia de mejorar las condiciones ambientales aplicando un proceso de compostaje, de tal manera que ello permitiera fortalecer la cultura de separación de residuos orgánicos y no orgánicos desde los hogares para que no terminen en rellenos sanitarios. De esta manera, se seleccionó una muestra para la producción del modelo, en la cual, se seleccionaron unidades residenciales que brindarán residuos sólidos de frutas o alimentos para su posterior tratamiento y otra muestra para el producto terminado, en la cual, se seleccionó viveros y jardinería en áreas residenciales. Por otro lado, las unidades experimentales tenidas en cuenta fueron los residuos de frutas, el aserrín y el secado y se tuvieron en cuenta hipótesis nula e hipótesis alternativa. En este orden de ideas, se utilizaron también tablas ANOVA y se establecieron análisis de medias y varianzas mediante la suma de cuadrados tipo III, por lo cual, los hallazgos obtenidos reflejaron una cantidad significativa. Finalmente, de acuerdo con los resultados se aportó la identificación de peligros, evaluaciones y valoraciones de riesgos a través de matrices y se señaló la importancia de establecer controles existentes de acuerdo con posibles efectos, así como los diferentes niveles de evaluación del riesgo.

PALABRAS CLAVE:

ANOVA, gestión de residuos, política medio ambiental, reutilización de residuos

ABSTRACT

In this work, a design of a model applied to the processes of reuse of organic waste in Medellín and its metropolitan area was developed. Based on the above, the importance of improving environmental conditions by applying a composting process was established, in such a way that it would strengthen the culture of separation of organic and non-organic waste from households so that they do not end up in landfills. In this way, a sample was selected to produce the model, in which residential units were selected to provide solid fruit or food waste for subsequent treatment, and another sample for the finished product, in which nurseries and gardening in residential areas were selected. On the other hand, the experimental units considered were fruit waste, sawdust and drying, and the null hypothesis and alternative hypothesis were considered. In this order of ideas, ANOVA tables were also used and analysis of means, and variances were established by means of the sum of squares type III, therefore, the findings obtained reflected a significant amount. Finally, according to the results, the identification

¹ Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia, juacocasas21@gmail.com

² Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia, cquintero@americana.edu.co

of hazards, evaluations and risk assessments were provided through matrices and the importance of establishing existing controls according to possible effects was pointed out, as well as the different levels of risk assessment.

KEYWORDS:

ANOVA, waste management, environmental policy, reuse of waste

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la situación de crisis ambiental por el impacto negativo del creciente mercado consumista es cada vez más evidente. En este orden de ideas, esta problemática ha conllevado a la generación de una gran cantidad de residuos convirtiéndose la mayor parte de estos en basura y afectando el medio ambiente y la salud de los seres humanos debido a la generación de diferentes factores contaminantes encaminados a provocar la extinción de muchas especies e incluso, acabar con la biodiversidad.

Dentro de este marco, Arias Taratiel (2020) destaca que la principal problemática radica en que el consumo y la población se encuentran constituidos por dos extremos, uno positivo relacionado con la producción de bienes y riqueza y otro negativo que incluye la generación de residuos y despilfarro de recursos naturales. Por lo anterior, el autor afirma que se está forjando un conflicto de intereses económicos y medioambientales, y por consiguiente una situación que requiere ser solventada con la finalidad de corregir la crisis ecológica generada alrededor del mundo.

Por otro lado y aludiendo a Medellín y su área metropolitana, Gallego Moscoso et al. (2020) aportan, en su informe, que la conservación del recurso hídrico en la ciudad es de vital importancia para garantizar la sostenibilidad y que un manejo inapropiado de los residuos sólidos tiene altas probabilidades de generar impactos climáticos y de seguridad. Los autores aluden, también, sobre las consecuencias en la salud humana y en calidad de vida de las personas ocasionadas por factores como la contaminación del aire, la cual sucede principalmente por los vehículos de transporte de los centros urbanos como Medellín.

A lo largo del presente trabajo de grado se expone una investigación sobre las diferentes dificultades que se han venido presentado acerca de la disposición, control y manejo de residuos en la ciudad de Medellín y su área metropolitana siendo estos causantes de la mayoría de los problemas ambientales y de salud acontecidos en la ciudad debido a la gran cantidad de residuos generados día tras día. En este sentido, el objetivo consiste en diseñar un modelo productivo de reutilización de residuos orgánicos por medio de un proceso de compostaje en la ciudad de Medellín y su área metropolitana con la finalidad de transformar gran parte de estos residuos en material orgánico aprovechable y consecuentemente, minimizar el impacto ambiental.

Según Castro Guamán (2021), los residuos provocan una variedad de problemas medioambientales y de recursos, entre los que se destacan la contaminación de vertederos, la polución por transporte, clasificación y pre-tratamiento, la insuficiencia de zonas de rellenos y la falta de materias primas primarias.

En este contexto, se rescata que son múltiples los impactos ambientales producidos por una inadecuada gestión de residuos y que, a través de las problemáticas mencionadas previamente, se generan consecuencias por la contaminación del aire y del agua, así como por la degradación de los suelos y la alteración de los ecosistemas. Para complementar lo anterior, Ramírez Arias et al. (2019) nos dicen que los efectos producidos como resultado de esta condición presentan un elevado impacto en el ambiente acrecentando la contaminación de fuentes hídricas, suelo y aire, e incrementado los tiraderos sanitarios por el escaso aprovechamiento de los residuos sólidos.

La generación y gestión de los residuos constituye un problema ambiental grave de las sociedades modernas. Así el abandono o la gestión inadecuada de los residuos producen impactos notables en los medios receptores, y pueden provocar contaminación en el agua, en el suelo, en el aire, contribuir al cambio climático y afectar a los ecosistemas y a la salud humana, pero si se gestionan adecuadamente se convierten en recursos con los beneficios de todo tipo que ello conlleva (Navarrón Izquierdo, 2016, p. 2)

Por otro lado, de acuerdo con Zapata Quinchía (2020), en Medellín el abandono de desechos se ha convertido en un verdadero problema para el medio ambiente y para los ciudadanos, detectándose, en el año 2020, más de 100 espacios críticos de acumulación de basuras en las vías públicas de la ciudad. De esta manera, entre los tipos de residuos que más estaban siendo arrojados, se destacaron los residuos resultantes de construcciones recogiendo alrededor de 850 metros cúbicos de escombros clandestinos por semana en 121 viajes de una volqueta de 7 metros cúbicos y demoliciones (RCD) y los residuos voluminosos recogiendo unos 360 metros cúbicos por semana en 50 volquetas de este tipo de residuos recogidos en las vías públicas.

Continuando, “en el año 2021, a través de 4 visitas de reconocimiento realizadas por la Personería de Medellín entre septiembre y octubre a distintos puntos críticos de basuras en la ciudad, se identificaron 124 puntos de residuos sólidos, en los cuales se evidenció como la concentración de estos ha contribuido a la contaminación ambiental y visual en Medellín.

Con base a lo expuesto previamente, se explica que esta situación se detectó principalmente en zonas mixtas donde confluyen locales comerciales con unidades residenciales y resalta que, entre los 124 puntos críticos de concentración de residuos en la ciudad, se destacan la malla vial del Aeropuerto Enrique Olaya Herrera, el Parque de Laureles, el Parque Lleras, el Parque del Poblado y el Barrio Antioquia.

En este orden de ideas, algunos de los elementos más influyentes para la generación de dicha problemática en la ciudad radican en la falta de cultura del reciclaje, la disposición de los residuos en horarios y lugares no autorizados y el abandono de enseres y residuos peligrosos en puestos inapropiados” (Boletín de prensa 101, 2021).

Ahora, Ramírez Arias et al. (2019) resaltan que otras de las causas del inadecuado manejo de residuos en la ciudad son la escasa cultura ambiental, la falta de conciencia y de educación ambiental, la insuficiencia de planes de manejo de residuos sólidos, el crecimiento poblacional y el aumento con respecto al consumo de bienes por parte de los habitantes de Medellín.

En síntesis, es viable mencionar que los puntos críticos de basuras en Medellín presentaron un aumento entre los años 2020 y 2021, lo cual enfatiza en la gravedad de esta problemática y en la necesidad de realizar tanto un seguimiento a la misma como un diseño e implementación de un modelo productivo para el adecuado manejo y reutilización de residuos orgánicos que permitan disminuir los impactos ambientales que se están generando, y que a su vez provean por la creación de una verdadera conciencia en los ciudadanos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo, se desarrolló un proceso de compostaje a través de la utilización de residuos de frutas, poda de árboles, restos de cocina compostable debidamente clasificada y aserrín. De esta forma, se designó el presupuesto para la compra de materias primas, materiales y dotación, y para la evaluación de costos en mano de obra.

Por otro lado, se estableció como base la norma internacional ISO 14001 de 2015, la cual se enmarca en un sistema de gestión ambiental (SGA) y tiene como objetivo proteger el medio ambiente y ser flexible ante las condiciones ambientales cambiantes manteniendo un equilibrio con respecto a las necesidades socioeconómicas. En este orden de ideas, la normativa se basa en un ciclo de mejora continua, basado en las siguientes etapas:

- Política medio ambiental.
- Planificación.
- Implementación.
- Evaluación y revisión” (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2015).

Ahora, es fundamental señalar que se contaba con un presupuesto de \$ 7.000.0000 COP, los cuales se distribuyeron de acuerdo con los gastos señalados en la tabla 1, en la cual, se señalan los productos utilizados para este caso, la cantidad tomada de cada uno de ellos, el valor unitario teniendo en cuenta cada producto y el valor total computado teniendo en cuenta la cantidad mencionada previamente. De esta manera, se evidenció que las cantidades mayores en productos correspondieron a los guantes de plástico y guantes de carnaza, así mismo, la menor cantidad se tomó en carretillas para las cuales solo se necesitaron 2 para proceder con el proyecto.

Tabla 1.
Gastos en materia prima, dotación y mano de obra

| Producto | Cantidad | Valor/UND (\$) | Valor Total (\$) |
|-----------------------------|----------|----------------|------------------|
| Carretilla | 2 | 240.600 | 481.200 |
| Pala redonda | 4 | 29.900 | 119.600 |
| Guantes de plástico (pares) | 6 | 81.500 | 326.000 |
| Guantes carnaza (pares) | 6 | 29.900 | 179.400 |
| Botas de caucho (pares) | 4 | 79.900 | 319.600 |
| Botas de cuero (pares) | 4 | 70.000 | 280.000 |
| Valde de plástico | 4 | 15.600 | 62.400 |
| Camisa manga larga | 4 | 35.000 | 140.000 |
| Overol | 4 | 65.000 | 260.000 |

| Producto | Cantidad | Valor/UND (\$) | Valor Total (\$) |
|--------------------------|----------|----------------|------------------|
| Gafas transparentes | 4 | 13.000 | 52.000 |
| Coordinador del proyecto | | | 150.000 |
| Arriendo / local | | | 500.000 |
| Mano de obra | | | 1.117.000 |
| TOTAL | | | 3.487.200 |

Fuente: Elaboración propia

En este marco, el método que se empleó para el proceso es el siguiente:

- Se ubicó un terreno apto, con gran espacio y condiciones ambientales adecuadas en temperatura y humedad.
- Se realizó un tendido de ramas secas y hojas con las medidas relacionadas a continuación:
 - a. 10 cm de espesor.
 - b. 150 cm de ancho.
 - c. 170 cm de largo.
- Se esparció la primera capa de residuos de frutas (3 canecas de 12 Kg cada una aproximadamente) y se expusieron los residuos al sol aproximadamente 8 horas.
- Después de transcurridas las horas correspondientes, se procedió a esparcir una capa de aserrín de unos 80 Kg, la cual se debía mantener en reposo hasta dentro de 48 horas.
- Una vez pasaron las 48 horas, se procedió a remover la mezcla mediante la aplicación de otra capa más de residuos de frutas (3 canecas de 12 Kg cada una aproximadamente).
- Finalmente, se realizó el mismo proceso de la primera capa y se dejó otras 2 horas expuestas al sol para posteriormente esparcir una última capa de aserrín de 3 cm de grosor aproximadamente.

Con respecto a lo anterior, es importante tener en cuenta que se decidió usar el aserrín con mayor frecuencia en lugar de la tierra o arena, debido a que el aserrín ayuda a controlar malos olores y es funcional para la mayor absorción de la humedad.

2.1. Hipótesis y diseño de variables

Espinosa Freire (2018) afirma que “la hipótesis se basa en el descubrimiento de investigaciones previas y que está puede ser verdadera o falsa y que, en este orden de ideas, la investigación realizada proporcionará o no la razón. Además, el autor resalta la importancia de llevar a cabo una revisión acerca de la bibliografía de las temáticas.

En este contexto, se presenta la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). La primera expresa la negación con respecto a las relaciones supuestas entre las variables y la segunda es formulada cuando existe la necesidad de plantear hipótesis complementarias a la original.

La tabla 2 presenta la información referente a las unidades experimentales utilizadas para el caso con su H_0 y H_1 correspondiente. Para este caso, se tomaron unidades experimentales tales como los residuos de frutas, el aserrín y el secado, para los cuales se tuvieron en cuenta factores como el tiempo y la cantidad utilizando diferentes niveles y buscando obtener calidad en cada uno de ellos como variable de respuesta.

Tabla 2.
H₀ y H₁ con sus unidades experimentales

| Unidad experimental | Factor | Niveles | Variable de respuesta | H ₀ | H ₁ |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Residuos de fruta | Cantidad de residuos de frutas en kilogramos | 10 Kg, 20 Kg, 30 Kg, 40 Kg y 50 Kg | Calidad del proceso de compostaje | Las diferentes cantidades de residuos de frutas no afectan la calidad del proceso de compostaje -Las diferentes cantidades de aserrín no afecta la absorción en el proceso de compostaje. | Las diferentes cantidades de residuos de frutas si afectan la calidad del proceso de compostaje |
| Aserrín | Cantidad de aserrín en kilogramos (factor de bloque: tipo de calidad del aserrín, viruta de madera, aserrín, aserrín absorbente) | 10 Kg, 20 Kg, 30 Kg, 40 Kg y 50 Kg | Calidad de absorción en el aserrín | -Los tipos de calidad del aserrín no afectan la absorción en el proceso de compostaje. -El tiempo de secado no afecta la calidad en el proceso de compostaje. | -Las diferentes cantidades de aserrín si afecta la absorción en el proceso de compostaje. -Los tipos de calidad del aserrín si afecta la absorción en el proceso de compostaje. |
| Secado | Tiempo de secado en Horas (factores de bloque: cantidad de residuos de frutas -1=10Kg; 2=20 Kg; 3=30Kg; 4=40Kg-, cantidad de aserrín -1=10Kg; 2=20 Kg; 3=30Kg; 4=40Kg-) | A=192Hr; B=360Hr; C=480Hr; D=720Hr | Calidad de secado | > H ₀ : las diferentes cantidades de residuos de frutas no afecta la calidad en el proceso de compostaje. -La cantidad de aserrín si afecta la calidad en el proceso de compostaje. | -El tiempo de secado si afecta la calidad en el proceso de compostaje. > H ₁ : las diferentes cantidades de residuos de frutas si afecta la calidad en el proceso de compostaje. -La cantidad de aserrín si afecta la calidad en el proceso de compostaje. |

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

3.1. Selección de la muestra para producto terminado

Universo

Conjunto agropecuario del departamento de Antioquia. Se estimará el uso de la tierra, el área, la producción y el rendimiento de los principales cultivos.

Muestra

Viveros y jardinería en áreas residenciales. En la figura 1, se detallan los datos arrojados para los principales cultivos transitorios.

Figura 1.



| Cultivo | Antioquia | Total 22 departamentos | Participación (%) |
|---------------------------|-----------|------------------------|-------------------|
| | Área (ha) | Área (ha) | |
| Frijol | 9.069 | 66.942 | 13,5 |
| Papa | 7.215 | 147.796 | 4,9 |
| Maíz total ⁽¹⁾ | 6.561 | 368.184 | 1,8 |
| Yuca | 2.623 | 80.368 | 3,3 |
| Tomate | 1.021 | 7.550 | 13,5 |
| Zanahoria | 998 | 8.142 | 12,3 |
| Arveja | 917 | 34.869 | 2,6 |
| Arroz Tradicional | 710 | 11.649 | 6,1 |
| Cebolla Rama | 581 | 14.266 | 4,1 |

Fuente: DANE- ENA 2012

⁽¹⁾ Maíz amarillo + blanco

Principales Cultivos Transitorios – Área Sembrada

Fuente: Tomado de (DANE, 2022)

3.2. Selección de la muestra para la producción del modelo

Universo

Conjuntos de plazas, mercados, o almacenes que produzcan residuos sólidos de fruta o alimentos orgánicos.

Muestra

Unidades residenciales que brindan residuos sólidos de frutas o alimentos para su posterior tratamiento. “El 40% de nuestra bolsa de basura se compone de materia orgánica, fundamentalmente restos de comida.” En la figura 2, se detallan los datos arrojados para la producción del modelo.

Figura 2. Uso del Suelo



| Uso del suelo | Antioquia | | Total 22 Departamentos | | Participación (%) |
|-----------------------|------------------|------------|------------------------|------------|-------------------|
| | Area (ha) | Cve | Area (ha) | Cve | |
| Total | 3.921.775 | 0,1 | 37.654.254 | 0,1 | 10,4 |
| Agrícola | 273.768 | 10,2 | 2.963.731 | 2,8 | 9,2 |
| Pecuaria | 2.952.540 | 2,3 | 30.000.649 | 0,5 | 9,8 |
| Bosques | 615.954 | 9,3 | 3.594.003 | 3,2 | 17,1 |
| Otros usos | 77.451 | 11,3 | 1.001.152 | 4,6 | 7,7 |
| Área perdida | 2.062 | 98,7 | 94.720 | 34,8 | 2,2 |
| Cantidad de UP | 88.339 | 3,9 | 1.671.239 | 1,6 | 5,3 |

Fuente: DANE- ENA 2012

Agrícola: áreas en cultivos transitorios, barbechos, cultivos permanentes y descanso,

Pecuaria: área en pastos o forrajes, malezas o rastrojo, vegetación de sabanas, páramos y xerofítica

Bosques: área en bosque natural y plantados

Otros usos: cuerpos de agua, otros fines, eriales o afloramientos rocosos

Área perdida: áreas afectadas por deslizamientos e inundaciones

Fuente: Tomado de (DANE, 2022)

3.3. Recolección de los datos

VARIABLES PARA LA MEDICIÓN:

- Residuos sólidos orgánicos o de frutas (kilogramos – balanza).
- Cantidad de aserrín (kilogramos – balanza).
- Tiempo de secado (horas – cronómetro).

1. Enfoque cuantitativo con prueba paramétrica

Para este caso, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de un factor como método estadístico con la finalidad de examinar las diferencias entre las medias de los diferentes grupos.

3.4. Diseño de bloques de cuadrado latino

Factor principal: Secado (Horas)

Niveles: 4 (A=192Hr; B=360Hr; C=480Hr; D=720Hr)

Variable de respuesta: tiempo de secado

Factores de bloque:

1. Cantidad de residuos de frutas (1=10Kg; 2=20 Kg; 3=30Kg; 4=40Kg)

2. Cantidad de aserrín (1=10Kg; 2=20 Kg; 3=30Kg; 4=40Kg)

En la tabla 3, se visualizan los resultados obtenidos a través de la herramienta ANOVA para cada kg de residuos de frutas y aserrín. De esta manera, se tomaron 10 kg, 20 kg, 30 kg y 40 kg y se realizaron los respectivos análisis de datos posteriormente.

Tabla 3. Resultados ANOVA

| Residuos de frutas | Aserrín | | | |
|--------------------|---------|------|------|------|
| | 10Kg | 20Kg | 30Kg | 40Kg |
| 10Kg | B | C | D | A |
| 20Kg | C | D | A | B |
| 30Kg | D | A | B | C |
| 40Kg | A | B | C | D |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Análisis de los datos

Variable dependiente: tiempo de secado

Factores:

- Secado (horas)
- Residuos (Kilogramos)
- Aserrín (Kilogramos)

Número de casos completos: 48

De acuerdo con lo anterior, este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de varios factores para tiempo de secado, realiza varias pruebas y gráficas para determinar qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el tiempo de secado. También evalúa la significancia de las interacciones entre los factores, si es que hay suficientes datos. Las pruebas-F en la tabla ANOVA permiten identificar los factores significativos, por lo cual, para cada factor significativo, las pruebas de rangos múltiples mostrarán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La gráfica de medias y la gráfica de interacciones ayudarán a interpretar los efectos significativos. Las gráficas de residuos permitirán juzgar si los datos han violado los supuestos subyacentes al análisis de varianza.

En la tabla 4 se visualizan los resultados del análisis de varianza para tiempo de secado a través de la suma de cuadrados tipo III. El análisis de la varianza (ANOVA) nos permite comparar las varianzas entre las medias de acuerdo con diferentes grupos. En este caso, para estudiar el proceso de reutilización de residuos orgánicos en Medellín y su área metropolitana, se tuvieron en cuenta el tiempo de secado y las cantidades de residuos de frutas y aserrín. De esta forma, ANOVA permitió comparar la reutilización de residuos de acuerdo con cada uno de los grupos enunciados previamente para concluir si son estadísticamente diferentes o similares. Por otro lado, la estadística-F nos muestra la diferencia entre la varianza entre estos grupos para posteriormente obtener una cifra que nos muestre si la hipótesis nula será respaldada o rechazada. En general, si se presenta alguna diferencia significativa entre cada uno de los grupos, entonces se obtendrá que la hipótesis nula no será compatible y consecuentemente la estadística-F se tornará mayor.

Tabla 4.
Análisis de Varianza para Tiempo de Secado – Suma de Cuadrados Tipo III

| Fuente | Suma De Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Estadística-F | Valor-P |
|----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------------|----------------|
| Efectos Principales | | | | | |
| A:Secado | 997056, | 3 | 332352, | 16,24 | 0,0000 |
| B:Residuos | 0 | 3 | 0 | 0,00 | 1,0000 |
| C:Aserrin | 0 | 3 | 0 | 0,00 | 1,0000 |
| Residuos | 777600, | 38 | 20463,2 | | |
| Total (Corregido) | 1,77466e6 | 47 | | | |

Fuente: Elaboración propia

En resumidas cuentas, la tabla ANOVA descompone la variabilidad de Tiempo de secado en contribuciones debido a varios factores. Para este caso, puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. En este orden de ideas, los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Cuando un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el tiempo de secado con un 95,0% de nivel de confianza.

4. DISCUSIÓN

De acuerdo con lo anterior, es importante concluir que la mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

2.

Se decidió iniciar un proceso de compostaje en una unidad residencial utilizando como materia prima residuos sólidos orgánicos y residuos de fruta generados por la misma, acompañado de aserrín, para analizar las variables que se presentan en el proyecto (residuos de frutas, aserrín y proceso de secado).

De acuerdo al método ya mencionado anteriormente en el desarrollo de la investigación, se puede concluir que con un “recurso” como los desechos orgánicos y de fruta que no están siendo utilizados en su mayoría se puede lograr el desarrollo de este proyecto en un lapso de tiempo de aproximadamente 4 meses generando un compostaje de perfecta calidad para la aplicación de jardinería local de más de 200 kilos.

Por otro lado, de acuerdo con las visitas y consultas realizadas se obtienen los siguientes resultados:

- Los residuos de la central minorista de Medellín según último aforo (febrero de 2018)
- ascienden aproximadamente 19 toneladas diarias.
- Tratamiento de residuos: 100% va al relleno sanitario.

- Costo aprox. de transporte desde Central minorista hasta relleno sanitario: \$1'700.000 diarios.

Del proceso de degradación de los residuos y su volumen de producción semana a semana, por lo cual, se resalta la siguiente información:

- La barra azul nos indica los volúmenes de residuos en los primeros días de iniciado el proceso
- La barra naranja el estado de degradación de los residuos orgánicos en los primeros días del proceso
- La barra gris nos muestra los volúmenes de producto degradado o en condiciones de campos, vemos como semana a semana cada que va pasando el tiempo y se le van aumentando los valonen de residuos también nos va aumentando los volúmenes de producto listo para compostar y al final del proceso nos muestra que reduce la cantidad de producto en descomposición y queda la cantidad de residuo para ser tratado mediante los cuidados de humectación oxidación y remoción frecuente hasta lograr el punto óptimo.

Dentro de este marco, se efectuó la matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos de la tabla 8, en la cual, se muestra información acerca de los posibles efectos, las fuentes y los controles existentes teniendo en cuenta fuentes, medios e individuos.

Tabla 5.
Matriz de Identificación de Peligros y Valoración de Riesgos

| Efectos posibles | Controles existentes | | |
|------------------------------------------|----------------------|---------|------------------------------------------------|
| | Fuente | Medio | Individuo |
| Hernias | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/guantes/botas |
| Contusiones/golpes/hernias/lumbalgia | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/guantes/botas |
| Cortadas/golpes | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/guantes |
| Hernias | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/guantes/botas |
| Hernias | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/guantes/botas |
| Hernias | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/guantes/botas |
| Contusiones/golpes/hernias/lumbalgia | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/uso de cinturón de fuerza/botas |
| Tendinitis, síndrome del tunel del carpo | Ninguno | Ninguno | Pausas activas |
| Contusiones/golpes/hernias/lumbalgia | Ninguno | Ninguno | Pausas activas/uso de cinturón de fuerza/bota |
| Tendinitis, síndrome del tunel del carpo | Ninguno | Ninguno | Pausas activas |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6 muestra la evaluación y valoración de riesgo detallando factores tales como el nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de probabilidad, nivel de consecuencia, nivel de riesgo y aceptabilidad del riesgo. De igual manera, se muestran interpretaciones de acuerdo con cada uno de los niveles mencionados.

Tabla 6. Evaluación y Valoración de Riesgo

| Evaluación del riesgo | | | | | Valoración del riesgo | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Nivel de deficiencia | Nivel de exposición | Nivel de probabilidad (ND*NE) | Interpretación del nivel de probabilidad | Nivel de consecuencia | Nivel de riesgo (NR) e intervención (NP*NC) | Interpretación del nivel de riesgo | Aceptabilidad del riesgo Int.NR |
| 0 | 2 | 0 | 2 | 25 | 50 | III | Mejorable |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 25 | 50 | III | Mejorable |
| 2 | 2 | 4 | 4 | 25 | 100 | III | Mejorable |
| 0 | 2 | 0 | 2 | 25 | 50 | III | Mejorable |
| 0 | 1 | 0 | 2 | 10 | 20 | IV | Aceptable |
| 0 | 2 | 0 | 2 | 25 | 50 | III | Mejorable |
| 2 | 2 | 4 | 4 | 25 | 100 | III | Mejorable |
| 0 | 3 | 0 | 2 | 25 | 50 | III | Mejorable |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 60 | 120 | III | Mejorable |
| 0 | 4 | 0 | 2 | 25 | 50 | III | Mejorable |

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Al finalizar el trabajo se concluye que se lograron los siguientes objetivos:

Se analizó toda la información referente a las tecnologías que pueden ser utilizadas para la reutilización de los residuos orgánicos y los beneficios tanto ambientales como en la sociedad. Se realizaron visitas a la central minorista durante 2 semanas (semana 1 y 2) y a la central mayorista durante 2 semanas (semana 3 y 4).

Se analizó toda la información referente a los gastos en materia prima, dotación y mano de obra obteniéndose un resultado de \$ 3.487.200 para un presupuesto de \$ 7.000.000, por lo cual se obtuvo un gasto inferior al destinado inicialmente.

Se seleccionó una muestra tanto para producto terminado como para producción del modelo. De esta forma, se tuvieron en cuenta cultivos tales como el frijol, la papa, el maíz, la yuca, el tomate, la zanahoria, la arveja, el arroz tradicional y la cebolla rama. Para cada cultivo se evaluó el área (ha) en Antioquia y otros departamentos, detallándose una participación en %. Con respecto al uso del uso, se utilizó un área total (ha) de 3.921.775 para Antioquia, un área total (ha) de 37.654.254 para los otros 22 departamentos y una participación de 10,4%.

Se recolectaron datos dentro de las cuales destacaron variables residuos sólidos orgánicos, aserrín y tiempo de secado, los dos primeros se midieron en kilogramos con una balanza y el último se midió en horas a través de un cronómetro.

Se diseñaron bloques de cuadrado latino mediante la tabla ANOVA teniendo en cuenta el tiempo de secado como factor principal y la cantidad de residuos de frutas y aserrín como factores de bloques obteniendo resultados para 10 kg, 20 kg, 30 kg y 40 kg.

Se analizaron correctamente los resultados obtenidos completando 48 casos y se obtuvo un total corregido de 1,77466E6 y un GI de 47.

Se tomó un nivel de confianza del 95,0% y consecuentemente un nivel de riesgo del 5,0%. Se identificaron 2 grupos homogéneos. De esta manera, resultaron diferencias estadísticamente significativas de 348 entre el grupo 1 y 4, 288 entre el grupo 2 y 4 y 348 entre el grupo 3 y 4.

Se realizaron visitas obteniéndose que los residuos de la central minorista de Medellín ascienden 19 toneladas diarias, que el 100% va al relleno sanitario y que el costo desde la central hasta el relleno sanitario es de \$ 1'700.000 por día.

Se concluyó que, en el proceso de degradación de residuos, el volumen de residuos es mayor en la semana 4 obteniéndose un resultado de 4,5. En cuanto al estado de degradación, se destacó mayor valor en la semana 2 obteniéndose un resultado de 4,4. Finalmente, el volumen de producto degradado es mayor en la semana 5 obteniéndose un resultado de 5.

REFERENCIAS

- Arenas Osorno, C. Y. (2017). Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba [Trabajo de Grado de Master, Universidad Pontificia Bolivariana]. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/3303>
- Arias Taratiel, M. (2020). Percepción social del impacto humano en el medioambiente [Trabajo de Grado de Carrera, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/46506>
- Boletín de prensa 101. (23 de noviembre de 2021). Hay 124 puntos críticos de residuos sólidos en Medellín. Recuperado el 20 de julio de 2022 de <http://www.personeriamedellin.gov.co/index.php/boletines-y-comunicados-antes-del-2021/528-hay-124-puntos-criticos-de-residuos-solidos-en-medellin>
- Castro Guamán, J. O. (2021). Análisis del estado actual en el manejo de residuos sólidos en Antioquia [Trabajo de grado de Master, Universidad EAFIT]. <http://hdl.handle.net/10784/29682>
- Espinosa Freire, E. (2018). La hipótesis en la investigación. MENDIVE, 16(1), 122-139. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/men/v16n1/1815-7696-men-16-01-122.pdf>
- Función Pública. (1993). Ley 99 de 1993. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Gallego Moscoso, L., Restrepo Montoya, C., Uribe Parra, D., Escobar Arango, D., Gómez Bedoya, J., Vélez de Nicholis, L. y Sierra, L. (2020). Medellín Cómo Vamos - MCV-. <https://www.medellincomovamos.org/system/files/2021-09/docuprivados/Medio%20ambiente%20Informe%20de%20Calidad%20de%20Vida%20de%20Medell%C3%ADn%2C%202020.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación. McGraw-Hill. <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14001. Bogotá, D.C. Obtenido de https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015.pdf
- Mendoza Palacios, R. (2006). Investigación cualitativa y cuantitativa Diferencias y limitaciones. https://www.insp.mx/resources/images/stories/Centros/nucleo/docs/dip_lsp/investigacion.pdf
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2014). Resolución Número 0754 de 2014. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/resolucion-754-de-2014.pdf>
- Navarrón Izquierdo, L. (2016). Compostaje de tronco palmera con lodos de depuración de aguas residuales urbanas [Trabajo de Grado de Carrera, Universidad Miguel Hernández de Elche]. <http://dspace.umh.es/handle/11000/3249>

- Orihuela Sotomayor, Y. H. (2018). Diseño de un modelo de gestión de los residuos sólidos de la construcción en el centro poblado menor Augusto B. Leguía de la Provincia Tacna [Trabajo de grado de Master, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman - Tacna]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4320>
- Ramírez Arias, A., Cataño Galvis, Á. J. y Ortiz Acevedo, S. L. (2019). Diseñar una estrategia para el manejo de residuos sólidos en el corregimiento de San Cristobal Medellín, Antioquia [Trabajo de grado de Especialización, Universidad Nacional]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/30997>
- Rivas Arias, C. A. (N/A). PIENSA UN MINUTO ANTES DE ACTUAR: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx#:~:text=RESIDUO%20S%C3%93LIDO%3A%20Es%20cualquier%20objeto.prestadora%20del%20servicio%20p%C3%BAblico%20de>
- Zapata Quinchía, A. (28 de octubre de 2020). Preocupación por mal manejo de basuras en 100 zonas de Medellín. Recuperado el 20 de julio de 2022 de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/preocupacion-por-mal-manejo-de-basuras-en-100-zonas-de-medellin-IJ13920448>