

# Manejo ambiental de residuos florales

Silvia Chamizo Checa<sup>1</sup>, Hipólito Muñoz Nava<sup>1,\*</sup>, Victoria Alburquerque Reyes<sup>1</sup>, Alondra Xochitemol Santacruz<sup>1</sup>, Angelina Chamizo Checa<sup>2</sup>, Miguel Francisco Carreón Coca y Juan Suárez Sánchez<sup>1</sup>

Facultad de Agrobiología<sup>1</sup>, Centro de Investigación en Genética y Ambiente<sup>2</sup>

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Tlaxco<sup>1</sup>, Ixtacuixtla<sup>2</sup>; Tlax.; México

\* Autor de correspondencia: [hipolito78@hotmail.com](mailto:hipolito78@hotmail.com)

**Abstract**— The purpose of this work was to analyze the feasibility of producing compost and vermicompost using floral waste generated in cemeteries, churches, flower shops, and greenhouses in the town of San Agustín, Tlaxco, Tlaxcala. For the experimental part, 50 kg of floral waste, 40 kg of bovine manure, 10 kg of sawdust, and 2 kg of *Eisenia foetida* worms (for vermicompost) were mixed. At the end of the processes, 279 kg of compost were obtained, corresponding to a process yield of 55.8%, 327 kg of vermicompost with an average yield of 65.4%, and 22 kilograms of Californian red worms. The physicochemical analyses of the substrates showed that they met the quality criteria established by the Mexican Official Standards.

**Keywords**— Organic fertilizers, compost, vermicompost, organic waste, generation sources. **Keyword**— up to 6, separated by commas.

**Resumen**— El propósito de este trabajo fue analizar la factibilidad de elaborar composta y lombricomposta utilizando residuos florales que se generan en cementerios, iglesias, florerías e invernaderos de la localidad de San Agustín, Tlaxco, Tlaxcala. Para la parte experimental se mezclaron 50 kg de residuos florales, 40 kilogramos de estiércol bovino, 10 kilogramos de aserrín y 2 kg de lombriz *Eisenia foetida* (para la lombricomposta). Al finalizar los procesos se obtuvieron 279 kilogramos de composta que correspondieron a un rendimiento del proceso de 55.8%, 327 kg de lombricomposta con rendimiento promedio del 65.4% y 22 kg de lombriz roja californiana. Los análisis físicoquímicos de los sustratos mostraron que cumplieron con los criterios de calidad establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas.

**Palabras claves**— Abonos orgánicos, composta, lombricomposta, residuos orgánicos, fuentes de generación.

## I. INTRODUCCIÓN

El estilo de vida actual de las sociedades ha provocado que la generación de residuos sólidos aumente con rapidez, especialmente en zonas urbanas (Lal, 2022; Jha, 2022). La gestión ambiental de los desechos sólidos es un problema en muchas ciudades de los países en desarrollo. La disposición inadecuada, aunado a sistemas de recolección deficientes da como resultado sistemas contaminados. La separación inadecuada de la basura plantea grandes desafíos al tratar de establecer acciones para su reducción (Waghmode et al., 2018). Determinar la cantidad y composición de residuos sólidos municipales es fundamental para establecer acciones de manejo y una gestión adecuada, otros factores que intervienen son las políticas facilitadoras y los factores sociales, culturales y políticos (Bello et al., 2022). La mayoría de los residuos sólidos producidos son biodegradables. En las últimas décadas el reciclaje y la valorización de los residuos sólidos orgánicos han cobrado mayor interés entre los gobiernos. Sin embargo, sigue recibiendo menos atención que otros productos de desecho, como el papel, el metal o el vidrio (Abdel-Shafy and Mansour, 2018).

El proceso de la degradación aerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos ha cobrado especial interés entre los investigadores y gobiernos del mundo (Stella et al., 2020). Este tipo de desechos tienen la capacidad de degradarse naturalmente, tirarlos a los vertederos es el método de eliminación más común, desafortunadamente, esta acción genera contaminación ambiental por deposición de lixiviados en las aguas superficiales y subterráneas, infestación por plagas, emisión de gases de efecto invernadero, entre

otros (Ulloa-Murillo et al., 2022; Adhikary, 2020). Los desechos florales se emiten comúnmente en hoteles, jardines de bodas, sitios religiosos y otros espacios de rituales civiles y sagrados, lo que los convierte en un suministro interminable de basura orgánica (Pal and Pati, 2022). Las flores son consideradas entidades sagradas y de ahí que los peregrinos las ofrezcan en templos y panteones a sus seres queridos, debido a la tradición de llevar arreglos a los difuntos en días festivos como día de muertos y otros (Lal, 2022). Los desechos florales contienen gran cantidad de agua y carbono, principalmente celulosa, estas características las hacen un recurso óptimo para gestionarlas en productos con valor agregado, con un enfoque ambiental (Kumar, 2021; Singh et al., 2017). La conversión de residuos biodegradables en diversas opciones como la digestión anaeróbica, el compostaje, el vermicomposta y la gasificación de biomasa se practica en todas partes (Jha, 2022). La composta y lombricomposta son técnicas de manejo eficaces desde el punto de vista ambiental acordes al volumen y tipo de los residuos generados, permitiendo el posible desarrollo de proyectos dentro de una comunidad para el manejo de la fracción orgánica de los residuos sólidos (Shukor et al., 2018).

El compostaje es un sistema alternativo de gestión de residuos sólidos, se puede utilizar para reciclar materia orgánica y generar productos estables ricos en nutrientes (Mulay et al., 2020). Este proceso es considerado ambientalmente uno de los más eficaces y seguros (Das and Kumthekar, 2023). Las comunidades microbianas como son bacterias, hongos y levaduras son los responsables de estabilizar la materia orgánica degradable (Sayara et al., 2020). Sharma et al. (2017), elaboraron composta en pilas agitadas empleando residuos de flores con diferentes combinaciones de estiércol de vaca y aserrín en un periodo de sesenta días. Al finalizar el proceso, identificaron que la combinación más apropiada fue 60 kg de desechos de flores, 30 kg de estiércol de vaca y 10 kg de aserrín. Por otra parte, Gorasiya y Faldu (2022), realizaron un estudio de elaboración de composta agregando consorcios microbianos obtenidos del estiércol de vaca, lo que les permitió agilizar el proceso a 45 días y obtener abonos orgánicos de excelente calidad.

La elaboración de vermicomposta empleando residuos florales ha tomado auge en las últimas décadas a escala mundial (Adhikary, 2020), en este proceso los residuos orgánicos se oxidan a través de la actividad mutua de microbios y lombrices, cuya función es degradar y entremezclar la materia orgánica disminuyendo lentamente la relación de carbono/nitrógeno (C/N), mejorar el área de la superficie para acelerar su actividad y una mayor degradación de la masa orgánica. Los factores que determinan la velocidad del proceso de descomposición son las poblaciones y especies de lombrices de tierra, las características de la materia orgánica, la humedad y la ventilación del medio (Conceição et al., 2017). La especie más utilizada en este tipo de procesos es la *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana), resultante del cruce entre *Lumbricus terrestris* y *Helodrilus foetida*, que tiene un cuerpo alargado, segmentado y simetría bilateral (Navarro, 2023). Para que los microorganismos actúen eficientemente durante el proceso, se deben tener en cuenta algunos factores, como son el control de la temperatura, humedad, aireación, pH, relación carbono-nitrógeno (C/N), tiempo, tamaño de partícula y contenido de nutrientes (Ahmad et al., 2021). Etheredge y Waliczek (2022), realizaron la gestión de desechos florales generados en templos, florerías y mercados a través del vermicompostaje, utilizando diferentes proporciones de estiércol de ganado y lombriz *Eisenia foetida*. Sharma et al (2017), observaron que los parámetros óptimos para el manejo de los desechos florales mediante esta técnica son tamaño de partícula de 1 a 2 mm, 20 a 25 °C de temperatura, pH de 8.0 a 8.5, y contenido de humedad del 60 al 75%. Así mismo, Jain (2016), identificó que las mezclas que presentan mayores porcentajes de descomposición son las proporciones 50:50 y 60:40 de residuos florales y estiércol respectivamente. Por otra parte, Venkatramalingam y Saravanan (2021), determinaron que la especie *Eudrilus eugeniae* también es una especie de lombriz apta para la producción de vermicomposta.

El objetivo de esta investigación es identificar alternativas para realizar el manejo ambiental de residuos florales que se generan en la localidad de San Agustín Tlaxco, Tlaxcala; con la finalidad de establecer acciones que contribuyan a minimizar la cantidad de residuos orgánicos que son depositados en vertederos

a cielo abierto. La información derivada de este trabajo servirá para elaborar planes de manejo de residuos sólidos a escala local. La gestión de los residuos florales por lombricomposta tiene mayor eficiencia en la producción de abonos orgánicos comparado con la composta. En la lista de autores se deberá poner el primer nombre y apellido de todos los autores separados por coma, si no todos son de la misma institución al final de cada nombre se deberá poner con formato superíndice el número de la institución. Se hará de la misma forma en las líneas de departamento, institución, ciudad-país. En la línea de los correos electrónicos, todos los que sean del mismo dominio se deberán agrupar entre corchetes cuadrados [x].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Fuentes generadoras de residuos florales en San Agustín Tlaxco

La localidad de San Agustín Tlaxco se ubica al norte del estado de Tlaxcala entre las coordenadas 19° 36' 52" Norte y 98° 07' 10" Oeste, a 2540 metros sobre el nivel del mar, con extensión territorial de 15.01 km (INEGI, 2020). En esta zona los residuos florales se generan en iglesias, capillas, cementerios, florerías y un invernadero (Figura 1).

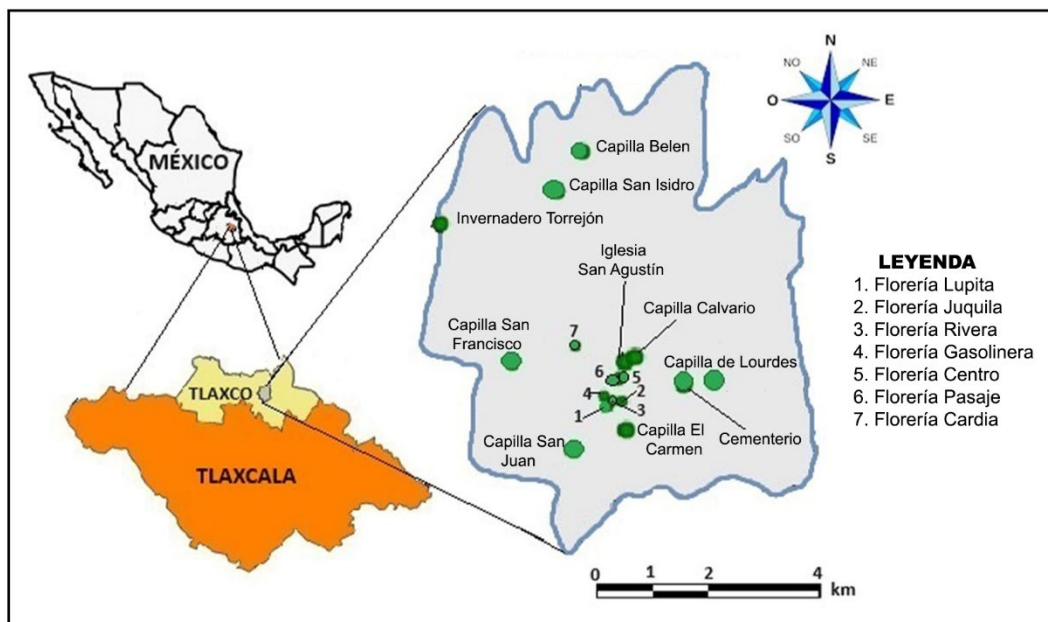


Fig. 1. Fuentes de generación de residuos florales en San Agustín Tlaxco.

En esta localidad se ubican siete florerías (Del Centro, Juquila, Rivera, Cardía, Gasolinera, Pasaje y Lupita); ocho templos religiosos que incluyen a la Iglesia de San Agustín y siete capillas (San Juan, El Carmen, Calvario, de Lourdes, San Francisco de Asís, Belén y San Isidro); un cementerio municipal y un invernadero productor de rosas.

### B. Estimación de la generación per cápita y anual de residuos florales

Para estimar la generación de residuos florales de la localidad de San Agustín Tlaxco, se solicitó a los Presidentes Auxiliares, Autoridades Religiosas y dueños de establecimientos de florerías e invernadero, que recolectarán sus residuos para pesarlos los fines de semana. Los muestreos se realizaron durante ocho

semanas en los meses de abril y mayo del 2022, siguiendo el procedimiento descrito en la NMX-AA-61-1985, con la variante de que los datos recolectados fueron semanales y no diarios. El pesaje en templos, florerías e invernadero se realizó con una báscula Truper BAS-200PLA, de plataforma plegable con capacidad de 200 kg, facilitada por la Asociación Orgánicas Tlaxco Mujeres Agroemprendedoras (OTMA). La información del peso de los residuos del cementerio fue proporcionada por los responsables de Servicios Municipales, que registran el peso de los camiones recolectores al llevar los residuos el Relleno Sanitario Morelos del Municipio de Tlaxco, Tlaxcala. Se eliminó la información de la primera semana para evitar sesgos, se promediaron los datos restantes y se dividieron por siete días (Ecuación 1). El resultado obtenido se empleó para calcular la generación anual de cada fuente de generación de residuos florales, multiplicando la generación per cápita por 365 días.

$$\text{GPRF} = \text{PPRFC} / \text{días de colecta} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde

GPRF: generación per cápita de residuos florales

PPRFC: peso promedio de residuos florales colectados

### C. Construcción de pilas para el proceso de predigestión

Para iniciar los procesos de elaboración de abonos orgánicos se trituraron 500 kg de residuos florales, el tamaño de partícula fue de 2 a 3 cm y se mezclaron con 400 kg de estiércol bovino seco. Posteriormente sobre una superficie plana e impermeable se formaron diez secciones con 10 kg de aserrín de 0.5 m<sup>2</sup> cada una, al aire libre y sobre éste se colocaron 90 kg de la mezcla en cada pila y se agregó agua hasta tener una humedad del 50%. Los diez montículos se taparon con un plástico negro para elevar la temperatura de los sustratos. Transcurridos siete días, se midieron los valores de pH, temperatura y humedad de los tratamientos, se agregaron 20 gr de Ca (OH)<sub>2</sub> a cada pila para disminuir la acidez del sustrato y favorecer la descomposición de la materia orgánica (Chanu et al., 2018). Los materiales se pesaron en una báscula digital Torrey de 40 kg de peso. La trituración de los residuos florales secos, se realizó empleando una cortadora de forraje picadora y de granos, con cuchillas de acero templado, motor Husky de 6.5 hp, con dos bocas de entrada, marca Raiker.

### D. Puesta en marcha de la técnica de compostaje en pilas con volteo mecánico

Las primera cinco pilas del proceso de predigestión continuaron al aire libre y tapadas con plástico negro, durante ocho semanas más, se controlaron y monitorearon variables de pH, temperatura y humedad. El pH se midió con tiras reactivas (Bereta, 2015), la temperatura y humedad se monitorearon con un termohigrómetro digital portátil con precisión de temperatura de  $\pm 1^\circ\text{C}$ , y humedad de  $\pm 3\%$ , marca PROCONSA, modelo AR847. Para mantener aireadas las mezclas se realizaron volteos mecánicos mediante paleo manual cada quince días, de acuerdo con lo indicado por Stella et al. (2020). Cuando el sustrato presentó características de un abono orgánico, se suspendió la adición de agua hasta tener sustrato seco, se tamizó y se tomó una muestra de 2 kg para enviarla al laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo.

### *E. Implementación del proceso de vermicompostaje, por el método de cama*

Se formaron cinco pilas con material obtenido del proceso de predigestión y se colocaron bajo techo, las dimensiones de cada montículo fueron de 0.5 m<sup>2</sup> por 60 cm de altura. Los sustratos se humedecieron hasta tener una saturación del 70%, finalmente se agregó a cada tratamiento 2 kg de lombriz roja californiana, como lo indica An (2020), Las mezclas se mantuvieron con porcentajes de humedad que oscilaron entre los 60 y 80%, ya que el control de este factor es determinante en la reproducción y fecundidad de las cápsulas y cocones de la lombriz roja californiana (Castro et al., 2016); pH entre 6.5 y 7.5 y temperaturas entre 20 y 30 °C. Las camas se voltearon con pala cada 20 días, para mantener la aireación y favorecer la descomposición de los residuos florales (Adhikary, 2020). Una vez que los sustratos de los tratamientos presentaron características de abonos orgánicos, se suspendió el riego y se secó a temperatura ambiente, se tamizó y se colocaron los sustratos al sol, para eliminar las coconas de lombriz, finalmente se pesó el abono orgánico obtenido en cada una de las repeticiones y se envió una muestra compuesta al Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo para su análisis.

### *F. Eficiencia de los procesos*

#### *1) Rendimiento*

Esta variable se determinó empleando la ecuación 2, que involucra datos de peso seco del material obtenido después del tamizado en malla de 1mm x 1 mm y el peso seco de los materiales alimentados para cada técnica empleada (Acosta-Sotelo et al., 2023).

$$\text{Rendimiento} = (\text{PAO} / \text{PTMA}) * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

PAO: peso del abono orgánico

PTFP: peso total materiales alimentados

#### *2) Porcentaje de descomposición de residuos florales:*

Este parámetro se calculó dividiendo el peso del material tamizado al finalizar los procesos por el total del material obtenido al final de los procesos Escobar et al. (2012), con dicha información se determinó la cantidad de residuos florales no degradados.

#### *3) Porcentaje de reproducción de lombriz*

Para esta estimación se aplicó el método de cuarteo en cada repetición del tratamiento hasta tener una muestra de 8 kg de sustrato de cada pila (NOM-AA-15-1985), manualmente se separaron y pesaron las lombrices en una balanza mecánica de triple brazo, marca Ohaus, con capacidad de 610 g y sensibilidad de 0.1 g.

### *G. Características fisicoquímicas de los abonos orgánicos*

Los resultados se compararon con los parámetros de abonos de calidad establecidos por la NMX-AA-180-SCFI-2018 y se verificó el cumplimiento de los parámetros establecidos.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Estimación de la generación anual de residuos sólidos en la localidad de San Agustín Tlaxco.

Se identificaron cinco fuentes de generación de residuos florales: el cementerio, florerías, templos religiosos y un invernadero (Cuadro 1). La generación per cápita de residuos florales de la localidad de San Agustín Tlaxco es de 1253.2 kg día, semanalmente se desechan más de ocho toneladas y anualmente más de 450 ton.

Tabla I. Generación per cápita, semanal y anual de residuos florales en la Localidad de San Agustín, Tlaxco.

Fuentes de generación	Generación per cápita (Kg/día)	Generación semanal(kg)	Generación anual (ton)
Cementerio	714.3	5000	260.7
Florerías	339.3	2375	123.8
Templos religiosos	189.3	1325	69.1
Invernadero	10.3	72	3.8

De las 457.4 Ton anuales de residuos florales generados, más del 50 % procede del cementerio, 27 % de florerías, 15 % de templos religiosos y el resto del invernadero de rosas.

#### B. Variables de monitoreo de los procesos

##### 1) pH

Al iniciar la etapa de predigestión de los residuos florales, el pH tuvo valores ácidos de 4.0, posteriormente se incrementó a 5.0 en la segunda semana y al finalizar la tercera semana e iniciar los procesos de elaboración de abonos orgánicos, los sustratos presentaron valores que oscilaron entre 5.8 y 6.0. El pH en los sustratos continuó con incrementos paulatinos, hasta finalizar el proceso en la semana doce presentando valores alcalinos de 8.6 y 8.8 en las pilas de composta (Figura 2a) y 8.4 en las camas de vermicomposta (Figura 2b). La tendencia de esta variable coincide con lo descrito por Waghmode et al. (2018), quienes establecieron que, durante la descomposición de materia orgánica, se desarrollan cambios químicos que modifican el pH, pasando de valores ácidos a alcalinos hasta terminar en valores cercanos al neutro.

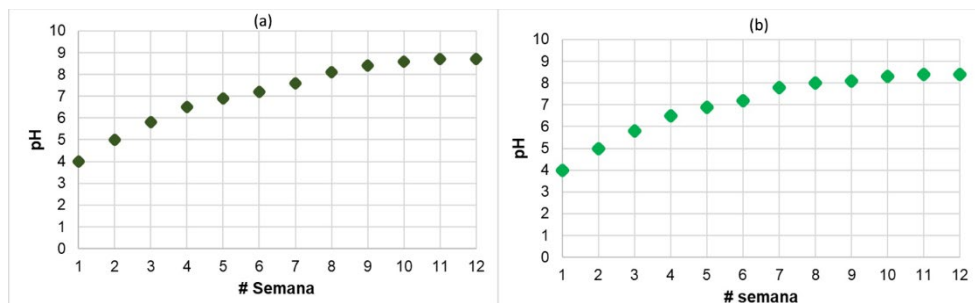


Fig. 2.Registros de pH.

### 2) Temperatura

Durante la etapa de predigestión la temperatura alcanzó valores entre 25 y 32 °C que corresponden a la fase mesófila de la degradación de los residuos florales (Figura 4). En el proceso de composta, de la tercera a la quinta semana que correspondió a la fase termófila los valores oscilaron entre los 60 y 68 °C, después de la sexta semana se registraron descensos paulatinos hasta finalizar el proceso en la semana doce en 25 °C (Figura 4a), las tendencias de temperatura coinciden con lo reportado por Mulay (2020). En las camas de vermicomposta la temperatura se mantuvo entre 20 y 24 °C, debido probablemente a que las pilas se colocaron bajo techo y con porcentajes de humedad más elevados (Figura 4b). De acuerdo con Ahmad et al. (2021), el control de esta variable en este proceso es indispensable, ya que las lombrices no toleran temperaturas superiores a los 30 °C, ni menores a los 15 °C.

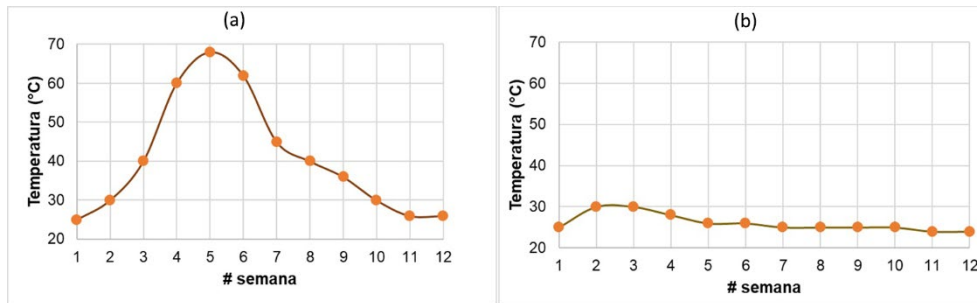


Fig. 3. Temperatura del procesamiento de residuos florales

### 3) Humedad

La humedad en las pilas de composta se mantuvo entre 50 y 65 % mediante regadíos cada cuatro días (Figura 4a), con la finalidad de propiciar las condiciones necesarias para elevar la temperatura de las pilas, favorecer el crecimiento microbiano y garantizar la circulación del oxígeno durante el procesamiento de los residuos florales, como lo describen Sharma et al (2017), al finalizar la octava semana los regadíos se realizaron cada siete días. En el proceso de vermicomposta la humedad se mantuvo entre 50 y 73 % (Figura 4b), los datos reportados coinciden con los intervalos de trabajo de Etheredge y Waliczek (2022) quienes identificaron que dichas condiciones favorecen el trabajo y reproducción de la lombriz roja californiana, para degradar los residuos florales.

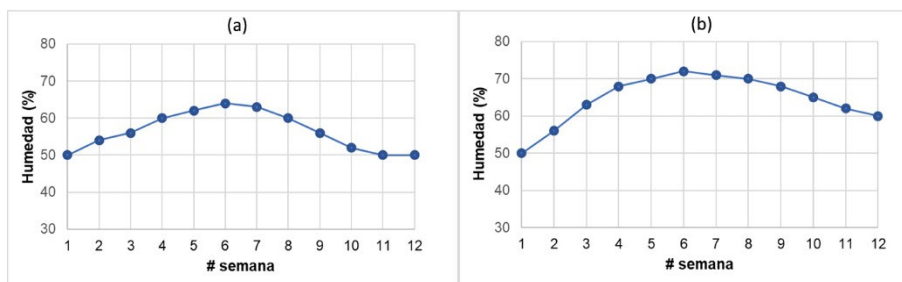


Fig. 4. Contenido de humedad en pilas y camas de procesamiento de residuos florales (a) composta, (b) lombricomposta.

### C. Eficiencia de los procesos

#### 1) Rendimientos

En el proceso de composta se obtuvieron en total 304 kg de producto final, después tamizar los sustratos de las cinco repeticiones, 279 kg fueron abono orgánico y el resto material no degradado, lo cual correspondió a un rendimiento del proceso del 55.8 %. Los resultados son superiores a los reportados por Correa (2024) quien composteo residuos sólidos orgánicos procedentes de una Universidad y de un Instituto Técnico, obteniendo un rendimiento del 26.2 %, la diferencia puede ser debida a que no se utilizó estiércol en el proceso. De las camas de lombricomposta se obtuvieron 349 kg de producto total, de los cuales después de tamizar los sustratos 327 kg fue humus y el resto material no degradado. El rendimiento fue de 65.4%, mayor al reportado por Cabrera (2020), quien obtuvo un rendimiento del 39.54% procesando residuos orgánicos de cafeterías, debido a que en las cafeterías se manejan grasas y aceites y además contenían cítricos que afectan la eficiencia de degradación de la lombriz roja californiana. Por otra parte, Flores-Pacheco et al. (2018), procesaron pasto fresco picado y obtuvieron rendimientos del 50.26%, menor al reportado en esta investigación, la diferencia se debe al tamaño de partícula y la cantidad de lombriz utilizada durante el procesamiento de los residuos florales.

Tabla II. Abonos orgánicos obtenidos en los tratamientos

Repeticiones	Composta (kg)	Lombricomposta (kg)
1	58	70
2	54	62
3	56	66
4	54	65
5	57	64
<b>Total (Kg)</b>	279	327
<b>Rendimiento del proceso (%)</b>	55.8	65.4
<b>% Descomposición</b>	91.8	93.7

A estos resultados se les aplico un análisis de varianza de un solo factor con una  $p=0.05$ , utilizando la plataforma de Excel, donde se obtuvo que el valor de F calculada (38.4) fue mayor que el valor crítico para F (5.31), lo cual indicó que existen diferencias significativas entre los procesos aplicados y la lombricomposta presenta mayores rendimientos que la composta (Dagnino, 2014). De acuerdo con Syarifinnur et al. (2022), la mayor tasa de degradación de los residuos florales en el proceso de vermicompostaje se debe a que las lombrices utilizan la materia orgánica como fuente de energía para formar células corporales durante su crecimiento

#### 2) Porcentaje de residuos florales no degradados

El porcentaje del material no degradado en el compostaje fue de 8.2% y de 6.3% en el proceso de lombricomposta. Esta variable cumplió con las especificaciones de producto terminado de la NMX-AA-180-SCFI-2018, que establece que el porcentaje de material de reproceso debe ser menor al 10 %.

#### 3) Porcentaje de reproducción de la lombriz *Eisenia foetida*



Al finalizar el proceso de lombricompostaje se estimó que se obtuvieron 22 kg de lombriz roja californiana, lo que correspondió a un porcentaje de reproducción del 120%, lo cual generó una ganancia de 12 kg de esta especie.

#### 4) Características fisicoquímicas

Los resultados de los análisis realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo se compararon con las especificaciones de las normas de calidad de abonos orgánicos establecidas por la NMX-AA-180-SCFI-2018, las cinco pilas de composta cumplieron con las especificaciones de abono de calidad tipo III y las camas de lombricomposta tuvieron características de producto terminado de segunda calidad.

Tabla III. Propiedades fisicoquímicas de los abonos orgánicos

Parámetro	Composta	NMX-AA-180-SCFI-2018	Lombricomposta	NMX-AA-180-SCFI-2018
<b>pH</b>	8.8	6.7 - 8.5	8.4	5.5 a 8.53
<b>Conductividad eléctrica (dS m<sup>-1</sup>)</b>	4.26	0.5 – 12 ds/m	2.11	≤ 4 dS m <sup>-1</sup>
<b>Materia orgánica</b>	21.39	20 a 30%	40.46	20 % a 50 %
<b>Carbono orgánico total %</b>	15.41	Mínimo 10 %	26.47	Mínimo 10 %
<b>Nitrógeno total (%MS)</b>	1.04	1%	1.24	1% a 4%
<b>Relación C/N</b>	14.81	15-<20	21.33	≤ 20
<b>Color</b>	Marrón	Marrón oscuro.	Marrón	Marrón oscuro.
<b>Olor</b>	Agradable	Agradable	Agradable	Agradable

El contenido de materia orgánica en la vermicomposta es mayor que en la composta, esta propiedad mejora la fertilidad del suelo física, química y biológicamente, teniendo como resultado mayor rendimiento de los cultivos (Villegas-Cornelio y Laines, 2017).

## IV. CONCLUSIONES

En esta investigación se generó una metodología útil para determinar la generación per cápita y anual de los residuos florales de la localidad de San Agustín Tlaxco. Se observó que el cementerio es la fuente que produce mayor cantidad de este tipo de desechos. Así mismo, se mostró que es factible el procesamiento y manejo de los residuos florales procedentes de florerías, templos, invernaderos y cementerios mediante la elaboración de abonos orgánicos, aplicando técnicas de compostaje y lombricompostaje. Los porcentajes de rendimiento en ambos procesos fueron superiores al 50%. Las mezclas empleadas en los procesos, así como el control adecuado de las variables de control, como son el pH, temperatura y humedad, permitió que los sustratos presentarán características de abonos orgánicos terminados en un lapso de doce semanas. El análisis estadístico mostró que la lombricomposta tuvo tasas de descomposición más elevadas que la composta, además de que, presenta la ventaja de obtener un elemento adicional muy valioso como lo es la lombriz *Eisenia foetida*. Ambos productos presentaron características fisicoquímicas apropiadas para ser empleadas en la agricultura, ya que la materia orgánica contenida en los sustratos fue mayor al 20%, que establece como valor mínimo la NMX-AA-180-SCFI-2018. La implementación de estas técnicas en la zona de estudio y otras regiones del país, por un lado,

evitará que este tipo de residuos sean confinados en rellenos sanitarios o en tiraderos a cielo abierto, provocando contaminación del entorno; y, por otro lado, sirvan como abonos orgánicos y mejoradores de suelos erosionados.

### AGRADECIMIENTOS

Al H. Ayuntamiento de Tlaxco, Tlaxcala, por apoyarnos con el traslado de los residuos del Cementerio a las Instalaciones de la Licenciatura.

A la Asociación Orgánicas Tlaxco Mujeres Agroempresadora (OTMA), por facilitar basculas, cortadora de forraje y picadora de granos.

### REFERENCIAS

- Abdel-Shafy H. I. & Mansour M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum* 27, 1275-1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Acosta Sotelo L.L., Zamora Natera J. F., Rodríguez Macías R., González Eguiarte D. R., Gallardo Lancho J. F., y Salcedo Pérez E. (2023). Bagazo y composta de bagazo de agave tequilero en suelos contrastantes: 1. Dinámica de degradación. *Biocencia*. Volumen 25 (2): 90-96. Disponible en: <https://biocencia.unison.mx/index.php/biocencia/article/view/1801>. Acceso: 15 de enero del 2024
- Adhikary K. (2020). Management of Temple Floral Waste and Utilization of Value-Added Floral Waste Product- A Review. *International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)* Vol. 2, (1): 759-764. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ijaem.net/issue\\_dcp/Management%20of%20Temple%20Floral%20Waste%20and%20Utilization%20of%20Value%20Added%20Floral%20Waste%20Product-%20A%20Review.pdf](https://www.ijaem.net/issue_dcp/Management%20of%20Temple%20Floral%20Waste%20and%20Utilization%20of%20Value%20Added%20Floral%20Waste%20Product-%20A%20Review.pdf). Acceso 25 de agosto del 2023.
- Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Iqbal N., Naeem S., Idrees M., Kaleem Z., Yasir N., Nawaz M., Sajjad M., Ur R. W., Naveed R. H., Waqas M., Akram Y., Asif J. M., Usman I. M., Amir T. B. H., and Ahmad K. (2021). Vermicomposting methods from different wastes: an environment friendly, economically viable and socially acceptable approach for crop nutrition: a review. *International Journal of Food Science and Agriculture*. Vol 5(1), 58-68. <http://dx.doi.org/10.26855/ijfsa.2021.03.009>
- An L. (2020) The Method for Static Composting Treatment of the Landscaping Waste. *Front. Energy Res.* 8(24), 1-8. <http://dx.doi.org/10.3389/fenrg.2020.00024>
- Bereta A., Bassahun D., Musselli R., Torres D. (2015). Medición del pH del suelo con papel reactivo. *Agrociencia, Uruguay*. Vol. 9 (2): 68-74. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482015000200009&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482015000200009&script=sci_abstract). Acceso 15 de diciembre del 2022.
- Bello A. S., Al-Ghouti M. A., Abu-Dieyeh M. (2022). Sustainable and long-term management of municipal solid waste: A review. *Bioresource Technology Reports*. Vol.18:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101067>
- Cabrera R. A. (2020). Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3461>.
- Camacho D. A. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*. Diciembre, Vol. 32(4), 291-300. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792014000400291&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000400291&lng=es&nrm=iso). ISSN 2395-8030. Acceso 10 de julio 2023.

- Castro García G., Daza Torres M. C., Marmolejo Rebellón L. F. (2016). Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. *Revistas UNAL (Gestión y Ambiente)*. Vol. 19(1),179-191. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64555>. Acceso 6 de enero del 2024.
- Chanu L. J., Hazarika S., Choudhury B. U., Ramesh T., Balusamy A., Moirangthem P., Yumnam A., and Sinha P. K. (2018). A Guide to vermicomposting-production process and socioeconomic aspects. *Extension Bulletin No. 81 ICAR Research Complex for NEH Region, Umiam-793 103, Meghalaya*. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Samarendra-Hazarika/publication/331112674\\_A\\_Guide\\_to\\_vermicomposting-production\\_process\\_and\\_socio\\_economic\\_aspects/links/5c665c8092851c48a9d4e38f/A-Guide-to-vermicomposting-production-process-and-socio-economic-aspects.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Samarendra-Hazarika/publication/331112674_A_Guide_to_vermicomposting-production_process_and_socio_economic_aspects/links/5c665c8092851c48a9d4e38f/A-Guide-to-vermicomposting-production-process-and-socio-economic-aspects.pdf). Acceso 20 de noviembre 2023.
- Correa M. F. (2024). Evaluación del proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos del Instituto Técnico Central y de la Universidad de América, empleando un reactor de laboratorio. Tesis de Ingeniería Química de la Fundación Universidad de América de Bogotá, Colombia. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/429/1/6181389-2024-1-IQ.pdf>. Acceso: 25 de junio del 2024.
- Conceição de Andrade F., Dal Bosco T. C., Nabeyama R. M., Brigano C., and Lopes dos Santos E. (2017). Treatment of organic solid waste generated at agricultural research corporation via composting under natural and controlled conditions. *Acta Scientiarum Technology*. Vol. 40, 1-13. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v40i1.29643>
- Das M. G., Kumthekar S. (2023). Management of floral waste by composting. *International Journal of Creative Research Thoughts*, Volume 11 (11): 263-267. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-016-9763-2>
- Escobar F., Sánchez P. J., & Azero A. M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicas en la Granja Modelo Pairumani. *RevActa Nova* (online), 5(3), 390-410. Disponible en: [http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892012000100004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892012000100004&lng=es&nrm=iso). ISSN 1683-0789. Acceso 10 de agosto del 2022.
- Jain N. (2016). Waste management of temple floral offering by vermicomposting and its effect on soil and plant growth. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*. Vol. 2(7): 89-94. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ijoear.com/assets/articles\\_menuscripts/file/IJOEAR-JUL-2016-14.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ijoear.com/assets/articles_menuscripts/file/IJOEAR-JUL-2016-14.pdf). Acceso 2 de abril del 2022.
- Meriño V. E. A., Olave L. J. A. (2019). Proceso de lombricompostaje para la producción de bio-abono en la reserva forestal Finca Mameyales, Municipio de Piojó, Atlántico. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Ingeniería Ambiental, Zootecnia. Disponible en: <https://repositorio.unad.edu.co/handle/10596/27548>. Acceso 12 de noviembre del 2023.
- Mulay Y., Owal S., Chougule P., & Pandit A. (2020). Composting of floral waste by using indigenously isolated microbial consortium: An approach towards the Environment sustainability and waste management. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*. Vol. 6 (4). 20-26. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ijoear.com/assets/articles\\_menuscripts/file/IJOEAR-APR-2020-9.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ijoear.com/assets/articles_menuscripts/file/IJOEAR-APR-2020-9.pdf). Acceso: 6 de junio del 2023.
- Niladri P., Utpal G., and Gourab R. Capítulo 3: Composting, In: Larramendy, M. L., & Soloneski, S. (Eds.). (2019). *Organic fertilizers: history, production and applications*. Pp: 43-62. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/337648722\\_Organic\\_Fertilizers\\_History\\_Production\\_and\\_Applications\\_-\\_Preface](https://www.researchgate.net/publication/337648722_Organic_Fertilizers_History_Production_and_Applications_-_Preface). Acceso 12 de agosto del 2022

- NMX-AA-180-SCFI-2018. Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación, Septiembre 2018, 1-48. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-180-SCFI-2018.pdf>. Acceso 27 de mayo del 2022.
- NMX-AA-61-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de la Generación. Dirección General de Normas. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>. Acceso 30 de octubre del 2022.
- Rendón S., J.R.; García L., J.C.; González O., H.; Ramírez P., J.J. (2015). Análisis técnico-económico del proceso de lombricultura en pulpa de café, para la producción de abono orgánico. *Revista Cenicafé*, 66 (2), 7-16. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/653>. Acceso 8 de junio del 2022.
- Sayara T., Basheer-Salimia R., Hawamde F., and Sánchez A. (2020). Recycling of Organic Wastes through Composting: Process Performance and Compost Application in Agriculture. *Agronomy*, 10(11), 1838: 1-23. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111838>
- Sharma D., Varma V. S., Yadav K., and Kalamdhad A. S. (2017). Evolution of chemical and biological characterization during agitated pile composting of flower waste. *Int J Recycl Org Waste Agricult*. Vol. 6:89-98. DOI 10.1007/s40093-017-0155-9
- Shukor J. A., Faizal O. M., Kasim M. M., Hafiz J. M., Azrul N. M. (2018). Assessment of composting technologies for organic waste management. *International Journal of Technology*. Vol. 9(8), 1579-1587. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i8.2754>
- Singh, P., Borthakur A., Singh R., Awasthi Sh., Pal D.B., Srivastava P., Tiwary D., and Mishra P. K. (2020). Utilization of temple floral waste for extraction of valuable products: A close loop approach towards environmental sustainability and waste management. *Pollution*. Vol. 3(1), 39-45. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/304782478\\_Utilization\\_of\\_Temple\\_Floral\\_Waste\\_for\\_Extraction\\_of\\_Valuable\\_Products\\_A\\_Close\\_Loop\\_Approach\\_towards\\_Environmental\\_Sustainability\\_and\\_Waste\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/304782478_Utilization_of_Temple_Floral_Waste_for_Extraction_of_Valuable_Products_A_Close_Loop_Approach_towards_Environmental_Sustainability_and_Waste_Management). Acceso 15 de diciembre del 2023.
- Stella Ayilara M., Samuel Olanrewaju O., Oluranti Babalola O, and Odeyemi O. (2020). Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*. Vol. 12, 4456, pp. 1-23. <https://doi.org/10.3390/su12114456>
- Syarifinnur S., Nuraini Y., Prasetya B., Handayanto E. 2023. Comparing compost and vermicompost produced from market organic waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 12, 279-289. <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2022.1944251.1368>
- Tiwari P. and Juneja S. K. 2016. Management of floral waste generated from temples of Jaipur city through vermicomposting. *International Journal of Environment*, Volume 5 (1): 1-13. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/295686077\\_Management\\_of\\_floral\\_waste\\_generated\\_from\\_temples\\_of\\_Jaipur\\_city\\_through\\_vermicomposting](https://www.researchgate.net/publication/295686077_Management_of_floral_waste_generated_from_temples_of_Jaipur_city_through_vermicomposting). Acceso el día 26 de abril del 2023.
- Ulloa-Murillo L. M., Villegas L. M., Rodríguez-Ortiz A. R., Duque-Acevedo M., and Cortés- Garcia F. J. (2022). Management of the organic fraction of municipal solid waste in the context of a sustainable and circular model: analysis of trends in Latin America and the Caribbean. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 1-25. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106041>
- Venkatramalingam K y Saravanan N. (2021). Production of Vermicompost from Rose Flower Petal Wastes. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*. Vol-7 (3): 18-25. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4647010>

- Villegas-Cornelio V. M., Laines Canepa J. R. (2017). Vermicompostaje: I Avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Rev. Mex. Cienc. Agrícolas*. Vol. 8(2), 393-406. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>
- Waghmode M. S., Gunjal A. B., Nawani N. N., and Patil N. N. (2016). Management of floral waste by conversion to value-added products and their other applications. *Waste and Biomass Valorization*. Vol. 9:33-43. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-016-9763-2>