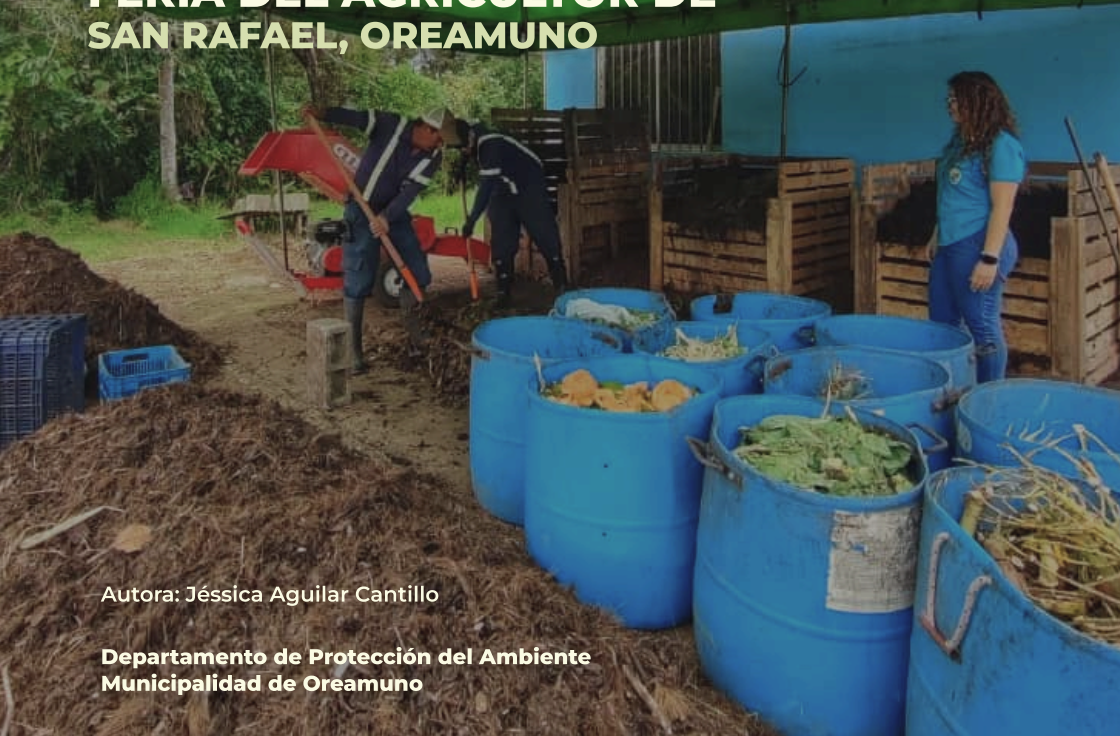




TRANSFORMANDO RESIDUOS EN RECURSOS: GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST EN LA FERIA DEL AGRICULTOR DE SAN RAFAEL, OREAMUNO



Autora: Jéssica Aguilar Cantillo

**Departamento de Protección del Ambiente
Municipalidad de Oreamuno**

Equipo técnico municipal

Jéssica Aguilar Cantillo, Protección del Ambiente, Coordinadora del proyecto
William Maroto Pérez, Protección del Ambiente, Encargado de departamento

Equipo técnico colaborador

Gina Borrero González, Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica, Instituto Nacional de Aprendizaje
Lilliana Abarca Guerrero, Sofía Picado Valverde y María Paula Araya Lara, Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA), Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sofía Villalta Castillo, Diseño.

Colaboración institucional

Daniel Coto Cubero, Acueducto Municipal
Equipo operativo Departamento de Higiene y Ornato Ambiental
Equipo operativo Departamento de Protección del Ambiente
Centro Agrícola Cantonal de Oreamuno (CAC)

Administración 2024-2028

Erick Jiménez Valverde, Alcalde
Karen Gamboa Loría, Vicealcaldesa
Miguel Mora Masis, Vicealcalde

Con el apoyo de

Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica, Instituto Nacional de Aprendizaje
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Servicio Fitosanitario del Estado
Ministerio de Agricultura y Ganadería

MBA. Erick Jiménez Valverde
Alcalde Municipal
Municipalidad de Oreamuno

El compostaje en nuestros gobiernos locales es una práctica clave para la gestión sostenible de residuos orgánicos, ofreciendo beneficios ambientales, económicos y sociales.

Al transformar los desechos en abono, se reduce la cantidad de basura enviada a rellenos sanitarios, se mejora la calidad del suelo y se promueve la participación ciudadana en la gestión ambiental.

La Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839 establece que las municipalidades son responsables de gestionar de manera integral los residuos generados en cada cantón, es sobre esta base, que dentro de nuestro Plan de Gestión Integral de Residuos hemos dado la importancia a este componente para poder generar acciones que nos garanticen una economía circular en todos los distros del Cantón de Oreamuno.

Esta guía es uno de los pasos que hemos venido consolidando para comprometernos con un manejo más adecuado de los residuos orgánicos.

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Costa Rica, el acompañamiento y apoyo en este proceso.

Adrián Pérez Poveda
Presidente
Centro Agrícola Cantonal de Oreamuno

Para el Centro Agrícola Cantonal de Oreamuno es un orgullo que en la feria se implementara este proyecto y se den buenos resultados. Agradecemos al Tecnológico de Costa Rica y a la Municipalidad de Oreamuno por tomarnos en cuenta en este proyecto de Manejo de Residuos, del cual hemos aprendido mucho.

Invitamos a todos los Oreamunenses y a la población en general a comprar en la feria de Agricultor donde podrán encontrar mucha variedad de productos y precios accesibles, todos los sábados de 5:00 am a 1:00 pm

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Introducción | 5 |
| ¿A quién va dirigida la guía? | 5 |
| Introducción al compostaje | 6 |
| 1. Organización general de una planta de compostaje | 6 |
| 1.1 Residuos a tratar..... | 7 |
| 1.2 Lugar donde se realiza el proceso..... | 7 |
| 1.3 Recursos..... | 7 |
| 1.3.1 Recurso humano..... | 8 |
| 1.4 Insumos..... | 9 |
| 2. Recolección y pretratamiento de los residuos orgánicos | 12 |
| 2.1 Recolección..... | 12 |
| 2.2 Trituración..... | 12 |
| 3. Gestión del proceso de compostaje | 12 |
| 3.1 Camas de compostaje..... | 12 |
| 3.2 Aireación y análisis de humedad del compost..... | 13 |
| 3.3 Control de temperatura..... | 14 |
| 3.4 Tiempo de compostaje de cada montículo..... | 16 |
| 3.5 Acondicionamiento y almacenamiento de los productos acabados | 16 |
| 4. Evaluación de la calidad de los abonos producidos | 17 |
| 5. Pruebas de germinación | 19 |
| 6. Ensayo Microbiológico/Fitopatológico | 20 |
| 7. Capacitación | 22 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 23 |



Introducción

Actualmente, la gestión adecuada de los residuos sólidos representa un gran desafío en los gobiernos locales, ya que, en Costa Rica, cada persona genera entre 1 y 1.5 kg de residuos diariamente, de los cuales más de un 50% corresponde a residuos orgánicos que, en su gran mayoría, tienen como destino final los rellenos sanitarios. Es por ello que se deben priorizar acciones sostenibles que permitan avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible y transformar residuos en recursos de provecho tanto para el gobierno local como para las comunidades que lo integran.

Aunado a ello, la Ley de Gestión Integral de Residuos N° 8839, su reglamento y el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos (PMGIRS) expresan que los residuos sólidos que se generan son responsabilidad de cada municipalidad. En este contexto, La Feria del Agricultor de Oreamuno representa un escenario ideal para promover y desarrollar este tipo de prácticas enfocadas al desarrollo económico, ambiental y social, así como de economía circular.

Es por ello, que, desde el gobierno local de Oreamuno se han desarrollado iniciativas que contribuyen con la creación de un Cantón resiliente ante el cambio climático, productivamente responsable y ecológicamente equilibrado. Encontrando así en el compostaje, una medida que garantiza que los residuos orgánicos devuelvan sus componentes al ciclo de la cadena de producción primaria, permitiendo mejorar las condiciones biológicas y fisicoquímicas del suelo y aumentando la productividad de los cultivos agrícolas, evitando emisiones generadas en rellenos sanitarios y contaminación de fuentes hídricas.

¿A quién va dirigida la guía?

Esta está dirigida a personas trabajadoras pertenecientes a gobiernos locales, instituciones, empresas, así como a productores, entre otros, que deseen aplicar técnicas adecuadas para el manejo de residuos orgánicos a pequeña y mediana escala.

Ella tiene como propósito dar a conocer todos los procedimientos, herramientas y recursos que se recomiendan utilizar para la implementación de este tipo de acciones. Está basada en buenas prácticas desarrolladas con el apoyo de diferentes colaboradores técnicos y los esfuerzos de personal colaborador de la municipalidad.

De modo que en el documento encontrarán prácticas apropiadas para la elaboración de compost proveniente de residuos post cosecha para uso como mejorador de suelo, siendo un aporte responsable y amigable con el ambiente, tal y como lo establece la Ley N° 8839 Ley para la Gestión Integral de Residuos Sólidos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: 3, Salud y bienestar; 11, Ciudades y comunidades sostenibles; 12, Producción y consumo responsables; 13, Acción por el clima; y 17, Alianzas para lograr los objetivos.

Es importante mencionar que la presentación de ideas e información complementaria se basa en la Guía para el compostaje de residuos orgánicos procedentes de la recolección municipal, cuya referencia se encuentra al final del documento.

Introducción al compostaje

Los residuos orgánicos en una comunidad se componen por todos aquellos materiales como residuos de comida de hogares y restaurantes, productos alimenticios no consumidos, residuos de jardinería y procesos agroindustriales, materiales desechados en los mercados agrícolas, entre otros. El compostaje es un tratamiento que permite un proceso natural de descomposición de estos materiales, que puede incorporarse a los suelos y facilitar su regeneración, dándole valor agregado a un recurso que, de otra manera, se entierra en rellenos sanitarios, generando costos, dificultades extraordinarias para los procesos del relleno y emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.

Según la Guía para el compostaje de residuos orgánicos procedentes de la recolección municipal, el tratamiento de residuos por medio de compostaje tiene varias etapas:

1. Organización general de una planta de compostaje
2. Recolección y pretratamiento de los residuos orgánicos
3. Gestión del proceso de compostaje
4. Evaluación de la calidad de los productos

A continuación, se detalla cada una de ellas.

1. Organización general de una planta de compostaje

La planificación para la instalación de la planta de compostaje requirió primero decidir el tipo de residuos a tratar, el uso final que se le daría al material producido, el lugar donde se realizaría el proceso, los recursos necesarios (tanto humanos como insumos materiales) y considerar la normativa del país.

1.1 Residuos a tratar

Se trabaja con los residuos de la feria del agricultor, que consisten en productos en mal estado, hojas y cáscaras por el acondicionamiento de los vegetales y las frutas, residuos de pipa verde, tallos de flores, entre otros materiales orgánicos. Además, se incluyen chips de madera de poda de árboles como fuente de carbono para el proceso. En el caso de la feria del agricultor de Oreamuno, se producen entre 600 y 900 kg de residuos orgánicos cada semana, lo cual varía dependiendo de varios factores, entre ellos: clima, periodo de fiestas, fin de quincena, entre otros.

1.2 Lugar donde se realiza el proceso

El proyecto se desarrolla en la Finca Municipal ubicada en el sector de Páez, en el distrito de Cot (Imagen 1), con una extensión aproximada de 23 hectáreas, una altura promedio de 1.810 msnm, precipitaciones que van de los 1400 a los 2000 mm y temperaturas de 19.2 °C en promedio.



Imagen 1. Ubicación de las camas para compostaje, Páez, Cot

1.3 Recursos

1.3.1 Recurso humano





El Cuadro 1 indica el número de personas y sus responsabilidades en la planta de compostaje.

Cuadro 1. Recurso humano necesario para la planta de compostaje y sus responsabilidades.

| Cantidad de personas | Ocupación | Departamento | Responsabilidades |
|----------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| 3 | Peón de obras y sanidad | Higiene y Ornato Ambiental | Clasificación de residuos orgánicos en el campo ferial, San Rafael |
| 2 | Peón de obras y sanidad | Protección del Ambiente | Volteo de montículos, toma y control de temperatura, trituración de los residuos, ensacado, tamizado |
| 1 | Chofer | Higiene y Ornato Ambiental | Transporte de material orgánico |
| 1 | Bióloga | Protección del Ambiente | Coordinar y liderar acciones, supervisar el proceso, graficar, disponer el compost |

1.3.2 Materiales:

| Imagen | Material |
|---|---|
|  | Camión |
|  | Mesa biológica |
|  | 4 cajones de madera cuadrados de 1.5 m de lado x 1.5 m de alto cada uno |
|  | Zaranda |

| Imagen | Material |
|---|--------------------------------|
|  | <p>Palas, ganchas</p> |
|  | <p>Máquina chipper</p> |
|  | <p>Estañones</p> |
|  | <p>Termómetro o termocupla</p> |

| Imagen | Material |
|---|-----------------------------------|
|  | <p>Guantes</p> |
|  | <p>Microorganismos de montaña</p> |
|  | <p>Material orgánico</p> |
|  | <p>Espacio techado</p> |

2. Recolección y pretratamiento de los residuos orgánicos

2.1 Recolección

Se colocan recipientes dentro del campo ferial todos los sábados para los residuos ordinarios, los residuos orgánicos y una vez al mes para residuos valorizables. Las personas que recolectan los residuos revisan los estañones y terminan de separar bien los residuos, eliminando ligas, pajillas, vajillas plásticas, entre otros. Una vez listo el material, se coloca en estañones y otros recipientes para ser trasladados al plantel municipal (Imagen 2).



Imagen 2. Material orgánico clasificado

2.2 Trituración

Los lunes se llevan los residuos a la finca municipal donde se trituran en partículas más pequeñas mediante una máquina chipeadora. Lo anterior permite un mejor manejo de los residuos en las pilas de compostaje, aumenta la oxigenación durante el proceso, facilita los volteos y acelera la degradación de los residuos (Imagen 3).



Imagen 3. Trituración de los residuos orgánicos

3. Gestión del proceso de compostaje

3.1 Camas de compostaje

En un lugar techado, con piso de concreto y un canal para el drenaje de los lixiviados hacia una mesa biológica, se colocan 4 camas de madera de 1.5 m x 1.5 m. El material permanecerá en ellas durante 1 mes, rotándolas hasta que cumplan el ciclo que se presenta en la Imagen 4.

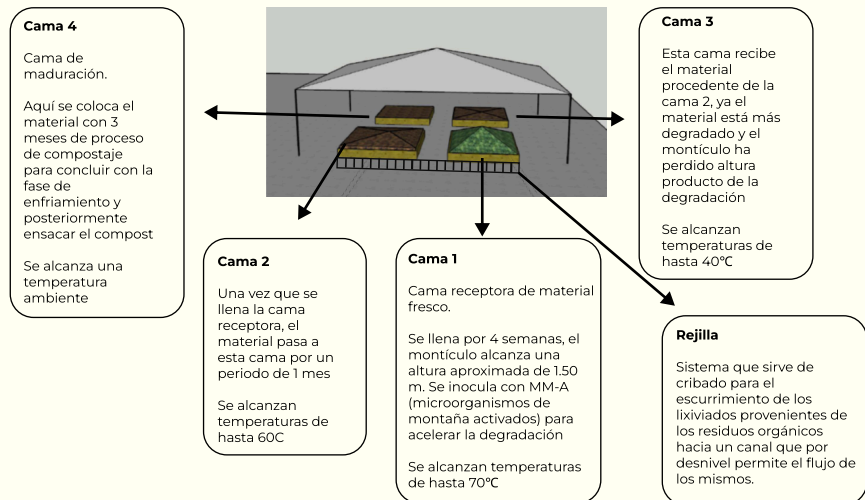


Imagen 4. Camas de tratamiento y maduración

3.2 Aireación y análisis de humedad del compost

Para garantizar el suficiente suministro de aire, el compost debe voltearse periódicamente. La frecuencia dependerá del material y de las dimensiones de la pila o montículo. Al principio del proceso, la frecuencia debe ser de una a dos veces por semana. Más adelante, cuando la actividad biológica disminuye, se puede reducir la frecuencia.

El volteo en el proceso en Finca Páez se realiza semanalmente el día lunes. Si ese día corresponde el cambio de cama, se realiza esa actividad también. Además, se monitorea la humedad y temperatura de la pila, así como variables organolépticas como olor, color y presencia de insectos. Pueden encontrarse larvas de moscas soldado (Imagen 5), las cuales son beneficiosas para el compostaje porque descomponen rápidamente los residuos orgánicos, transformándolos en un abono rico en nutrientes y reduciendo el volumen de desechos. Además, las larvas de mosca soldado no son plagas y pueden servir como alimento para animales.

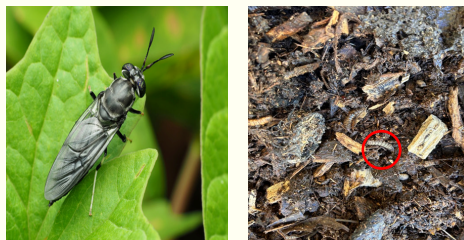


Imagen 5. Mosca soldado adulta y sus larvas

Para la medición de humedad se utiliza la prueba del puño que se observa en la Imagen 6. Este procedimiento ha sido reportado en el documento Guía para el compostaje de residuos orgánicos procedentes de la recolección municipal. Este consiste en tomar un puñado de compost y presionarlo lo más fuerte posible entre los dedos. Si sale agua, el compost está demasiado húmedo y se le debe agregar material secante, como chips de madera, hojas secas, entre otros. Si la bola se desintegra al abrir la mano, el compost está demasiado seco y se debe agregar agua o mejor aún rociarlo con microorganismos de montaña. Si al presionarlo se mantiene compacto, la humedad es la óptima.



Imagen 6. Compost demasiado húmedo el de la izquierda, el del centro con contenido óptimos de húmedas y el de la derecha se encuentra muy seco

3.3 Control de temperatura

Para seguir la actividad del proceso, es importante medir periódicamente (al menos una vez a la semana) la temperatura en el punto caliente de la pila de compost y registrarla. En el caso del proceso en Finca Páez, se realiza 3 veces por semana, alrededor de las 10 am, con ayuda de un termómetro de espiga larga (Imagen 7), o bien con una termocupla construida fácilmente con elementos de venta en ferreterías (Imagen 8). En el caso de utilizar el termómetro de la Imagen 7, este se coloca en la cúspide del montículo y se deja por 1 minuto, se toma el dato marcado y se anota en una bitácora, para luego graficarlo en Excel (Imagen 9). Si se utiliza la llamada termocupla (Imagen 8), el elemento más delgado se introduce con cuidado y se deja por 1 minuto en el centro del montículo.



Imagen 7. Termómetro utilizado para toma de temperatura



Imagen 8. Termocupla para toma de temperatura

El registro de la temperatura permite determinar la higienización del material. Este se considera seguro si se presentan las siguientes situaciones posterior a la última adición de materia orgánica fresca. Estas son:

1. Que su temperatura haya sido superior a 55 °C durante al menos 3 semanas
2. O por encima de 65 °C durante al menos 7 días

El siguiente es un ejemplo de la bitácora de datos del día en que se toman, la temperatura determinada, en caso de contar con papel de pH (Imagen 10) se puede analizar la acidez del material y se anota cualquier observación relevante (Cuadro 2). Las temperaturas se pueden graficar tal y como se observa en la Imagen 9

Cuadro 2. Ejemplo de la información que se incluye en la bitácora

| | Sem 1 | | | Sem 2 | | | Sem 3 | | | Sem 4 | | |
|-----------------|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| | L | M | V | L | M | V | L | M | V | L | M | V |
| Temperatura | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de volteo | | | | | | | | | | | | |
| pH | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | | | | | | | | | | | | |

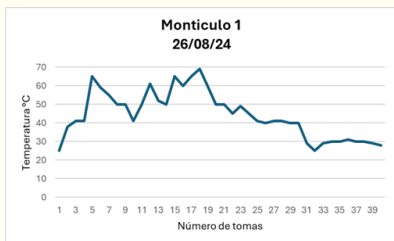


Imagen 9. Ejemplo de una figura con las temperaturas del montículo



Imagen 10. Papel de pH

Las temperaturas en las distintas fases varían dependiendo de los procesos que se llevan a cabo. En el Cuadro 3 se describen las características del tratamiento.

Cuadro 3. Etapas del proceso de compostaje

| Mesofilica I | Termofilica | Mesofilica II | Maduración |
|--|---|---|--|
| Se da en las primeras horas del proceso | La materia orgánica se calienta por actividad biológica | La temperatura empieza a disminuir hasta alcanzar la temperatura ambiente | Se completa la degradación de materia orgánica |
| Temperaturas entre 20°C y 45°C | Temperaturas entre 45°C y 65°C | Temperatura menor a 40°C | Temperatura ambiente |
| Presencia de microorganismos mesofílicos | Presencia de microorganismos termofílicos | Presencia de microorganismos mesofílicos | Presencia de microorganismos biocontroladores |

3.4 Tiempo de compostaje de cada montículo

Según la metodología utilizada en este gobierno local, cada montículo tarda un periodo de 4 meses para completar el proceso. Sin embargo, cada uno es diferente y se deben tomar en cuenta ciertas características, con el objetivo de determinar la finalización del proceso de compostaje. Ellas son: disminución de la temperatura, degradación del material hasta que ya no se distingan los componentes, color oscuro, olor a bosque (Imagen 11).



Imagen 11. Compost obtenido después de 4 meses

3.5. Acondicionamiento y almacenamiento de los productos acabados

La principal operación de acondicionamiento es el tamizado para alcanzar la granulometría deseada. Se pueden utilizar sistemas económicos para el proceso tal y como se observa en las imágenes que se muestran a continuación (Imagen 12).



Imagen 12. Tamizado con malla y con sistema rotatorio

El material se debe almacenar en un lugar con suficiente aireación, por lo que se aconseja hacerlo a granel. Si el montículo es grande, se sugiere voltearlo cada 2 o 3 semanas. Se recomienda empacar el compost lo más tarde posible antes de la entrega y ojalá en bolsas tejidas (sacos).

4. Evaluación de la calidad de los abonos producidos

Es muy importante determinar la calidad del compost, no solo mediante el olor o bien la textura del producto, sino según su contenido químico y microbiológico.

El compost producido en Finca Páez fue analizado en un laboratorio certificado de la Universidad de Costa Rica. Los resultados se observan en los siguientes cuadros.

El Cuadro 1 presenta los resultados de la concentración de macronutrientes en el compost. Estos son: Nitrógeno (N), Fósforo como P₂O₅, Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K₂O) y Azufre (S).

Cuadro 4. Concentración en porcentaje de masa (% masa) de macronutrientes en el compost

| Método de tratamiento | Maduración | %masa | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------|-----------------------------------|--------|--------|----------------------|------|
| | | N [6] | P ₂ O ₅ [6] | Ca [6] | Mg [7] | K ₂ O [6] | S |
| Teórico | | ≥1% | ≥1% | ≥1% | ≥1% | ≥1% | NR |
| Montículo Munic. Finca Páez | Desconocido | 2,72 | 0,98 | 1,52 | 0,42 | 3,58 | 0,32 |

Estos macronutrientes del Cuadro 4, son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. A continuación, se detalla su importancia en el compost para las plantas:

- El N promueve el crecimiento de la planta
- El P₂O₅ promueve el desarrollo de raíces, producción de flores y frutos
- El Ca contribuye a la estructura y a la estabilidad de la planta. Participa en el transporte de otros nutrientes y contribuye al desarrollo de raíces
- El Mg es importante para la producción de clorofila y participa en la fotosíntesis
- El K₂O contribuye a la salud general de las plantas, mejora la resistencia a la sequía y fortalece las paredes celulares de las plantas, lo que facilita la absorción de nutrientes y agua
- El S es necesario para diversos procesos metabólicos

Por otro lado, los micronutrientes son también esenciales para las plantas y desempeñan un papel fundamental en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos. Los resultados de los análisis son los que se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Concentración en mg/kg de micronutrientes en el compost

| Método de tratamiento | Maduración (días/semanas) | mg/kg | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-------|---------|---------|-----|----|
| | | Fe | Cu [7] | Zn [7] | Mn | B |
| Teórico | | NR | Max 100 | Max 200 | NR | NR |
| Montículo Munic. Finca Páez | Desconocido | 9656 | 48 | 93 | 264 | 36 |

A continuación, se presenta un resumen de su importancia:

- El Hierro (Fe) es crucial para la síntesis de clorofila y su deficiencia puede provocar clorosis (amarillamiento de las hojas), especialmente en el follaje joven.
- El Cobre (Cu) participa en muchos procesos y contribuye con la formación de lignina lo que ayuda a fortalecer la estructura de la planta y a mejorar su resistencia a las enfermedades
- El Zinc (Zn) regula el crecimiento de las plantas y su deficiencia puede afectar el crecimiento y provocar un retraso en el desarrollo
- El Manganeseo (Mn) es importante para la fotosíntesis y su deficiencia puede provocar síntomas como clorosis (amarillamiento de las hojas) y necrosis foliar (muerte del tejido de las hojas), que son condiciones que afectan a las hojas de las plantas
- El Boro (B) esencial para la pared celular, así como para procesos como la germinación del polen y el desarrollo de las semillas. La deficiencia de boro puede causar diversos problemas de desarrollo en las plantas, incluyendo un cuajado deficiente de flores y frutos.

Por su parte se realizaron otras pruebas siendo las más importantes la acidez (pH), la conductividad eléctrica (CE), el porcentaje de Carbono (%C) y su relación C/N, el N-NH₄⁺, el N-NO₃⁻ y el N-Ureico. Los resultados fueron los que se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis químico del compost producido por diferentes tratamientos

| | Maduración | H ₂ O | (mS/cm) | % masa | Relación | mg/kg | | |
|--------------------------------|-------------|------------------|---------|---------|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| | | pH | CE | C | C/N | N-NH ₄ ⁺ | N-NO ₃ ⁻ | N-Ureico |
| Teórico [3] | | 6 a 8 | 1 a 5 | 30 a 50 | 20:1 | 500 a 5000 | | Incluido en N total |
| Montículo Munic. Finca Páez | Desconocido | 8,8 | 9,4 | 35,72 | 13,1 | 92 | 696 | 107 |

- El pH del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La mayoría de los nutrientes se encuentran óptimamente disponibles en un rango de pH de 6,0 a 7,5
- La conductividad eléctrica (CE) está directamente relacionado con la concentración de sales solubles, incluyendo nutrientes esenciales
- El Carbono ayuda a mejorar la estructura del suelo permitiendo la aireación, la infiltración de agua y la penetración de las raíces, vitales para el crecimiento saludable de las plantas. Además, mejora la fertilidad ya que aumenta la capacidad de retener nutrientes y humedad, así como que, disminuye la erosión y el riesgo de pérdidas de suelo debido al viento o la lluvia.
- El NH_4^+ (ion amonio) y el NO_3^- (ion nitrato) son dos formas cruciales de nitrógeno para el crecimiento vegetal y el funcionamiento del ecosistema. Su importancia radica en que son nutrientes esenciales para las plantas

5. Pruebas de germinación

Se realizaron pruebas de germinación utilizando semillas de pepino colocadas con cantidades distintas de disolución de compost. Se obtuvo que todas lograron germinar y los resultados se muestran en las imágenes 13, 14, 15 y 16.



Imagen 13. Muestra control que contenía únicamente agua



Imagen 14. Muestra con disolución de compost diluida 10 veces



Imagen 15. Muestra con disolución de compost diluida 100 veces



Imagen 16. Muestra con disolución de compost diluida 1000 veces

6. Ensayo Microbiológico/Fitopatológico

Se analizaron diferentes grupos de microorganismos que desempeñan funciones esenciales en diversos ecosistemas donde se incluye su posible impacto (Cuadro 7):

- Los Hongos filamentosos desempeñan un papel crucial en la descomposición de materia orgánica y en la formación de suelo fértil. Algunos pueden ser patógenos de plantas
- Las Levaduras se utilizan en la fermentación, algunos pueden ser agentes patógenos en humanos y animales
- Los Actinomicetos son importantes para la descomposición de materia orgánica.
- Los Microorganismos solubilizadores de P ayudan a solubilizar el fósforo en el suelo, haciéndolo más disponible para las plantas, lo que favorece el crecimiento de los cultivos
- Las Bacterias fijadoras de N₂ convierten el nitrógeno atmosférico en formas que las plantas pueden utilizar, mejorando la fertilidad del suelo
- Los Lactobacillus son relevantes en la producción de productos fermentados.
- Las Pseudomonas sp pueden descomponer materiales orgánicos. Algunas especies son patógenas, mientras que otras son beneficiosas
- La Erwinia sp / Pantoea sp pueden ser patógenas para plantas, causando enfermedades en cultivos
- Las Enterobacterias pueden algunas ser patógenas, como Salmonella y E. coli patogénica
- Los Coliformes fecales (E. coli) : Son indicadores de contaminación fecal, La presencia de coliformes indica la posibilidad de que patógenos también estén presentes
- Las Bacterias aerobias son esenciales para procesos como la descomposición de materia orgánica en el suelo
- Las Bacterias anaerobias desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono, pero también pueden ser responsables de enfermedades en humanos

Algunos de los anteriores contribuyen al reciclaje de nutrientes y mantienen la salud del suelo y del ecosistema, ayudan en la fertilidad de los suelos y en el control biológico de patógenos.

Cuadro 7. Resultados del análisis bacteriológico y fitopatológico

| Parámetro | Resultado |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Hongos filamentosos | 1,4 x 10 ⁴ UFC/g* |
| Levaduras | (-) |
| Actinomicetos | (-) |
| Microorganismos solubilizadores de P | (+) |
| Bacterias Fijadoras de N ₂ | (+) |
| Lactobacillus | (-) |

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| <i>Pseudomonas sp</i> | (-) |
| <i>Erwinia sp / Pantoea sp</i> | (-) |
| Enterobacterias | (-) |
| Coliformes fecales (<i>E. coli</i>) | (-) |
| Bacterias (aerobias) | > 105 UFC/g |
| Bacterias (anaerobias) | > 103 UFC/g |

Identificación de hongos filamentosos

| | |
|------------------------|-----|
| <i>Rhizopus sp</i> | NP |
| <i>Aspergillus sp</i> | NP |
| <i>Penicillium sp</i> | NP |
| <i>Fusarium sp</i> | (+) |
| <i>Verticillium sp</i> | NP |
| <i>Trichoderma sp</i> | (+) |

*UFC= Unidades formadoras de colonias

Por su lado los hongos filamentosos son importantes descomponedores de materia orgánica y algunos pueden causar enfermedades en plantas, animales y humanos.

- Algunos *Rhizopus sp* pueden causar enfermedades en plantas
- Los *Aspergillus sp* pueden encontrarse en el suelo y materia orgánica en descomposición. Varias especies pueden causar enfermedades
- Los hongos *Penicillium sp* son algunos beneficiosos (como las que producen penicilina) y otras pueden causar enfermedades o deteriorar alimentos
- Los *Fusarium sp* son patógenos de plantas, causando enfermedades como la marchitez pudriciones de raíz y tallo, y manchas foliares
- Los *Verticillium sp* causan la enfermedad conocida como verticilosis o marchitamiento de las plantas
- El *Trichoderma sp* es beneficioso para las plantas, ampliamente utilizado como agente de control biológico contra diversos patógenos vegetales

7. Capacitación

Se ha logrado capacitar al personal municipal gracias a asesorías técnicas brindadas por el Instituto Nacional de Aprendizaje a través del Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica (Imagen 17) y por medio de la profesional a cargo del proyecto. Estas son muy importantes porque permiten a las personas colaboradoras adquirir nuevas habilidades, conocimientos, fomenta la motivación, mejorando el desempeño y productividad.



Imagen 17. Capacitaciones sobre procesos de compostaje

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araya-Lara, M.P. (2025). Estrategia de gestión de residuos orgánicos de una Feria del Agricultor. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Escuela de Química, ITCR, Costa Rica.

Equipo Técnico de Compostaje (2020). I Plan Nacional de Compostaje 2020-2050. Costa Rica: Consejo Nacional Ambiental. [En línea]. Disponible: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf?x37378>

Guía para el compostaje de residuos orgánicos procedentes de la recolección municipal. Documento elaborado en el marco del proyecto: Manejo sostenible de residuos orgánicos en la municipalidad Pérez Zeledón, Costa Rica 2019 - 2022 Por: Dr. Jacques G. Fuchs, FiBL Traducción al español y adaptación: Dr. Sandra Méndez Fajardo, MSc. Susy Lobo, MSc. Victoria Rudin. [En línea]. Disponible: <https://skat.ch/book/guia-para-el-compostaje-de-residuos-organicos-procedentes-de-la-recoleccion-municipal/>

Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

Norma Chilena de Calidad de Compost (Norma Chilena Oficial 2880) (2004). Instituto Nacional de Normalización. Chile. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/34PjmPU>