

Guía para el compostaje de residuos orgánicos procedentes de la recolección municipal



Ministerio de
Agricultura y
Ganadería
DE COSTA RICA

EIB
Escuela de
Ingeniería de
Biosistemas



REPIC
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

skat Swiss Resource Centre and
Consultancies for Development



FiBL



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

Este documento es parte de los resultados del proyecto “Gestión Integral de Residuos Sólidos Orgánicos en la Municipalidad Pérez Zeledón, Costa Rica”; enmarcado en la cooperación Suiza - Costa Rica, con la participación de los siguientes socios:

Costa Rica

Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente -ACEPESA: MSc. Victoria Rudin Vega y MSc. Susy Lobo Ugalde.

Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAG:
Ing. Roberto Azofofa Rodríguez.

Unión Nacional de Gobiernos Locales -UNGL:
Ing. Eida Arce Anchía.

Escuela de Ingeniería de Biosistemas, Universidad de Costa Rica -EIB, UCR: Ph.D. Mauricio Bustamante Román.

Municipalidad Pérez Zeledón: Ing. Álvaro Murillo Mora.

Suiza

Consultora Skat: Dr. Sandra Méndez Fajardo

Instituto de Investigación de Agricultura Ecológica FiBL:
Dr. Jacques Fuchs

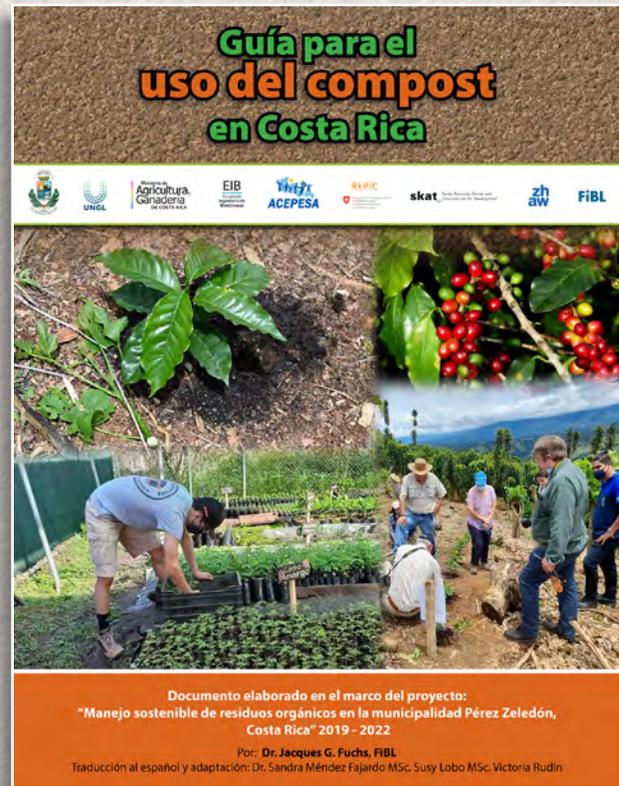
Universidad de Ciencias Aplicadas de Zurich -ZHAW:
Dr. Urs Baier

REPIC - Plataforma para el Fomento de Energías Renovables y Manejo eficiente de energía y recursos en países en desarrollo y transición.

Diseño Gráfico: Olman Bolaños Vargas

Julio, 2022.

Otros productos del proyecto:



Contenido

0. Introducción	5
1. Organización general de una planta de compostaje	6
2. Recolección y pretratamiento de los residuos orgánicos	8
2.1. Recepción.....	8
2.2. Lugar de vertido de los residuos orgánicos.....	8
2.3. Mezcla inicial y material de estructura.....	9
3. Gestión del proceso de compostaje	10
3.1. Control de la evolución de la temperatura.....	10
3.2. Regulación de la humedad.....	10
3.3. Regulación de la aireación de las pilas o hileras.....	11
3.4. Protocolo de supervisión del proceso.....	12
3.5. Acondicionamiento y almacenamiento de los productos acabados.....	13
4. Evaluación de la calidad de los abonos producidos	14
4.1. Muestreo de compost.....	14

4.2. Evaluación de la calidad del compost mediante los sentidos.....	14
4.2.1. Color del compost.....	14
4.2.2. Olor del compost.....	15
4.2.3. Estructura del compost.....	15
4.2.4. Prueba de rotura de madera.....	16
4.2.5. Color del extracto de agua.....	17
4.3. Evaluación de la calidad del compost mediante pruebas biológicas o <i>biotests</i> en campo.....	17
4.3.1. Prueba abierta con berro.....	18
4.3.2. Prueba cerrada con berro.....	18
5. Elección del compost y su estrategia de aplicación.....	19
6. Conclusiones	21
Anexo 1: Toma de una muestra representativa de compost.....	22



Introducción

La mayor parte de los residuos municipales recolectados es materia orgánica, y por varias razones, su vertido en rellenos sanitarios o vertederos controlados no es la mejor solución. En primer lugar, genera impactos negativos importantes en el ambiente y en segundo lugar, esta materia orgánica contiene cantidades relativamente grandes de elementos fertilizantes, así como materia orgánica que debería devolverse al suelo para mejorar su fertilidad y por lo tanto, la nutrición de las plantas. El compostaje de estos materiales es una solución muy adecuada siempre que se realice según estándares de control de procesos y de calidad.

Esta guía presenta sugerencias para realizar correctamente el compostaje y producir un compost de alta calidad para distintos usos. Se articula en cuatro aspectos:

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 abonos producidos

Esta guía se basa en la asesoría técnica brindada en la planta municipal de compostaje de Pérez Zeledón, en Costa Rica, pero puede adaptarse fácilmente a otros municipios y contextos latinoamericanos, ya que los principios técnicos básicos siguen siendo iguales para las distintas situaciones. Sin embargo, el uso del compost en los diferentes cultivos está sujeto a los reglamentos y normativas propias de cada país o región.

1. Organización general de una planta de compostaje

Una buena **planificación** de una planta de compostaje es la base indispensable para garantizar una instalación que se adapte a la situación y a los objetivos deseados. Cada contexto es diferente y, por tanto, cada planta de compostaje tiene sus propias especificidades que responde a los residuos orgánicos a tratar, las oportunidades de mercado para el compost producido, el lugar de disposición, la ubicación geográfica, los posibles recursos para adquirir maquinaria, los recursos humanos, la capacidad financiera, la normativa y legislación del país.

Para garantizar la calidad de los productos generados a partir del compostaje es necesaria una organización rigurosa de la planta. El principio básico es que el flujo de material vaya siempre de la materia prima (residuos recolectados a los generadores) al compost terminado, evitando cualquier riesgo de cortocircuito; por ejemplo, una máquina que trabaje con material fresco debería lavarse a fondo antes de estar en contacto con el producto acabado. Las áreas de procesos principales son:



Recepción de los residuos orgánicos

Se recomienda un puesto de control para la recepción de los residuos orgánicos. Aquí se comprueban y registran las cantidades y las calidades de las entregas. Una báscula es la técnica más adecuada para determinar las cantidades de residuos orgánicos recibidos.

Lugar para la descarga de los residuos orgánicos y de preparación de las mezclas de partida

El lugar de descarga de los residuos recibidos debe estar organizado de manera que sea posible retirar materias no deseadas como plástico, vidrio o metal. Por otro lado, se debe adecuar también un espacio para recibir, triturar y almacenar los insumos con estructura como cáscaras de cocos o ramas de poda de arbustos, de modo que se facilite su incorporación en la mezcla inicial.

Lugar para el proceso de compostaje propiamente dicho

En cuanto al dimensionamiento del lugar para el proceso de compostaje, se sugiere contar con una media de 1 m² por tonelada anual de material tratado. Esto puede variar entre 0,7 y 2,0 m² en función de la cantidad de material tratado y del tipo de productos elaborados (cuanto más elaborados sean los productos, más espacio se necesita).

Un sistema de recolección de agua de lluvia es ventajoso, ya que esta agua puede utilizarse para humedecer las hileras durante el proceso

Lo ideal es que esta zona tenga un techo o esté cubierta para proteger las hileras de compost de las condiciones meteorológicas, lo que permite gestionar mejor el proceso de compostaje. Esta zona debe ser lo suficientemente grande para la cantidad de residuos orgánicos que se están procesando.

Para poder trabajar de forma óptima, la superficie del área de compostaje debería tener cierta dureza (por ejemplo, con concreto), de tal forma que la lluvia no pueda penetrar ni las pilas ni los lugares de trabajo.

Para una gestión óptima del proceso, es importante que las pilas o hileras no se toquen entre sí, sino que estén separadas por 30-50 cm. También es necesario garantizar un espacio suficiente para permitir la mezcla de las hileras (Figura 1.1).

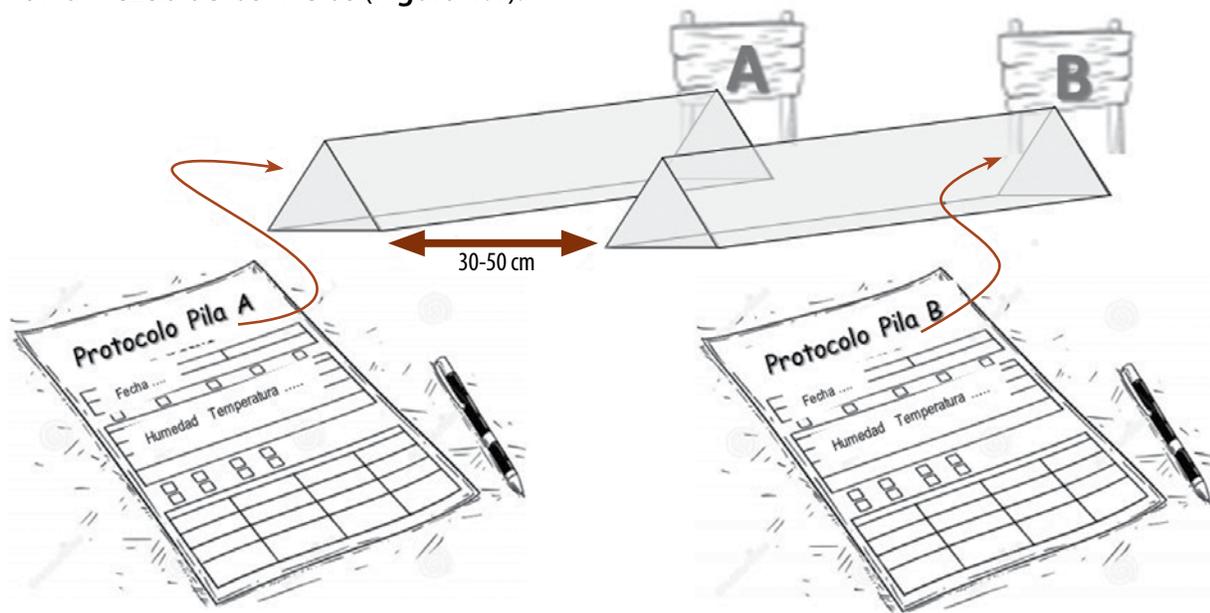


Figura 1.1. Pilas: Distancia sugerida e identificación

Lugar de acondicionamiento y almacenamiento de los productos finales

Al final del proceso el compost debe acondicionarse según las necesidades de los potenciales compradores o usuarios, es decir, tamizado, empacado y etiquetado. Estas operaciones pueden realizarse al aire libre cuando las condiciones meteorológicas lo permiten. Sin embargo, el almacenamiento de los productos acabados requiere de una infraestructura que los protejan de las inclemencias del tiempo y de temperaturas extremas.

2.

Recolección y pretratamiento de los residuos orgánicos

2.1. Recepción

La recepción de residuos orgánicos es el punto de partida para la producción de compost de calidad. En primer lugar, hay que determinar y registrar las cantidades de los distintos materiales que ingresan en la planta. Si no existe una báscula instalada, se debe hacer una estimación de la cubicación de las entregas; hay que determinar el peso por m³ de los distintos tipos de entregas con pesadas de prueba: esto permite definir el factor de conversión entre peso y volumen.

La evaluación de la calidad de las entregas se refiere principalmente al contenido de materiales no deseados (plástico, vidrio, metal, entre otros) y a su estado de frescura.

La información recogida en la recepción de los residuos orgánicos debe estar documentada. De este modo, se puede realizar un análisis de los ingresos que permita optimizar el concepto de recolección y manipulación de los residuos orgánicos. Para cada entrega, se sugiere registrar los siguientes puntos:

- **Nombre del transportista**
- **Origen del material**
- **Tipo de material**
- **Cantidad entregada**
- **Frescura del material**
- **De ser posible, contenido de sustancias no deseadas** (plásticos, vidrio, metales, ...)

Se sugiere acompañar esporádicamente estos datos con una fotografía de la entrega que puede ser útil en la evaluación de los procesos, en las evaluaciones que se hagan en la planta y para ser usadas en campañas de educación ambiental que se enfoquen en mejorar la separación en la fuente.

2.2. Lugar de vertido de los residuos orgánicos

Los residuos que llegan a la planta se encuentran generalmente húmedos y muy pobres en estructura. Además, son atractivos para las aves y otros animales, por lo que se sugiere que sean descargados en un área cubierta y encerrada, para evitar que ingresen a la planta.

Si el material es entregado en bolsas plásticas, éstas deben abrirse con un cuchillo inmediatamente después de la entrega, vaciarse y retirar el plástico.

2.3. Mezcla inicial y material de estructura

Para permitir la circulación del aire en la pila de compost, es necesaria una cantidad suficiente de material orgánico. Una oportunidad la brindan las sobras del cribado (o zarandeado): al final del proceso se tamiza el compost buscando obtener las dimensiones deseadas por el usuario y el sobrante (del que se deberían haber eliminado materiales no deseados como el plástico) también debe almacenarse para integrarlo a la mezcla inicial, lo cual permite inocular la mezcla con los microorganismos ya activos y adaptados al material. En caso de no tener un espacio techado, este sobrante del cribado del compost se puede depositar en el exterior; sin embargo, en zonas muy lluviosas se sugiere una estrategia para resguardarlo de agua en exceso.

Adicionalmente, materiales como las fibras de cáscaras de coco trituradas o ramas de horticultura o jardinería ofrecen también un beneficio. Para ello, los residuos deben mezclarse inmediatamente con dichos insumos en un 30-40% y un 10-20% de sobrantes del cribado final de compost, de modo que éstos capturen el exceso de humedad (y evitar así la escorrentía de lixiviados) y que potencien el inicio del proceso de compostaje.

En cuanto al material de estructura se sugiere que sea almacenado para tener siempre disponibilidad. Crudos, pueden depositarse en el exterior, pero una vez triturados, deben almacenarse protegerse de la lluvia. En la trituración es importante que la madera sea desfibrada y no cortada, puesto que de esta manera los microorganismos no pueden atacar fácilmente las superficies lisas (**Figura 2.1**).

Figura 2.1. **Trituración correcta de la madera**



La mezcla inicial del proceso puede realizarse con la pala cargadora. Es importante que la mezcla sea lo más homogénea posible. Esto se puede hacer alternando los cubos de los distintos materiales de la mezcla (restos orgánicos del municipio, fibras de coco, madera triturada) y volteando una vez este montículo con la pala cargadora. Debido a la estructura relativamente fina de la mezcla, la hilera no debe superar los 2,5 o 3 metros al principio del proceso. Es importante colocar la hilera de forma suelta y no compactar el material, ya que esto impediría una buena circulación del aire en su interior.

3.

Gestión del proceso de compostaje

Los factores más importantes para controlar la fermentación que se genera durante el compostaje son la evolución de la temperatura, la humedad del material y el suministro de aire.

3.1. Control de la evolución de la temperatura

Para seguir la actividad del proceso, es importante medir periódicamente (se sugiere como mínimo una vez por semana) la temperatura en el punto caliente de la pila de compost (**Figura 3.1**; al menos 3 mediciones), y registrarla en el protocolo (**Figura 3.4**). La evolución de la temperatura indica si la fermentación se produce correctamente y lo avanzado que está el proceso.

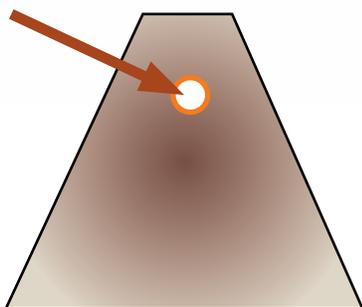


Figura 3.1. Punto caliente en la hilera de compost, donde debe medirse la temperatura.

El registro de la evolución de la temperatura en el protocolo también es importante para certificar la higienización natural del material. Se considera que el compost es higiénicamente seguro si, después de la última adición de materia orgánica fresca, presenta una de las siguientes situaciones:

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

Además, el compost debe voltearse al menos dos veces durante este periodo.

3.2. Regulación de la humedad

Para controlar la humedad, es importante tomar un poco de material de la pila y realizar, por ejemplo, la prueba del puño (**Figura 3.2**), que se realiza de la siguiente manera: se toma un puñado de compost y se presiona lo más fuerte posible entre los dedos. Si sale agua, el compost está demasiado húmedo. O, si al abrir los dedos la bola de compost se desintegra, el compost está demasiado seco. En cambio, si se mantiene compacta, la humedad del compost es óptima.



Figura 3.2. **Izquierda:** compost demasiado húmedo. **Centro:** compost con un contenido de humedad óptimo. **Derecha:** compost demasiado seco.

El estado de humedad se registra en el protocolo (**Figura 3.4**) según la siguiente escala: -3 (completamente seco), 0 (óptimo), +3 (completamente húmedo). Es importante comprobar el contenido de humedad del material antes de cada mezcla, para ver si hay que regar la hilera antes o durante la mezcla. En caso de ser necesario, debe anotarse en dicho protocolo la cantidad y la procedencia del agua suministrada.

El compost necesita mucha agua durante la fase de calor. Una vez que la temperatura disminuye, hay que tener mucho cuidado con el riego del compost, porque ya no evapora mucha agua y corre el riesgo de humedecerse demasiado.

3.3. Regulación de la aireación de las pilas o hileras

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

Lo importante no solo es el oxígeno que se produce al voltear el material de compostaje, sino el restablecimiento de la estructura óptima en la pila, que permite la circulación del aire en el material (efecto chimenea).

La solución óptima para mezclar una hilera de compost es utilizar una máquina mezcladora de compost, pero si no es factible, la pila también puede mezclarse con una pala cargadora. Sin embargo, hay que tener cuidado de agitar bien el cucharón al vaciarlo para obtener una hilera lo más suelta posible después de esta operación, y que la pala no pase por encima del compost para evitar que se compacte.

El uso de un analizador de gases (**Figura 3.3**) permite optimizar la gestión del proceso para garantizar un contenido de oxígeno suficiente en toda la pila de compost. Este dispositivo de medición es especialmente útil en caso de aireación forzada y también para gestionar el almacenamiento de los productos finales. Debe garantizarse un mínimo del 4% de oxígeno en la pila durante todo el proceso de compostaje y también durante el almacenamiento del producto terminado.



Figura 3.3. Medición de la composición del gas en una hilera.

3.4. Protocolo de supervisión del proceso

A continuación, se presenta un ejemplo de protocolo para el registro de parámetros:

PROTOCOLO PARA CONTRLAR PARAMETROS DEL COMPOST

Planta de compostaje:				Compost No.											
Material inicial total [m³]:				Pila No.											
Composición de la pila															
Fecha	Residuos de Jardín [m ³]	Material recolectado [m3]	Residuos de cocina [m3]	otro (.....)	Observaciones										
Control del proceso															
Fecha	T1	T2	T3	Prome dio temp.	H1	H2	H3	H ₂ O [m ³]	pH1	pH2	pH3	Promedio pH	Toma de muestra para análisis	Observaciones	Revisó (Nombre)
				0,0								0,0			
				0,0								0,0			
				0,0								0,0			
				0,0								0,0			
				0,0								0,0			
				0,0								0,0			
				0,0								0,0			
				0,0								0,0			
Comentarios generales:															

Figura 3.4. Ejemplo de protocolo para el registro regular de los parámetros de control del compost.

Se sugiere que contenga como mínimo:

- **Número de lote y fecha de instalación**
- **Componentes de la mezcla** (en m³ o % de la mezcla)
- **Posible adición de aditivos** (tierra, enzimas, microorganismos) **con la cantidad y la fecha en que fueron agregados**
- **Adición posterior de materia prima con la cantidad y la fecha de aplicación**
- **Diario de compostaje** (temperatura, humedad, si es posible contenido de O₂, operaciones realizadas, como volteo, adición de agua, cobertura de la hilera con vellón de compost)
- **Fecha del muestreo, si lo hay, para el control de calidad**
- **Tratamiento posterior del lote**

Se sugiere mantener permanentemente actualizado este documento; entre otras cosas, porque sirve de base para controlar la higienización natural del compost producido en la planta.

3.5. Acondicionamiento y almacenamiento de los productos acabados

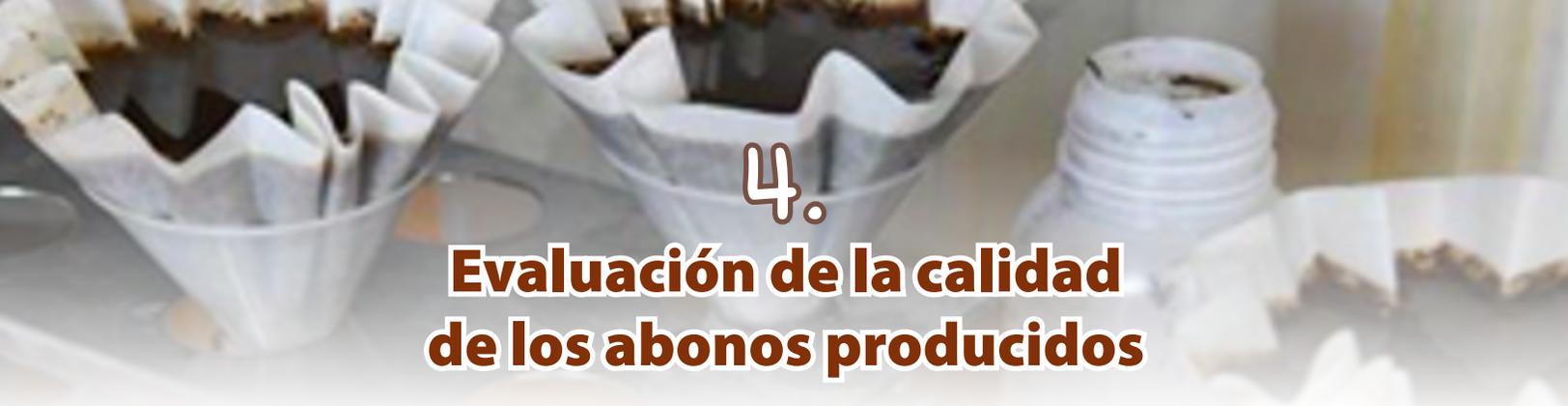
Una vez finalizado el proceso de compostaje, el compost debe acondicionarse para satisfacer las necesidades de los usuarios y luego almacenarse hasta su entrega. La principal operación de acondicionamiento es el tamizado para alcanzar la granulometría deseada según su uso. En este punto, es importante comunicarse con el usuario del compost y explicarle que el compost no es un fertilizante químico y que no es necesario tamizarlo muy finamente para que se parezca a aquel.

Si el compost contiene partículas de plástico, las operaciones de cribado pueden eliminarlas colocando un aspirador de plástico a la salida de la fracción gruesa.

Durante el almacenamiento, es esencial proporcionar al compost una aireación suficiente, ya que de lo contrario se asfixiarán sus microorganismos benéficos y su calidad puede verse muy mermada. Por ello, es mejor almacenar el compost a granel. Si el montículo del producto terminado es pequeño (hasta 1,5 metros de altura), la circulación del aire ambiente es suficiente para permitir una buena oxigenación. Si el montículo es más grande, será necesario instalar un sistema de aireación forzada o seguir removiendo la pila regularmente cada dos o tres semanas (dependiendo de su grado de madurez).

Tamizar el compost demasiado fino no sólo es costoso, sino que además resta sus efectos beneficiosos ya que son las fracciones leñosas las que permiten la formación de un humus duradero en el suelo. Cuanto más fino sea el cribado, más se elimina esta fracción. Por lo tanto, para los cultivos de campo o la arboricultura, un tamaño de tamiz de 20 o 30 mm es absolutamente suficiente. Para la producción de tierra para macetas, se puede desear un tamaño de tamiz de 10 mm.

La entrega de compost a granel es lo mejor en términos de calidad. Si, por razones logísticas, es necesario empacar el compost, debe hacerse lo más tarde posible antes de la entrega del compost (no almacenar compost en bolsas durante varios meses), y elegir bolsas que permitan el intercambio de aire (son preferibles las bolsas tejidas).



4.

Evaluación de la calidad de los abonos producidos

Para el agricultor es fundamental elegir el compost adecuado para la aplicación que pretende. El agricultor puede tener información útil sobre la calidad del compost utilizando sus propios sentidos (con sus manos, olfato, entre otros). De ser requerido, los análisis químicos y las pruebas biológicas completan la información y le permiten evaluar y elegir el compost adecuado.

4.1. Muestreo de compost

Un punto muy importante es que la evaluación del compost debe basarse en una muestra representativa. Para ello, se toman muestras de 30-40 cm dentro de la pila de compost en diferentes lugares y se mezclan. La observación de diferencias importantes entre las submuestras (en cuanto a contenido de humedad, color, estructura) puede indicar si la gestión del proceso de compostaje y/o el almacenamiento del producto no se han realizado de forma óptima. Si este no es el caso, hay que tener cuidado con el producto.

Las observaciones y los análisis deben realizarse con muestras frescas. Si no es posible, las muestras pueden almacenarse de 2 a 3 días a 4°C (**Anexo 1:** "Muestreo de una muestra representativa de compost", Jacques Fuchs, 2019).

4.2. Evaluación de la calidad del compost mediante los sentidos

Las observaciones del compost con los propios sentidos (ojos, nariz, tacto) pueden proporcionar información sobre su calidad. Estas observaciones no pueden sustituir a los análisis químicos ni a los ensayos de plantas, pero pueden complementarlos.

4.2.1. Color del compost

Al principio del proceso de compostaje, el material presenta un mosaico de color derivado de los materiales de entrada (**Figura 4.1, izquierda**). Durante el proceso, se produce una homogeneización del color y, con la evolución de la humificación, el compost se vuelve marrón o negruzco (**Figura 4.1, derecha**). Si el compost está demasiado seco durante el proceso, pueden observarse mohos grises.



Figura 4.1. **Vista de la materia orgánica al principio del proceso de compostaje (izquierda) y en el compost maduro (derecha).**

4.2.2. Olor del compost

El compost siempre huele, pero los olores pueden ser más o menos intensos y más o menos agradables en función del proceso de gestión. El olor de un compost depende de su madurez y de la gestión del proceso. Los compost jóvenes que contienen materiales ricos en nitrógeno huelen a amoníaco, y se transformarán durante los procesos de maduración en un producto con olor a tierra de bosque. Los olores desagradables, como el de los “huevos podridos” o el del ácido butírico, son típicos de los procesos anaeróbicos mal controlados en la pila de compost. Los ácidos orgánicos se forman como resultado de la falta de oxígeno, y no pueden transformarse hacia adelante, lo que provoca la emisión de olores intensos y desagradables.

Evaluación del olor

Olor (marque con una dentro de la escala)

suave	Fuerte										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">10</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">10</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	insoportable
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<input type="checkbox"/> huele fermentado, <input type="checkbox"/> huele a amoníaco, <input type="checkbox"/> huele a huevo podrido (sulfuro H ₂ S), <input type="checkbox"/> mohoso, <input type="checkbox"/> como suelo de bosque, <input type="checkbox"/> muy suave, <input type="checkbox"/> el olor persiste a pesar de lavarse las manos, <input type="checkbox"/> olor estable, <input type="checkbox"/> otro olor:											

Figura 4.2. **Protocolo para registrar la evaluación del olor.**

4.2.3. Estructura del compost

El compost maduro producido en un proceso óptimo tiene una estructura desmenuzada y no hay material de partida reconocible, salvo algunos trozos de madera (**Figura 4.2, derecha**). La presencia de mucho material fibroso es una señal de que el compost no está suficientemente maduro (**Figura**

4.2, izquierda). Esto puede ocurrir si el contenido de humedad de la pila de compost era demasiado bajo, especialmente en la fase caliente. El amonio presente en la pila se perdería, por tanto, en forma de amoníaco, lo que conduciría a una escasez de Nitrógeno para los microorganismos y a una descomposición insuficiente, incluso cuando se disponga de agua. Cuando se aplica un compost tan fibroso, existe el riesgo de inmovilización del nitrógeno en el suelo.



Figura 4.3. **Compost fibroso (izquierda) y compost desmenuzado maduro (derecha).**

4.2.4. Prueba de rotura de madera

La prueba de rotura de la madera también permite caracterizar el grado de madurez del compost y el riesgo de inmovilización del nitrógeno en el campo tras su uso (**Figura 4.3**). La degradación de la madera comienza después de la fase de alta temperatura. Por lo tanto, se observa sólo una degradación menor de la madera en el compost joven, y una madera claramente atacada en el compost maduro. Si se aplica madera relativamente cruda a un suelo, los microorganismos responsables de su degradación inmovilizarán el nitrógeno disponible en el suelo para realizar la degradación. Por lo tanto, este nitrógeno no está disponible temporalmente para las plantas, lo que inhibe su crecimiento.



Figura 4.4.
Prueba de rotura de madera

- **Izquierda:** compost joven, en fase de calentamiento. Madera todavía dura, de color blanco a claro, y no se observan signos de degradación
- **Centro:** Compost al principio de la fase de maduración. La madera está ligeramente tierna, oscurecida en los márgenes y un poco grasienta
- **Derecha:** Compost maduro. La madera está tierna, la superficie de la fractura es oscura y los márgenes negros, y el agua se puede extraer fácilmente presionando el trozo de madera

4.2.5. Color del extracto de agua

Para realizar esta evaluación, se agitan 50 g de compost durante una hora en 500 ml de agua y luego se filtra el conjunto. Los compost jóvenes todavía tienen pequeñas moléculas de humus, que son solubles en agua, el extracto es de agua oscura. Durante los procesos de maduración, los microorganismos construyen moléculas grandes e insolubles en agua a partir de las moléculas pequeñas, el extracto es de agua clara.

4.3. Evaluación de la calidad del compost mediante pruebas biológicas o biotests en campo

La ventaja de los *biotests* es que las plantas responden a todos los aspectos de la calidad del compost y no sólo a algunos parámetros como los mencionados anteriormente. Los resultados de los biotests son visibles a simple vista y permiten una evaluación sencilla. Mediante la realización de biotests, el productor de compost/digestato desarrolla una relación diferente con el producto, lo que a menudo se traduce en una mejora de la calidad de los compost producidos.

Los *biotests* son una buena herramienta para las actividades de relaciones públicas y para permitir un diálogo constructivo con los usuarios del compost; además pueden realizarse fácilmente en la planta de compostaje misma.

Cada planta o vegetal reacciona de forma diferente a la calidad del compost, por lo que se sugiere realizar varias pruebas con la misma planta en paralelo, en función del problema. Estos *biotests* pueden hacerse de dos formas: Prueba abierta y cerrada con berro (evaluación general de la calidad), prueba de lechugas (evaluación general de la calidad), prueba de judías o frijoles en vaina (muestra si se ha producido una falta de oxígeno durante la maduración del compost), prueba de *ray grass* o ballica (indica el riesgo de inmovilización del nitrógeno por el compost).

A modo de ejemplo, se describen a continuación las pruebas abierta y cerrada con berro (**Figura 4.4**).



Figura 4.5. **Pruebas de fitotoxicidad para evaluar la compatibilidad de los compost con las plantas.**
Izquierda: prueba abierta de berros. **Derecha:** prueba de berros cerrada.

4.3.1. Prueba abierta con berro

La prueba abierta del berro no es muy sensible, y sólo los compost de mala calidad obtienen malos resultados con esta prueba. En esta prueba, se compara el crecimiento de los berros en macetas (\emptyset 10 cm) rellenas con tierra para macetas (control o referencia), y con mezclas de diferentes proporciones de tierra y compost, dejando también una con sólo compost. En las observaciones de crecimiento se puede concluir:

- **Crecimiento en el compost < 50% del crecimiento en el sustrato de referencia:** compost con baja compatibilidad con las plantas.
- **Crecimiento en el compost > 75% del crecimiento en el sustrato de referencia:** compost con buena compatibilidad con las plantas

4.3.2. Prueba cerrada con berro

La prueba del berro cerrado es muy sensible, porque las semillas de berro no sólo están en contacto con el compost, sino también con los gases que salen de este compost. Sólo los compost de alta calidad obtienen buenos resultados con esta prueba.

Para esta prueba, se llenan frascos de PVC (1 litro) hasta la mitad con tierra para macetas (control o referencia), y diferentes mezclas de tierra y compost, dejando una con sólo compost para comparar. Se siembran berros en ellas y, a continuación, se cierran las cajas herméticamente; luego se compara la longitud de las raíces en el compost y en la tierra para macetas comercial, así:

- **Crecimiento en el compost > 25% del crecimiento en el sustrato de referencia:** compost con compatibilidad media con las plantas.
- **Crecimiento en el compost > 75% del crecimiento en el sustrato de referencia:** compost con alta compatibilidad con las plantas.

5.

Elección del compost y su estrategia de aplicación*

Se necesitan diferentes requisitos de calidad en función de la utilización prevista del compost. Los usos previstos pueden clasificarse en cuatro grupos:

1. Compost para fertilizar los cultivos
2. Compost para mejorar la materia orgánica del suelo y su estructura
3. El compost para alimentar la vida del suelo y mejorar su supresión de enfermedades
4. El compost como componente de los sustratos de cultivo

Para tener éxito, el usuario del compost tiene que interactuar con el productor de compost para elegir el compost adecuado para la utilización prevista. El Cuadro 5.1 ofrece información general para ayudar al productor a elegir el compost adecuado.

Por supuesto, los distintos parámetros pueden interactuar, y los diferentes suelos y condiciones climáticas también pueden influir en las reacciones de los compost tras su aplicación. Es importante tener en cuenta estos puntos al realizar una evaluación general de la idoneidad del compost.

Cuadro 5.1. Evaluación de la idoneidad de un compost para diferentes objetivos de uso (Fuchs, J.)

Parámetro	Efecto de la fertilización	Efectos en la materia orgánica del suelo/estructura del suelo	Supresión de enfermedades	Componente del medio de cultivo
Color del compost				
▪ Mosaico de colores	--	--	--	--
▪ Color homogéneo	++	++	++	++
Olores				
▪ Amonio	+	-	-	--
▪ Mal olor (similar a un huevo podrido)	--	--	--	--
▪ Suelo de bosque	+	++	--	++
Estructura del compost				
▪ Muy fibroso	--	0	-	--
▪ Desmenuzada	++	++	+	++

--: no apropiado para este uso; 0: no relevante; ++: apropiado para este uso

*Ver documento "Guía para uso del compost en Costa Rica"

Parámetro	Efecto de la fertilización	Efectos en la materia orgánica del suelo/estructura del suelo	Supresión de enfermedades	Componente del medio de cultivo
Prueba de rotura de madera				
▪ Madera muy dura	--	-	0	--
▪ Madera ligeramente tierna	--	0	+	--
▪ Madera muy tierna	++	+	++	++
Temperatura del proceso				
▪ Higienización no alcanzada	-	-	--	--
▪ Higienización alcanzada	+	+	++	++
Contenido de metales pesados				
▪ Por arriba del límite	--	--	--	--
▪ Bajo límites legales	++	++	++	++
pH en extracto CaCl ₂ 0.01M 1:10 w:w				
▪ > 20 g KCleq/kg ST*	0	0	0	--
▪ 10-20 g KCleq/kg ST*	0	0	0	-
▪ < 10 g KCleq/kg ST*	0	0	0	++
Contenido de Nitrógeno mínimo N _{min} en extracto CaCl ₂ 0.01M 1:10 w:w				
▪ < 100 mg Nmin/kg ST*	--	0	-	--
▪ 100-160 mg Nmin/kg ST*	-	0	0	0
▪ > 160 mg Nmin/kg ST*	++	+	+	++
Prueba del berro abierto				
▪ < 50% de control	0	0	--	--
▪ 50-75% de control	0	0	0	--
▪ >75% de control	0	0	++	++
Prueba del berro cerrado				
▪ < 25% de control	0	0	0	--
▪ 25-50% de control	0	0	+	0
▪ >50% de control	0	0	++	++

--: no apropiado para este uso; 0: no relevante; ++: apropiado para este uso

6. **Conclusiones**

Para garantizar la producción de compost de calidad y su uso óptimo, es esencial aplicar un concepto eficaz de garantía de calidad. Este concepto no debe limitarse al proceso de compostaje en sí, sino que debe comenzar con el concepto de recolección de los residuos orgánicos y llegar hasta el uso de los compost producidos.

Esta guía debe ser la base para lograr este objetivo. Es importante que todo el personal de la planta de compostaje la conozcan, la entiendan y la apliquen diariamente.

La documentación de las diferentes operaciones y del seguimiento del proceso de compostaje es importante para la optimización continua del sistema.

Dr. Jacques G. Fuchs

FiBL

Anexo 1.

Toma de una muestra representativa de compost

Material

- 1 "sinfín" de 10 cm de diámetro y longitud mínima de 100 cm (con tornillo "sin fin" interno)
- 1 cubo o recipiente de plástico con bordes fuertes (para que se pueda golpear el sinfín para dejar caer el abono)
- 1 plástico grueso de 1,5m x 1.5m para mezclar las muestras de compost (alrededor de 0.5mm de grosor, pero flexible).

Procedimiento



Sobre la hilera o pila: Con el sinfín, hacer una sección transversal hasta el centro de la hilera cada 10-15 metros (dependiendo de la longitud de la hilera). Para pilas más pequeñas: hacer al menos 5 cortes por hilera.

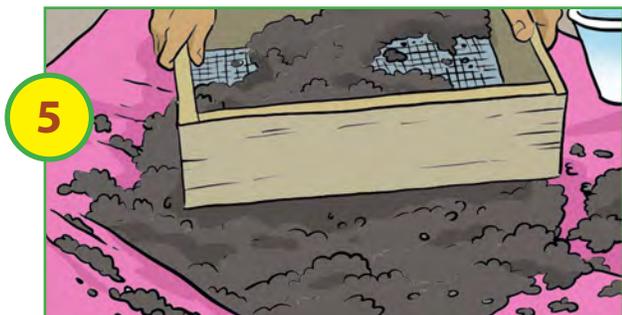
Toma de la muestra: Con el "sinfín", tomar una muestra profunda (hasta unos 80 cm) por cada 15 m³ de compost. Para pilas más pequeñas: tomar al menos 3 muestras.



Durante el tamizado: Tomar 1 muestra de 2 litros cada 15 m³. Para lotes más pequeños: tomar un mínimo de 3 muestras.



Extender el compost sobre la lámina de plástico y mezclar bien.



Para las pruebas biológicas: Tamizar el compost a 10 mm.



Tomar la cantidad necesaria de compost: 1 a 2 litros para análisis químicos, 10 a 12 litros para pruebas biológicas.



Colocar las muestras en bolsas permeables al aire o dejarlas abiertas. Marcar claramente las bolsas de muestra (fecha de muestreo, número de carga, edad del compost). No utilizar para marcar las muestras con trozos de papel colocados en la muestra (el papel se descompone rápidamente).



Las muestras deben analizarse rápidamente, ya que los valores como el nitrógeno mineral cambian rápidamente. Si el análisis no puede realizarse el mismo día que el muestreo, almacenar las muestras en un lugar fresco (4°C).

Sólo una muestra representativa, tomada según las sugerencias, puede dar resultados utilizables.



Ministerio de
**Agricultura,
Ganadería**
DE COSTA RICA

EIB
Escuela de
Ingeniería de
Biosistemas



REPIC
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

skat Swiss Resource Centre and
Consultancies for Development

**zh
aw**

FiBL