

Compostaje como práctica productiva sostenible para reducir residuos orgánicos y mejorar la fertilidad del suelo

Composting as a sustainable productive practice to reduce organic waste and improve soil fertility

⑩Clara García-Ramos*, ⑩Francisco Martínez-Rodríguez y ⑩Leamnet Sánchez-Pedroso

Instituto de Suelos, Autopista Costa-Costa km. 8 ½ y carretera Vento, Apdo. 8022, C.P 10 800.
 Capdevila, Boyeros. La Habana, Cuba. E-mail: fmartinezrodriguez0616@gmail.com, leamnetsanchezpedroso@gmail.com

*Autor para correspondencia: Clara García-Ramos, e-mail: claragarciar74@gmail.com

RESUMEN: El uso de compostas de calidad es fundamental para mejorar la fertilidad del suelo, optimizar el crecimiento de las plantas y promover la sostenibilidad agrícola. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de las compostas, mediante indicadores específicos, con el fin de realizar recomendaciones de uso y validar el proceso como una práctica productiva y sostenible en las áreas de intervención del proyecto ECOVALOR. Los resultados mostraron que los valores de pH (en agua) fueron adecuados [6,5-8,5] al igual que los contenidos de materia orgánica [>20%] y la conductividad eléctrica [<3.00 dS m⁻¹]. El índice de germinación, resultó superior a un 80 % en las compostas elaboradas con cachaza, por lo que no presentaron riesgos al ser aplicado en los agroecosistemas y por debajo de un 50 % en las compostas elaboradas con gallinaza, lo que indicó que la fase de maduración no concluyó. El índice del porcentaje de germinación residual normalizado resultó para ambas compostas superior a cero y el índice de elongación radical residual normalizado, resultó con valores de -0,5 a -0,75 en las compostas elaboradas con gallinaza, demostrando que las sustancias fitotóxicas presentes en el material no influyeron en la germinación pero sí en el crecimiento radical, por lo que se recomendó para su uso, la mezcla con otros materiales orgánicos de mejor calidad; la preparación de sustratos a partir de la mezcla con suelos o prolongar el proceso de maduración para la eliminación de los compuestos fitotóxicos.

Palabras clave: calidad, proyecto ECOVALOR, materia orgánica, economía circular.

ABSTRACT: The use of quality composts is essential to improve soil fertility, optimize plant growth, and promote agricultural sustainability. The objective of this study was to evaluate the quality of composts, using specific indicators, in order to make recommendations for use and validate the process as a productive and sustainable practice in the intervention areas of the ECOVALOR project. The results showed that the pH values (in water) were adequate [6.5-8.5], as were the organic matter contents [>20%] and electrical conductivity [<3.00 dS m⁻¹]. The germination rate was above 80% in composts made with filter cake, meaning they did not present risks when applied to agroecosystems, and below 50% in composts made with chicken manure, indicating that the maturation phase was not complete. The normalized residual germination percentage index was greater than zero for both composts, and the normalized residual root elongation index had values ranging from -0.5 to -0.75 in the composts made with chicken manure. This showed that the phytotoxic substances present in the material did not influence germination but did influence root growth. Therefore, it was recommended to mix the material with other higher quality organic materials; prepare substrates from the mixture with soil, or prolong the maturation process to eliminate the phytotoxic compounds.

Keywords: Quality, ECOVALOR Project, Organic Matter, Circular Economy.

INTRODUCCIÓN

El compostaje, ha sido descrito como un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas en el que intervienen numerosos y variados microorganismos. Con la adecuada humedad y temperatura, que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (Román

et al., 2013), que pasa por una etapa termófila dando al final como productos: CO₂, agua, así como, concluida la etapa de maduración, una materia orgánica estabilizada, madura, libre de organismos patógenos, parásitos y elementos germinativos como esporas y semillas y dispuesta para su empleo en la agricultura sin que provoque fenómenos adversos (NCh-2880., 2004).

Recibido: 10/02/2025

Aceptado: 02/07/2025

Conflicto de intereses: Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Author contributions: **Conceptualization:** C. García, F. Martínez. **Data curation:** C. García, F. Martínez. **Formal analysis:** C. García, F. Martínez. **Investigation:** C. García, F. Martínez, L. Sánchez. **Methodology:** C. García, F. Martínez. **Supervision:** C. García, F. Martínez.

Validation: C. García, F. Martínez. **Writing-original draft:** C. García, F. Martínez. **Writing-review & editing:** C. García, F. Martínez.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Este resulta uno de los métodos más utilizados para la adecuación de los residuos orgánicos con fines agrícolas según Ho et al. (2022) & Mahapatra et al. (2022) y lo convierte además en una práctica productiva sostenible que cumple con un doble propósito: minimizar y aprovechar una parte considerable de los desechos orgánicos contribuyendo a la economía circular y la obtención de portadores de materia orgánica (Sotomayor et al., 2019), los cuales son un insumo de alta demanda en los sistemas de producción agrícola, en especial en los urbanos, como factor importante para alcanzar la soberanía alimentaria (Grupo Nacional de Expertos de la Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar, 2024). En correspondencia con esta tecnología Martínez et al. (2023) consideran y avalan su importancia desde el punto de vista ecológico, económico y ambiental.

La incorporación de compost al suelo, ha sido considerada una práctica agrícola sostenible (Rosas-Martínez & Aguilar-Rivera, 2022 y Sotomayor et al., 2019) al mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas Cotrina-Cabello et al. (2020); Rosas-Martínez & Aguilar-Rivera (2022) y Martínez et al. (2023), reducir la erosión y promover el crecimiento de plantas más sanas y resistentes a enfermedades (Román et al., 2013). Por consiguiente, los suelos mejorados con compost de calidad incrementan la producción de alimentos (cosechas) y materias primas (madera) y por tanto aportan servicios ecosistémicos de abastecimiento que son valorados por la sociedad (Marañón & Madejón, 2016).

Marañón & Madejón (2016) comentan que la evaluación de los múltiples servicios ecosistémicos aportados por un suelo mejorado con compost, no solo en la producción de alimento, sino también en otros servicios intangibles relacionados con la calidad del aire y el agua, el reciclado de los residuos, la mitigación del cambio climático, o la mejora del paisaje, contribuyen a que la sociedad aprecie el valor del compost como pieza clave de la economía circular y fuente de bienestar.

Con relación a la calidad de las compostas, Ansorena et al. (2014) la definen como la capacidad o aptitud del compost, para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud humana. Los criterios de su evaluación, se basan en la medición de las características físicas (pH, evolución de la temperatura, humedad y granulometría), químicas (nivel y forma de los elementos minerales, metales pesados, contenido de materia orgánica, relación C/N) y biológicas (grado de fitotoxicidad) y depende en gran medida de las características de los materiales que se empleen en el proceso de elaboración.

En las áreas de intervención estudiadas, se practica la aplicación de compost para mejorar los suelos. Estos se elaboran a partir de cachaza y gallinaza, y su calidad determina en gran medida su impacto en el incremento de la producción de alimentos.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de las compostas, mediante indicadores específicos, con el fin de realizar recomendaciones de uso y validar el proceso como una práctica productiva y sostenible en las áreas de intervención del proyecto ECOVALOR.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras de las compostas, se realizó en dos Cooperativas de Crédito y Servicio (CCS), pertenecientes a los sitios de intervención del proyecto ECOVALOR. La CCS Antonio López Fernández, proporcionó la gallinaza compostada y la CCS Israel León, proporcionó la cachaza compostada. Ambas cooperativas, se ubican en los municipios Unión de Reyes y Jagüey Grande respectivamente, pertenecientes a la provincia Matanzas, Cuba.

Colecta de las compostas

En diferentes períodos de tiempo, se tomaron y analizaron muestras compuestas de 1 kg de masa (tres réplicas) de las compostas existentes en los sitios de intervención del proyecto ECOVALOR y fueron enviadas a los laboratorios de química y biología de suelos, pertenecientes al Instituto de Suelos del MINAG, para evaluar su calidad mediante los indicadores: pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica y grado de fitotoxicidad.

Conductividad eléctrica (mS.cm^{-1}) y pH (agua)

Se pesaron 10 gramos del material seco al aire y se colocó en un beaker de 100 ml, se adicionaron 50 ml de agua destilada y se agitó a intervalos regulares en el período de 1 hora. La lectura se realizó en un pHmetro conductímetro según Martínez et al. (2004).

Contenido de materia orgánica (%)

Se determinó el porcentaje de cenizas a partir de la calcinación de la muestra en una mufla a 550 °C durante 3 h, utilizando la fórmula (1):

$$\text{cenizas} = \frac{(B - A)}{M} * 100 * fch \quad (1)$$

donde:

A: peso constante del crisol a 550 °C;

B: peso constante del crisol + ceniza;

M: peso de la muestra seca al aire;

fch: factor de corrección de la humedad.

Por vía indirecta la materia orgánica se calculó mediante la fórmula:

$$\text{materia orgánica} = 100 - \text{cenizas} (\%)$$

según Martínez et al. (2004).

Descarte de la fitotoxicidad en el compost mediante la evaluación del Índice de Germinación [%] en semillas de rábano (*Raphanus sativum* Lin.)

Se prepararon extractos en proporción de 1:5 relación compostas: agua destilada. Se colocó sobre las placas Petri el papel de filtro de 0.45 µm y se añadió 10 ml de cada extracto sobre el papel de filtro, que contenían 10 semillas

de rábano (*Raphanus sativum* Lin.) y se comparó con el testigo (agua destilada). Una vez colocadas las semillas en las placas Petri, se mantuvieron en una cámara de germinación durante cuatro días a una temperatura constante de 25 °C.

Para el cálculo del índice de germinación (IG, [formula 2](#)), se siguió la metodología descrita por Tiquia (2000), citado por [Varnero et al. \(2007\)](#), teniendo en cuenta el porcentaje de germinación relativo (PGR, [formula 3](#)) y el crecimiento de la radícula relativo (CRR, [formula 4](#)).

$$IG = \frac{(PGR)*(CRR)}{100} \quad (2)$$

$$PGR = \frac{\text{No. de semillas germinadas en el extracto}}{\text{No. de semillas germinadas en el testigo}} * 100 \quad (3)$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de la radícula en el extracto}}{\text{Elongación de la radícula en el testigo}} * 100 \quad (4)$$

Y se tomó como criterio de interpretación para evaluar el índice de germinación la propuesta de Zucconi *et al.* (1981) citada por [Varnero et al. \(2007\)](#).

IG<50 % indica una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas;

IG entre 50-80 % indica fitotoxicidad moderada;

IG>80 % indica que no hay sustancias fitotóxicas o están en muy baja concentración.

Descarte de la fitotoxicidad en los abonos orgánicos mediante la evaluación de: índice del porcentaje de germinación residual normalizado y elongación radical residual normalizado en semillas de rábano (*Raphanus sativum* Lin.)

Adicionalmente, se calculan los índices del porcentaje de germinación residual normalizado (IGN, [formula 5](#)) y de elongación radical residual normalizado (IER, [formula 6](#)), de acuerdo con Bagur-González *et al.*, (2011) citado por [Rodríguez-Romero et al. \(2014\)](#):

$$IGN = \frac{\text{Germ extracto} - \text{Germ testigo}}{\text{Germ testigo}} \quad (5)$$

$$IER = \frac{\text{Elong extracto} - \text{Elong testigo}}{\text{Elong testigo}} \quad (6)$$

donde:

Germ extracto: porcentaje promedio de semillas germinadas en el extracto;

Germ testigo: porcentaje promedio de semillas germinadas en el testigo;

Elong extracto: longitud promedio de la radícula de las semillas germinadas extracto;

Elong testigo: longitud promedio de la radícula de las semillas germinadas en el testigo.

Ambos índices IGN e IER establecen valores de toxicidad que van desde -1 a > 0, bajo las siguientes categorías:

índice de 0 a - 0.25 baja toxicidad;

de - 0.25 a - 0.50 toxicidad moderada;

de - 0.50 a - 0.75 muy tóxico;

de - 0.75 a -1.0 toxicidad muy alta;

valores del índice > 0 indican crecimiento de la radícula u hormesis (Bagur-González *et al.* 2011) citado por [Rodríguez-Romero et al. \(2014\)](#).

El procesamiento estadístico realizado a los datos obtenidos en los análisis químicos y físico-químicos, se basó en el cálculo de estadígrafos descriptivos mediante la hoja de cálculo Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [tabla 1](#) se muestran los indicadores de calidad [pH, contenido de materia orgánica y conductividad eléctrica] evaluados en las compostas.

Los valores de pH (en agua) resultaron adecuados según los criterios expresados en la [NCh-2880 \(2004\)](#) y por [Román et al., \(2013\)](#) quienes establecen los rangos [5.0-8.5] y [6.5-8.5] en igual orden.

Este indicador, resultó similar a los alcanzados por [Barbaro et al. \(2019\)](#) al caracterizar un compost de ave de corral obteniendo el valor de 8.72, por [Delgado-Arroyo et al. \(2019\)](#) al evaluar el compostaje de residuos avícolas con mezclas de sustratos y obtener valores de 8.46 y por [Rosas-Martínez & Aguilar-Rivera \(2022\)](#) en compostas elaboradas con pollinaza con resultados de 7.70 y clasificándolos como aceptables y superiores a los alcanzados por [\(Sotomayor et al., 2019\)](#) al evaluar tres niveles de gallinaza y un tratamiento de fertilización químico en cuatro cultivares de papa, en municipio de Zinacantepec, Estado de México, indicando valores de 6.5.

En lo que respecta al compost de cachaza, los valores de pH resultaron parecidos a los reportados por [Sotomayor et al. \(2019\)](#) en compostas elaboradas con un 70 % de cachaza y 30 % de ceniza, reportando valores de 6.9.

En cuanto al contenido de materia orgánica, éstos resultaron adecuados [> 20%] según los criterios de la Norma Chilena [NCh-2880. \(2004\)](#) y [Román et al., \(2013\)](#). Éste indicador, resultó superior a los obtenidos por [Delgado-Arroyo et al. \(2019\)](#) y [Rosas-Martínez & Aguilar-Rivera \(2022\)](#) con valores finales de 22.32 % y [Rosas-Martínez & Aguilar-Rivera \(2022\)](#) con valores de 13,77%; ambos autores concluyeron que la composta presentó una calidad alta para su uso como sustrato en cultivos de interés agrícolas.

También [Rosas-Martínez & Aguilar-Rivera \(2022\)](#) han opinado acerca del efecto de las compostas de residuos avícolas sobre el desarrollo y crecimiento de los cultivos, al aportar nutrientes esenciales para las plantas. En ese mismo contexto, [Cotrina-Cabello et al. \(2020\)](#), tras evaluar el efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo agrícola en Purupampa Panao, Perú, demostraron que la gallinaza mejora de manera efectiva las propiedades químicas y aumentan las concentraciones de macronutrientes.

Tabla 1. Valores de pH, contenido de materia orgánica y conductividad eléctrica

Polígono de suelos, agua y bosques	Compost	pH (en agua)	Materia Orgánica	Conductividad Eléctrica
			%	mS.cm ⁻¹
“La Candelaria”, CCS Antonio López Fernández, municipio Unión de Reyes	Gallinaza	7.93±0.13 8.11±0.20	31.16±1.13 44.06±1.02	3.40±0.15 2.70±0.25
“Los Olivas”, CCS Israel León, municipio Jagüey Grande	Cachaza	7.30±0.86 7.90±0.50	37.87±2.01 43.35±0.50	0.25±0.25 0.19±0.30
Fuente: elaboración propia		6.69±0.75	32.38±0.25	0.11±0.20

Referente a la cachaza, el contenido de materia orgánica resultó semejante a lo informado por Sotomayor et al. (2019) quienes registran valores de 29.55 %.

Acerca de los efectos positivos de la aplicación de compostas de cachaza al suelo, Sotomayor et al. (2019) indicaron que poseen un elevado potencial como fuentes de energía y/o nutrientes para los cultivos ya que constituyen importantes fuentes de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. La presencia de estos nutrientes convierte a la cachaza en un recurso valioso para enriquecer el suelo y mejorar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos.

En lo que respecta a la conductividad eléctrica, los compost de cachaza y gallinaza fueron clasificados como clase A según los criterios de la Norma Chilena NCh-2880 (2004), con valores inferiores a 3.00 dS m⁻¹.

El compost de gallinaza presentó valores semejantes a los alcanzados por Barbaro et al. (2019) y Peñaloza-Monroy et al. (2019) quienes notifican 2.83 dS m⁻¹ y 2.66 dS m⁻¹ respectivamente y mencionan que valores mayores o iguales a 1 dSm⁻¹ podrían causar efectos nocivos en las plantas e inferiores a este valor, facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en los cultivos.

Descarte de la fitotoxicidad en los abonos orgánicos mediante la evaluación del Índice de Germinación [%] en semillas de rábano (*Raphanus sativum* Lin.)

Las semillas empleadas en el estudio para evaluar el % de Germinación cumplieron con los estándares establecidos por la FAO y AfricaSeeds, (2019) quienes señalaron, que una semilla de calidad debe presentar un porcentaje de germinación mayor o igual al 85 %; los resultados para este indicador al emplear como control el agua destilada, arrojó valores de un 93 % de semillas germinadas.

Esta especie, resulta apropiada para ser utilizada en la evaluación de los efectos tóxicos de ciertos compuestos químicos especialmente en el proceso de germinación, lo que ha sido explicado por Miguel et al. (2020).

En la Figura 1, se presenta el resultado de porcentaje promedio de semillas germinadas de *Raphanus sativum* Lin. para evaluar las compostas utilizadas en el estudio, y se observa que no influyen de manera negativa en la germinación de la semilla.

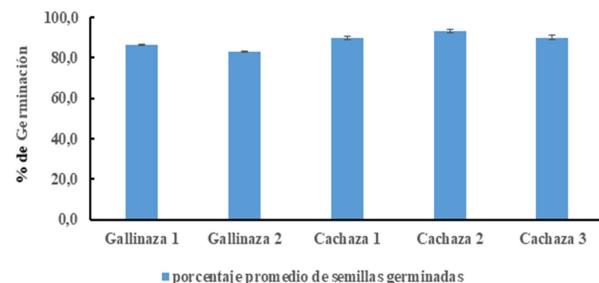


Figura 1. Porcentaje promedio de semillas germinadas de *Raphanus sativum* Lin. Fuente: elaboración propia.

Con respecto al índice de germinación (Figura 2) se observó que las compostas de cachaza no presentaron fitotoxicidad por lo que puede usarse sin que ocasionen efectos adversos sobre los cultivos. En cambio, las compostas de gallinaza presentaron un índice de germinación inferior al 50 % clasificándose según los criterios de Zucconi et al. (1981) citado por Varnero et al. (2007) con niveles elevados de fitotoxicidad. Esta condición probablemente se atribuye a que no se cumplió con la disciplina tecnológica del proceso de compostaje, lo que impidió que las compostas alcanzaran la fase de maduración completa. Estos resultados evidencian que la calidad y el manejo correcto del proceso son fundamentales para reducir la fitotoxicidad y garantizar un compost seguro y eficaz. También confirman la idoneidad de este método como una herramienta para la detección de fitotoxicidad en materiales compostados.

Román et al. (2013), comentaron sobre la importancia de la maduración y estabilización en las compostas para evitar que se generen efectos fitotóxicos sobre las semillas.

Al respecto, es opinión de los autores, que estas compostas para su uso agrícola requieren ser mezcladas con otros materiales orgánicos de mejor calidad o en la preparación de sustratos a partir de la mezcla con suelos.

En la Figura 3 se exponen los porcentajes de germinación residual normalizado y elongación radical residual normalizado en las semillas de *Raphanus sativum* Lin., ambos índices, permiten identificar el grado de toxicidad con valores que van desde -1 a > 0. Los valores negativos de estos índices determinan problemas de toxicidad de acuerdo a la siguiente escala:

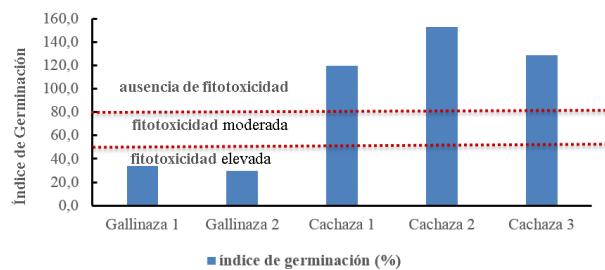


Figura 2. Índice de germinación en semillas de *Raphanus sativum* Lin. Fuente: elaboración propia.

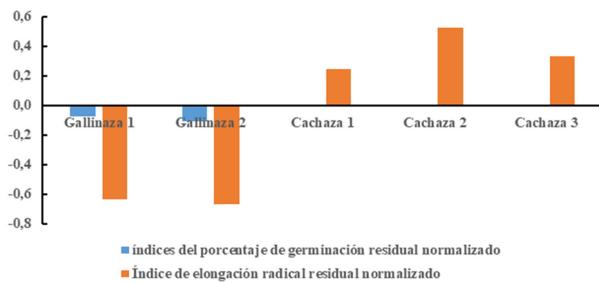


Figura 3. Índice del porcentaje de germinación residual normalizado y elongación radical residual normalizado en semillas de *Raphanus sativum* Lin. Fuente: elaboración propia

- de 0 a -0.25 baja toxicidad;
- de -0.25 a -0.5 toxicidad moderada;
- de -0.5 a -0.75 muy tóxico;
- de -0.75 a -1.0 toxicidad muy alta.

Los valores ≥ 0 indican crecimiento de la radícula u hormesis (Bagur-González *et al.*, 2011), citado por Rodríguez-Romero *et al.* (2014).

Se observó que la composta de cachaza no influyó de manera negativa en la germinación de esta especie, encontrándose valores de cero en el resultado obtenido de Índice del porcentaje de germinación residual normalizado, en cambio, la composta de gallinaza presentó una baja toxicidad al encontrarse valores desde 0 a -0.25.

Con relación al índice de elongación radical residual normalizado, este resultó superior a cero para el caso del compost de cachaza por lo que no presentó toxicidad, contrario sucedió con el compost de gallinaza, con valores de -0.5 a -0.75, lo que demostró que las sustancias fitotóxicas presentes en éste material influyeron en la germinación y en el crecimiento radical. Estos resultados coincidieron con los obtenidos en el Índice de Germinación (%), lo que reafirmó que este compost no concluyó la etapa de maduración.

Al respecto, Román *et al.* (2013) y Ansorena *et al.* (2014) comentaron acerca de los efectos fitotóxicos de un material orgánico y señalaron que son el resultado de una combinación de factores que incluyen metales pesados, alto contenido de sales, de amonio y compuestos químicos inestables como ácidos orgánicos que resultan tóxicos para las semillas y plantas.

CONCLUSIONES

- La reutilización de residuos avícolas y la cachaza a través del compostaje como alternativa sostenible, permite convertir estos residuos en portadores de materia orgánica con fines de uso agrícola, siempre y cuando se cumpla con los requisitos técnicos del proceso, que garantice un compuesto altamente estabilizado orgánicamente.
- Aunque las compostas obtenidas a partir de gallinaza y cachaza presentaron valores de pH, conductividad eléctrica y contenidos de materia orgánica adecuados, quedó demostrado que hay que perfeccionar la tecnología del proceso de compostaje para la gallinaza, especialmente su etapa de maduración, ya que los datos encontrados muestran un producto con deficiente estabilidad orgánica.
- Para el uso de las compostas obtenidas a partir de la gallinaza debe tenerse precaución por la posibilidad de influir en el cambio de pH de los suelos o sustratos.

RECOMENDACIONES

- Realizar la prueba de fitotoxicidad en abonos orgánicos con el fin de identificar la presencia de compuestos fitotóxicos que puedan afectar negativamente la salud de las plantas.
- Utilizar el compost de gallinaza en combinación con otros materiales orgánicos que permitan reducir posibles riesgos fitotóxicos.
- Prolongar el proceso de maduración del compost para asegurar la descomposición completa de compuestos fitotóxicos

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto ECOVALOR su patrocinio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ansorena, J., Batalla, E., & Merino, D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. Escuela Agraria Fraisoro, 1, 67.
- Barbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P., & Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 35(2), 126-136, ISSN: 0719-3890, Publisher: SciELO Chile.
- Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova-Mendoza, P., & Córdova-Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. Centro Agrícola, 47(2), 31-40, ISSN: 0253-5785, Publisher: 1977, Editorial Feijóo.
- Delgado-Arroyo, M. M., Mendoza-López, K. L., González, M. I., Tadeo-Lluch, J. L., & Martín-Sánchez, J.

- V. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(4), 965-977, ISSN: 0188-4999, Publisher: Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.15>.
- FAO & AfricaSeeds. (2019). Materiales para capacitación en semillas-módulo 3: control de calidad y certificación de semillas. Roma, 128 pp. <https://openknowledge.fao.org>
- Grupo Nacional de Expertos la Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar. (2024). Lineamientos de la Agricultura urbana suburbana y familiar para el período 2024 al 2028. 24 edición, enero 2024, Ministerio de la Agricultura. Cuba. 149 pp.
- Ho, T. T. K., Le, T. H., Tran, C.-S., Nguyen, P.-T., Vo, T.-D.-H., Thai, V.-N., & Bui, X.-T. (2022). Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 6, 1-11, ISSN: 2666-0164, Publisher: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100211>
- Mahapatra, S., Ali, M. H., & Samal, K. (2022). Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin. Energy Nexus, 6, 1-17, ISSN: 2772-4271, Publisher: Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100062>
- Marañón, T., & Madejón, E. (2016). Funciones del suelo y servicios ecosistémicos: Importancia de la materia orgánica. ISBN: 84-617-9214-9, Publisher: Red Española de Compostaje. <https://digital.csic.es>
- Martínez, F., Váldez, M., Bahamonde, A., Mena, M., & Peña, E. (2004). Manual de Técnicas de Análisis Químicos para el Humus de Lombriz. Agrinfor. MINAG, Instituto de suelos, La Habana Cuba.
- Martínez, F., García, C., & Forbes, T. (2023). Producción y uso del compost como contribución a la biodiversidad de los agroecosistemas. Minag. Cuba. ISBN 978-959-285-079-8.
- Miguel, M. M., Pliego, M. L., Robles, C., & Zárate, A. G. (2020). Fitotoxicidad de materiales compostados destinados para uso agrícola. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 7(2), 64-75, ISSN: 2007-9559.
- NCh-2880. (2004). Compost, clasificación y requisitos (pp. 27pp, [Norma Chilena NCh 2880].
- Peñaloza-Monroy, J., Reyes-Ramírez, A. K., González-Huerta, A., Pérez-López, D. J., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2019). Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(5), 1139-1149, ISSN: 2007-0934, Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rodríguez-Romero, A. J., Robles-Salazar, C. A., Ruiz-Picos, R. A., López-López, E., Sedeño-Díaz, J. E., & Rodríguez-Dorantes, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitordeo de la calidad del agua del río Chalma. Revista internacional de contaminación ambiental, 30(3), 307-316, 0188-4999, Publisher: Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- Román, P., Martínez, M. A. & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 122 pp. <https://www.fao.org>
- Rosas-Martínez, V., & Aguilar-Rivera, A., N. K. (2022). Compostaje para la reducción de excretas de aves (*Gallus gallus domesticus*). Revista Agronomía Mesoamericana, 33(1), 1-19.
- Rosas, V., Rodríguez, D. A., Llarena, R. C., Milanés, N. M., Rico, J. C., & Castañeda, O. (2021). Evaluación físico-química de composta de residuos avícolas y cachaza. Revista Agrociencia, 55: 291-302. DOI: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i4.2478>
- Sotomayor, C., Esquivel, C. M., Garnica, M. E., Rojas, Q. H. C., Ruiz, M., Sanzano, A., Quaia, E. A., Paz, D., & Abregú, M. (2019). Manejo sustentable de residuos de caña de azúcar: Elaboración y ejemplo de compost en suelos cañeros. Revista Avance Agroindustrial, 40(4), 14-18, ISSN: 2250-7906, Publisher: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Varnero, M. T., Rojas, C., & Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 7(1), 28-37, ISSN: 0718-2791, Publisher: SciELO Chile.