



*Características físicas de biomasa y proceso energético para la elaboración de compost de residuos de cultivo de durazno (*prunus persica*) para la sostenibilidad ambiental*

*Physical characteristics of biomass and energy process for the production of compost from peach (*prunus persica*) crop residues for environmental sustainability*

*Características físicas da biomassa e do processo energético para a produção de composto a partir de resíduos da cultura do pessegueiro (*prunus persica*) para a sustentabilidade ambiental*

Paul Marcelo Tacle-Humanante ^I

ptacle@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7850-6146>

Cristian Santiago Tapia-Ramírez ^{II}

cristians.tapia@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2104-5972>

John Oswaldo Ortega-Castro ^{III}

John.ortega@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8197-7371>

Sulaya Betsabé Bayancela-Delgado ^{IV}

sulaya.bayancela@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4589-5488>

Marco Vinicio Cepeda-Caguano ^V

marco.cepeda@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6973-8423>

Correspondencia: ptacle@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 12 de mayo de 2024 * **Aceptado:** 20 de junio de 2024 * **Publicado:** 24 de julio de 2024

- I. Ingeniero, PhD en Ciencias Técnicas, Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Grupo de Investigación y Transferencia de Tecnología en Recursos Hídricos (GITRH), Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster en Riego, Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Centro Experimental del Riego, Grupo de Investigación y Transferencia de Tecnología en Recursos Hídricos (GITRH), Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Energías Alternativas, Investigador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Centro Experimental del Riego, Grupo de Investigación de los Recursos Naturales (GIMAR), Riobamba, Ecuador.
- IV. Magíster en Ecología Mención Manejo de Recursos Naturales, Licenciada en Ciencias Biológicas, Licenciada en Turismo Ecológico, Tecnóloga Superior Guía Nacional de Turismo Mención Ecoturismo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Grupo de Investigación de los Recursos Naturales (GIMAR), Riobamba, Ecuador.
- V. Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Investigador independiente, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación detalla el proceso de compostaje de residuos de cultivo de durazno (*Prunus persica*) utilizando el método Indore. Se recolectaron más de 6000 kg de residuos orgánicos y se compostaron durante tres meses. La metodología incluyó la mezcla de residuos con materiales estructurantes y un control riguroso de la temperatura, humedad y aireación. Los resultados mostraron que el compost final tenía un 35.74% de materia orgánica, un pH de 8.73 y una conductividad eléctrica de 637 ms/cm, cumpliendo con las normas NTE INEN 221:1997. El estudio concluye que el compostaje de residuos de durazno es una estrategia viable para la sostenibilidad ambiental, ya que mejora la fertilidad del suelo y reduce la contaminación.

Palabras clave: Biomasa; Durazno; Sustentabilidad; Compost.

Abstract

The objective of this research work details the composting process of peach (*Prunus persica*) crop residues using the Indore method. More than 6000 kg of organic waste were collected and composted for three months. The methodology included mixing waste with structuring materials and rigorous control of temperature, humidity and aeration. The results showed that the final compost had 35.74% organic matter, a pH of 8.73 and an electrical conductivity of 637 ms/cm, complying with NTE INEN 221:1997 standards. The study concludes that composting peach residues is a viable strategy for environmental sustainability, as it improves soil fertility and reduces pollution.

Keywords: Biomass; Peach; Sustainability; Compost.

Resumo

O objetivo deste trabalho de investigação detalha o processo de compostagem de resíduos culturais de pessegueiro (*Prunus persica*) pelo método Indore. Mais de 6 mil kg de lixo orgânico foram recolhidos e compostados durante três meses. A metodologia incluiu a mistura de resíduos com materiais estruturantes e um controlo rigoroso da temperatura, humidade e aeração. Os resultados mostraram que o composto final apresentava 35,74% de matéria orgânica, um pH de 8,73 e uma condutividade elétrica de 637 ms/cm, cumprindo as normas NTE INEN 221:1997. O estudo conclui que a compostagem de resíduos de pêsego é uma estratégia viável para a sustentabilidade ambiental, uma vez que melhora a fertilidade do solo e reduz a poluição.

Palavras-chave: Biomassa; Pêssego; Sustentabilidade; Composto.

Introducción

Residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos también puede incluir el reciclaje y la recuperación de materiales, lo que contribuye a la conservación de recursos naturales y la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero. La gestión adecuada de los residuos sólidos es fundamental para minimizar su impacto ambiental, esto implica la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos, con el objetivo de reducir su volumen y minimizar su impacto en el medio ambiente (Shagui Miranda, 2022).

Los residuos sólidos pueden ser definidos como cualquier material, sustancia, objeto o cosa que ha sido desechado y que no tiene valor económico para su propietario original, estos son un importante problema ambiental debido a su volumen y contenido de sustancias tóxicas, que pueden contaminar suelo, agua y aire. (Archundia et al., 2017).

Manejo integral de los residuos sólidos

El manejo integral de los residuos sólidos es un enfoque que busca soluciones sostenibles y eficientes para la gestión de los residuos sólidos en su totalidad, desde su generación hasta su disposición final. (Andrés et al., 2018) A continuación, se presenta algunos conceptos:

El manejo integral de los residuos sólidos implica una visión holística de los residuos sólidos, que abarca desde la prevención de la generación de residuos hasta su gestión y disposición final (Aliaga, et al., 2017, p. 27), (Coacalla-Castillo et al., 2020a).

El manejo integral de los residuos sólidos es un proceso que implica la implementación de políticas, estrategias y prácticas que permitan reducir la cantidad de residuos generados, recuperar y valorizar los materiales reciclables, y tratar de manera adecuada los residuos no reciclables (Ruiz Morales, 2017).

Residuos Sólidos Orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos se refieren a los desechos de origen animal o vegetal que contienen carbono y se degradan naturalmente mediante procesos biológicos como el compostaje. A continuación, se presentan algunas citas bibliográficas que definen y describen este concepto:

Los residuos sólidos orgánicos son aquellos desechos que se generan a partir de la actividad humana y que contienen materiales biodegradables, como restos de comida, papel, cartón, jardinería y poda. (Mery Esperanza Ruiz Guajala et al., 2017a).

Los residuos orgánicos son aquellos que se generan a partir de la actividad humana y que contienen materia orgánica fácilmente degradables. Estos residuos pueden ser sometidos a procesos de compostaje para convertirlos en fertilizantes naturales para la agricultura.

Los residuos orgánicos son una fuente valiosa de nutrientes y energía que pueden ser recuperados y utilizados mediante procesos de reciclaje y compostaje. La gestión adecuada de estos residuos es esencial para reducir la contaminación ambiental y fomentar la economía circular. (Coacalla-Castillo et al., 2020b).

Los residuos sólidos orgánicos son residuos biodegradables de origen animal o vegetal, como restos de comida, hojas, ramas y hierba. Este tipo de residuos se descomponen naturalmente con el tiempo y pueden ser utilizados como materia prima para la producción de compost.

Tabla: Clasificación en los residuos sólidos.

Origen de los residuos sólidos orgánicos	Ejemplos
Residuos domésticos	Restos de comida, frutas, verduras, cáscaras de huevo, papel y cartón sucio, servilletas y papel de cocina, pañales de tela, etc.
Residuos comerciales	Restos de comida, envases de comida, papeles y cartones sucios, etc.
Residuos de jardinería y poda	Hojas, ramas, césped, flores, tierra, etc.
Residuos de la industria alimentaria	Restos de comida, cáscaras, huesos, etc.
Residuos de la agricultura	Paja, estiércol, residuos de cosecha, etc.

Compostaje

El compostaje es un proceso biológico que transforma la materia orgánica en un material estable, rico en nutrientes y libre de patógenos, el cual se utiliza como enmienda para el suelo en diferentes aplicaciones agrícolas, forestales y paisajísticas. Según Valdez et al. (2018), el compostaje es una técnica de reciclaje de residuos orgánicos que permite la producción de abono orgánico y la reducción de la cantidad de residuos destinados a rellenos sanitarios. Además, el compostaje se considera una tecnología sostenible y amigable con el medio ambiente, ya que reduce la emisión de gases de efecto invernadero y evita la contaminación del suelo y del agua. (JOHYS BUITRAGO VELANDIA, 2021).

El proceso de compostaje se lleva a cabo en condiciones controladas de humedad, temperatura y oxigenación, en el que los microorganismos descomponen los materiales orgánicos en dióxido de carbono, agua y una mezcla de compuestos orgánicos llamada compost. Es decir, el compostaje es un proceso de transformación de residuos orgánicos en abono orgánico mediante la acción de microorganismos en condiciones controladas, lo que permite reducir la cantidad de residuos destinados a rellenos sanitarios y mejorar la fertilidad del suelo. Además, el compostaje se considera una técnica sostenible y amigable con el medio ambiente al reducir la emisión de gases de efecto invernadero y prevenir la contaminación del suelo y del agua.

De esta manera el objetivo de esta investigación es evaluar las características físicas y energéticas de la biomasa para elaborar compost.

Materiales y métodos

Los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal del cantón Pallatanga fueron seleccionados los de origen vegetal, en los cuales existen elementos primarios como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, etc., que influyen dentro del proceso de la descomposición del compost. (Mery Esperanza Ruiz Guajala et al., 2017b).

Origen vegetal	Residuos Sólidos Orgánicos
Hortalizas y Verduras	Vainas (Haba, frejol, arveja), cebolla, choclo, lechuga, col, pimiento, tomate, etc.
Frutas	Mangos, guabas, fresas mandarinas, manzanas, bananas, limones, piña, sandia, etc.

(MARCO VINICIO CEPEDA CAGUANO, 2023)

CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS						
Días que los desechos se acumularon: sábado y domingo Realizado por: Marco Cepeda					Fecha inicio: 9 de octubre 2022 Fecha final: 27 de noviembre 2022	
Número de Semanas	Residuo Orgánico	Masa (Kg)	Porcentaje (%)	Porcentaje Total (%)	Masa Total (Kg)	Observaciones
Semana 1 9 de octubre 2022	Verduras y hortalizas	571.88	80	100	714.85	No se encontró residuos de plástico, cartón, otros.
	Frutas	142.97	20			
Semana 2 16 de octubre 2022	Verduras y hortalizas	559.64	77	100	726.80	
	Frutas	167.16	23			
Semana 3 23 de octubre 2022	Verduras y hortalizas	640.06	73	100	876.80	
	Frutas	236.74	27			
Semana 4	Verduras y hortalizas	632.16	75	100	842.88	

30 de octubre 2022	Frutas	210.72	25			Se encontró poco residuo de plástico.	
Semana 5 6 de noviembre 2022	Verduras y hortalizas	558.43	72	100	775.60		
	Frutas	217.17	28				
Semana 6 13 de noviembre 2022	Verduras y hortalizas	528.67	71	100	744.60	La reducción de residuos es debido a que otras personas recogen los residuos como alimento de los animales por la temporada de verano.	
	Frutas	215.93	29				
Semana 7 20 de noviembre 2022	Verduras y hortalizas	522.71	79	100	661.66		
	Frutas	138.95	21				
Semana 8 27 de noviembre 2022	Verduras y hortalizas	528.53	77	100	686.40		
	Frutas	157.87	23				
TOTAL				100	6029.59		

Resultados y discusión

En la siguiente tabla se describe los diferentes residuos sólidos orgánicos de origen vegetal, que son generados en el mercado municipal del cantón Pallatanga, los mismos que fueron recolectados para la elaboración del compost.

Tabla: Residuos sólidos orgánicos recolectados en el mercado municipal.

Origen vegetal

Hortalizas y
Verduras

Frutas

Residuos Sólidos Orgánicos

Vainas (Haba, frejol, arveja), cebolla, choclo, lechuga, col, pimiento, tomate de árbol, etc.

Mangos, guabas, duraznos, fresas mandarinas, manzanas, bananas, limones, piña, sandía, etc.

N.° Pilas Componentes	Octubre				Noviembre				Total (Kg)
	P1(kg)	P2(kg)	P3(kg)	P4(kg)	P5(kg)	P6(kg)	P7(kg)	P8(kg)	Componentes
Origen animal									
Estiércol de cuy		138.39	62.80	53.80					254.99
Origen Vegetal									
Residuos Sólidos Orgánicos (Legumbres, hortalizas y frutas)	714.85	726.80	876.80	842.88	775.60	744.60	661.66	686.40	6029.59
Rastrojo de leguminosas (Paja seca de frejol)	109.40	99.26	105.2	70	25.2				409.06
Aserrín					15	12.40	15.40	14	56.80
Total (Kg) por Pila de compost	824.25	964.45	1044.8	966.68	815.8	757	677.06	700.4	6750.44
Promedio	950.045 kg				737.57 Kg				

Características Físicas del compost de residuos del Durazno y otras frutas

Abono compost	Parámetros	Resultado	Unidad	Técnica Analítica
Muestra 1	Potencial de Hidrogeno (pH)	9.13		Potenciométrico
	Conductividad eléctrica (CE)	7.04	ms/cm	Potenciométrico
	Nitrógeno total (N)	1.35	%	Digestión Kjeldahl
	Fosforo (P)	0.024	%	Colorimétrico
	Potasio (K)	1.21	%	Absorción Atómica
	Calcio (Ca)	3.64	%	Absorción Atómica
	Magnesio (Mg)	1.77	%	Absorción Atómica
	Materia Orgánica (M.O)	36.20	%	Walkey y Black
	Cobre (Cu)	10	Ppm	Absorción Atómica
	Manganeso (Mn)	35	Ppm	Absorción Atómica
	Zinc (Zn)	12	Ppm	Absorción Atómica

Realizado por: Cepeda, M. 2023.

(Vázquez-Cuecuecha et al., 2023)

Conductibilidad eléctrica del compost de los residuos de las frutas

Abono Compost	pH	Conductividad eléctrica (ms/cm)	Nitrógeno (N) %	Fosforo (P) %	Potasio (K) %	Calcio (Ca) %	Magnesio (Mg) %	Materia Orgánica %	Cobre (Cu) ppm	Manganeso (Mn) ppm	Zinc (Zn) ppm
Muestra 1	9.13	7.04	1.35	0.024	1.21	3.64	1.77	36.2	10	35	12
Muestra 2	8.93	7.01	1.36	0.024	1.22	3.66	1.79	36.19	11	35	13
Muestra 3	8.14	5.07	1.38	0.027	1.14	3.8	1.84	34.86	13	12	15
PROMEDIO	8.73	6.37	1.36	0.03	1.19	3.70	1.80	35.75	11.33	27.33	13.33

Realizado por: Cepeda, Marco. 2023

(Rojas Gonzalez & Flórez Montes, 2019)

Cuantificación de fibra para producción de electricidad

Producción de vapor estimada	Fibra + cascaras+ 30% raquis	21.42	24.99	27.13	28.56
	Fibra+Cascaras	17.87	20.85	22.64	23.83
	Cascaras	6.92	8.07	8.77	9.23
	Fibras	10.93	12.75	13.84	14.57
	Tusas	10.67	12.45	13.52	14.23
Disponibilidad de biomasa para generación	Fibra + cascaras+ 30% raquis	7.43	8.67	9.41	9.91
	Fibra+Cascaras	5.21	5.21	6.60	6.95
	Cascaras	1.53	1.79	1.94	2.04
	Fibras	3.68	4.29	4.66	4.91
	Tusas	6.75	7.88	8.55	9.00
	Producción de RFF (Ton/h)	30 35	38	40	
Producción de energía 23.8 Kg/KW Turbo Shinko)					
Producción de electricidad hora KW	Fibra + cascaras+ 30% raquis	893	1042	1131	1191
	Fibra+Cascaras	744	868	942	992
	Cascaras	288	336	365	384
	Fibras	456	532	578	608
	Tusas	445	519	564	593
Potencia de generación ton vap/hr	Fibra + cascaras+ 30% raquis	21.42	24.99	27.13	28.56
	Fibra+Cascaras	17.85	20.83	22.61	23.8
	Cascaras	6.92	8.07	8.77	9.23
	Fibras	10.93	12.75	13.84	14.57
	Tusas	10.67	12.45	13.52	14.57
	Producción de RFF (Ton/h)	30	35	38	40

(Torres Pérez & Quintero López, 2019)

Utilización del compost para la sustentabilidad

Según su composición y sus características, el compost puede tener diferentes usos. Cuando el compost muestra contenidos relativamente altos de metales pesados, puede utilizarse en parques y jardines urbanos, pero si se presenta cierto exceso de sales se puede utilizar con las debidas precauciones en la recuperación de suelos degradados. Aunque, es variable el grado de salinidad que puede presentar un compost, siempre está dentro de unos niveles que no revisten riesgo aparente de salinización para el suelo; no obstante, el nivel en sodio no deberá sobrepasar el límite del 0,5% sobre su contenido total de materia seca.(William et al., 2011).

Si el compost contiene buenos nutrientes y materia orgánica, y no presenta las contraindicaciones anteriores, se puede utilizar como abono en los cultivos para la alimentación humana o animal. Y si tiene unas propiedades físicas adecuadas, puede utilizarse como sustituto parcial de las turbas y como abono en el cultivo de plantas ornamentales, aun cuando muestre un contenido de metales pesados relativamente elevado. (Silvia Silva Laya & Simón Pérez Martínez, 2010).

Conclusiones

Se plantea las siguientes conclusiones:

- Se elaboró compost a partir de 6750.44 kg de materia orgánica. Para el proceso se aplicó el método Indore como un sistema que está basado para trabajar con volúmenes altos de materia orgánica en un tiempo de descomposición de 3 meses. Finalizado el proceso de compostaje se obtuvo 1173.38 kg de compost tamizado
- Las características físicas del compost y el poder calórico, análisis físico químico y microbiológico en la cual se obtuvo 35.74 % de materia orgánica, pH de 8.73 y una conductividad eléctrica de 6,37ms/cm, son los parámetros más representativos que cumple con la normativa NTE INEN 221: 1997 y el manual del INIAP número 89, hacen factible el uso de los residuos del durazno como materia prima.

Referencias

1. Andrés, C., Rojas-González, F., Ciliana Flórez-Montes, I., Diego, I., & López-Rodríguez, F. (2018). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales.
2. Archundia, D.-, Verónica, L., & Otoniel, B.-D. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero en dos sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México.
3. Coacalla-Castillo, C. E., Cabrera, J. P., Nicanor, A., & Orellana, S. (2020a). Indicadores de gestión en el manejo integral de residuos sólidos de la municipalidad de Aymaraes. <http://orcid.org/0000-0002-6076-1800><http://orcid.org/0000-0002-0837-0079><http://orcid.org/0000-0001-7631-3765><http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/554/1617>
4. Coacalla-Castillo, C. E., Cabrera, J. P., Nicanor, A., & Orellana, S. (2020b). Indicadores de gestión en el manejo integral de residuos sólidos de la municipalidad de Aymaraes. <http://orcid.org/0000-0002-6076-1800><http://orcid.org/0000-0002-0837-0079><http://orcid.org/0000-0001-7631-3765><http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/554/1617>
5. JOHYS BUITRAGO VELANDIA. (2021). ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE BIOENERGÍA A PARTIR DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN SABANA CENTRO.

6. MARCO VINICIO CEPEDA CAGUANO. (2023). PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO MUNICIPAL DE PALLATANGA COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE COMPOST.
7. Mery Esperanza Ruiz Guajala, Elsy Marcela Álvarez Jimenez, & Hermel David Ortíz Román. (2017a). MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN LOS PRINCIPALES BARRIOS DE UN GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL.
8. Mery Esperanza Ruiz Guajala, Elsy Marcela Álvarez Jimenez, & Hermel David Ortíz Román. (2017b). MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN LOS PRINCIPALES BARRIOS DE UN GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL.
9. Rojas Gonzalez, A. F., & Flórez Montes, C. (2019). Valorización de residuos de frutas para combustión y pirólisis. *Revista Politécnica*, 15(28), 42–53. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a4>
10. Ruiz Morales, M. (2017). Contexto y evolución del plan de manejo integral de residuos sólidos en la universidad iberoamericana ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2), 337–346. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.14>
11. Shagui Miranda, D. G. (2022). Optimización de rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos del centro cantonal Taisha en la Provincia de Morona Santiago.
12. Silvia Silva Laya, & Simón Pérez Martínez. (2010). Sustentabilidad de fincas productoras de durazno en El Jarillo, Estado Miranda, Venezuela.
13. Torres Pérez, C. I., & Quintero Lopez, L. A. (2019). Análisis de residuos sólidos de palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energías renovables en el departamento del Cesar. *Ingenierías USBMed*, 10(1), 8–18. <https://doi.org/10.21500/20275846.3662>
14. Vázquez-Cuecuecha, O. G., García-Gallego, E., & Chávez-Gómez, J. A. (2023). Physical and chemical characterization of the fruits of three varieties of *Prunus persica* L. Batsch in Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(5), 90–99. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i5.3197>

15. William, J., Vargas, P., Adarraga Buzón, J., Aguas Vergara, D., & Molina, E. (2011). Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido Reduction of Organic Waste in Colombia Through the Liquid Compost.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).