

**PLUMAS Y RESIDUOS LOCALES, UNA  
ALTERNATIVA PARA MEJORAR  
LA CALIDAD DEL COMPOST Y  
SUELOS EN EL TRÓPICO PERUANO**



# PLUMAS Y RESIDUOS LOCALES UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL COMPOST Y SUELOS EN EL TRÓPICO PERUANO

## COLECCIÓN RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

Primera Edición 2021 Vol. 1

**Editorial EIDEC**

Sello Editorial EIDEC (978-958-53018)

NIT 900583173-1

**ISBN:** 978-958-53472-0-5

**Formato:** Digital PDF (Portable Document Format)

**DOI:** <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

**Publicación:** Colombia

**Fecha Publicación:** mayo 2021

**Coordinación Editorial**

Escuela Internacional de Negocios y Desarrollo Empresarial de Colombia – EIDEC

Universidad Nacional Agraria de la Selva

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

**Revisión y pares evaluadores**

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

**Entidad Financiadora**

Universidad Nacional Agraria de la Selva



*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*

ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



## **Coordinadores editoriales**

Ing. Nelino Florida Rofner  
**Universidad Nacional Agraria de la Selva**

Roxana Pinilla Duarte  
**Editorial EIDEC**

Dr. Cesar Augusto Silva Giraldo  
**Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET – Colombia.**

Dr. David Andrés Suárez Suárez  
**Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES – Colombia.**

El libro **PLUMAS Y RESIDUOS LOCALES UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL COMPOST Y SUELOS EN EL TRÓPICO PERUANO**, está publicado bajo la licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>). Esta licencia permite copiar, adaptar, redistribuir y reproducir el material en cualquier medio o formato, con fines no comerciales, dando crédito al autor y fuente original, proporcionando un enlace de la licencia de Creative Commons e indicando si se han realizado cambios.

**Licencia: CC BY-NC 4.0.**

**NOTA EDITORIAL:** Las opiniones y los contenidos publicados en el libro **PLUMAS Y RESIDUOS LOCALES UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL COMPOST Y SUELOS EN EL TRÓPICO PERUANO**. Son de responsabilidad exclusiva de los autores; así mismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado por parte de la **Editorial EIDEC** y la entidad financiadora de la publicación **Universidad Nacional Agraria de la Selva**.

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

**Eidéc**  
EDITORIAL

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



# PLUMAS Y RESIDUOS LOCALES UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL COMPOST Y SUELOS EN EL TRÓPICO PERUANO<sup>1</sup>

## FEATHERS AND LOCAL WASTE AN ALTERNATIVE TO IMPROVE COMPOST AND SOIL QUALITY IN THE PERUVIAN TROPIC

Nelino Florida Rofner<sup>2</sup>

José Dolores Levano Crisostomo<sup>3</sup>

Daniel Trigoso Becerril<sup>4</sup>

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Derivado de los proyectos de investigación: “Potencial de las plumas de pollo (*Gallus domesticus*) como insumo en la producción de compost” y del proyecto “Efecto del compost de plumas en la reducción del cadmio disponible en suelo y almendras de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.), en Nuevo Progreso – Padre Abad”.

<sup>2</sup> Ing. Conservación de suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Dr. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Profesor Asociado Investigador, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: nelinof@hotmail.com.

<sup>3</sup> Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina. M Sc. Suelos, Universidad Nacional Agraria La Molina. Profesor Principal, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: joselevano@hotmail.com

<sup>4</sup> Bach. Conservación de Suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Asesor de la “Asociación de productores de arroz del valle del Shanusi, Yurimaguas Perú”. correo electrónico: datrube82@hotmail.com

<sup>5</sup> Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. [www.rediees.org](http://www.rediees.org)

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>COMPOST</b> .....	<b>16</b>
Consideraciones Generales.....	16
Diseño de pilas en pequeñas fincas .....	18
Normas técnicas de calidad. ....	21
<b>PLUMAS DE POLLO BROILER</b> .....	<b>26</b>
Características estructurales .....	26
Plumas como insumo en la producción del compost.....	28
Efectos del compost de plumas en la calidad del suelo.....	32
<b>RESIDUOS COMPOSTABLES EN EL TRÓPICO PERUANO</b> .....	<b>35</b>
Residuos compostables.....	35
Pulpa de café.....	36
Escobajo de palma .....	37
Residuos de plátano .....	39
Cáscara de cacao.....	40
<b>LOS MICRORGANISMOS EFICIENTES (EM)</b> .....	<b>42</b>
EM en el proceso de compostaje .....	42
Preparación de los EM.....	45
<b>CONSIDERACIONES FINALES</b> .....	<b>50</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>51</b>
<b>CONFLICTO DE INTERESES</b> .....	<b>52</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>53</b>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



# PLUMAS Y RESIDUOS LOCALES UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL COMPOST Y SUELOS EN EL TROPICO PERUANO

## FEATHERS AND LOCAL WASTE AN ALTERNATIVE TO IMPROVE COMPOST AND SOIL QUALITY IN THE PERUVIAN TROPIC

Nelino Florida Rofner, José Dolores Levano Crisostomo, Daniel Trigo Becerril.

### RESUMEN

Las regiones tropicales del Perú son importantes productores de cacao, café, palma aceitera y plátano, con manejo orgánico que utiliza compost producido con diferentes residuos y baja calidad. Frente a este problema, las plumas de pollo broiler (*Gallus domesticus*) que resultan del beneficio en plantas artesanales, se perfila como insumo alternativo para mejorar la calidad del compost y los suelos agrícolas. Por ello, el objetivo del libro es mostrar el potencial de las plumas del pollo broiler y otros insumos locales para mejorar la calidad del compost y de suelos con manejo orgánico en las regiones tropicales del Perú.

La metodología consistió en sistematizar los resultados de las investigaciones desarrolladas por el primer autor y una búsqueda de información complementaria de libre acceso, sobre residuos locales con potencial para mejorar integralmente la calidad del compost, en las principales bases de datos: Scielo, Redalyc, Web of Science y Scopus, la búsqueda se realizó restringiendo los resultados con las palabras clave: plumas, compost, producción de compost, calidad del compost y efectos del compost.

Las investigaciones revelan que las plumas de pollo tienen gran capacidad para mejorar la calidad del compost y los suelos, también, se tienen otros insumos que podrían combinarse y mejorar la eficiencia del compost en un proceso de producción. En conclusión, las plumas de pollo mejoran los niveles de nitrógeno en el compost y muestran gran potencial para reducir Al tóxico en suelos tropicales ácidos y los residuos como escobajo de palma, pulpa de café y residuos de plátano pueden elevar los niveles de Ca, Mg, P y K, así, obtener integralmente un compost de alta calidad.

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

## ABSTRACT

The tropical regions of Peru are important producers of cocoa, coffee, oil palm and banana, with organic management that uses compost produced with different residues and low quality. Faced with this problem, the feathers of broiler chicken (*Gallus domesticus*) that result from the benefit in artisanal plants, is emerging as an alternative input to improve the quality of compost and agricultural soils. Therefore, the objective of the book is to show the potential of broiler chicken feathers and other local inputs to improve the quality of compost and soils with organic management in the tropical regions of Peru.

The methodology consisted of systematizing the results of the investigations developed by the first author and a search for complementary information of free access, on local waste with the potential to comprehensively improve the quality of the compost, in the main databases: Scielo, Redalyc, Web of Science and Scopus, the search was carried out by restricting the results with the keywords: feathers, compost, compost production, quality of compost and effects of compost.

Research reveals that chicken feathers have great capacity to improve the quality of compost and soils, also, there are other inputs that could be combined and improve the efficiency of compost in a production process. In conclusion, chicken feathers improve nitrogen levels in compost and show great potential to reduce toxic Al in acidic tropical soils and residues such as palm stalk, coffee pulp and banana residues can raise Ca, Mg levels, P and K, thus, obtain a high-quality compost in its entirety.

**PALABRAS CLAVE:** calidad del suelo, compost de plumas, materiales compostables pollo broiler, trópico peruano.

**Keywords:** soil quality, feathers compost, compostable materials, broiler chicken, peruvian tropics.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo la producción y consumo de pollo broiler ha mostrado tendencias de crecimiento sostenido, especialmente en países Latino Americanos, en el caso peruano la producción de carne creció en promedio 7 % en los últimos 10 años, y al 2017 se ha producido 1 464 548. 00 toneladas de carne de pollo (Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, 2018); esto, generó 90 642.6 miles de toneladas anuales de plumas en Perú (Florida, 2019).

Los avances tecnológicos permiten ser más eficientes en el proceso de producción, sin embargo, estos avances no han logrado sustituir las plantas de beneficio artesanal y los pequeños sistemas de comercio de aves vivas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2019), situación que permanece en casi todos los países de la región, solo en Perú el 85 % se comercializa como ave viva (Bueno et al., 2017), trasladando el pollo de la capital hacia las provincias y zonas rurales donde se beneficia de manera artesanal e informal cuyos residuos se transforman en contaminantes del ambiente al no tener una disposición segura (Hernández et al., 2013; Benítez et al 2014; Ramos & Terry 2014; Cun & Álvarez, 2017; Florida & Reategui, 2019; Florida, 2019).

Paralelamente, los cultivos en nuestro país, bajo criterios de producción orgánica también muestran crecimiento sostenido (Bailón & Florida, 2021), convirtiéndose en el segundo exportador mundial de café orgánico, que es el primer producto agrícola peruano de exportación, y el séptimo país exportador de café a nivel mundial y representan 6 % del área agrícola nacional, mientras que la región Huánuco es el séptimo productor a nivel nacional. Además, el segundo cultivo más importante en la región es el de cacao que a nivel nacional, al 2018 ocupa el quinto lugar en extensión de este cultivo (MINAGRI, 2019a), del cual el 75 % es calificado cacao fino o de aroma, por lo que, en 2018 se posicionó como segundo productor de cacao orgánico a nivel mundial (MINAGRI, 2019b). Además, en la región destacan la producción de palma aceitera y plátano, todos, con gran aporte de residuos y gran potencial contaminante que requiere alternativas de aprovechamiento, y el compostaje es la más viable.

De acuerdo con los cálculos de Florida (2019), los residuos del beneficio del pollo representan 15.82 % del peso vivo, de ellos, 7.27 corresponden a vísceras, 5.21 a plumas y 3.24 a sangre. Además, con base al crecimiento en la producción y demanda de pollos (FAO,

2013; MINAGRI, 2018), los 5.21 % de plumas representa una cantidad que garantiza su disponibilidad como insumo potencial para diversos usos (Hernández et al., 2013; Benítez et al 2014; Cabrera et al., 2018) y en la elaboración de bioabonos como el compost (Florida, Reategui & Pocomucha, 2016; Florida & Reategui, 2019; Florida, 2019).

Las plumas pueden usarse en el compostaje, es una alternativa económica y ambiental para disponer este residuo de manera segura y mejorar sustancialmente la calidad del compost, especialmente nitrógeno (Florida & Reategui, 2019). Considere que las plumas de pollos a pesar de su complejidad estructural y resistencia a la biodegradación (Riffel & Brandelli, 2006, Benítez et al 2014; Quintero et al., 2017), es un excelente residuo por su elevado contenido de proteínas, fibras, materia orgánica, nitrógeno y otros componentes nutricionales, y su resistencia a la biodegradación es contrarrestada con tecnología microbiana (aplicación de EM) en el proceso de compostaje (Naranjo, 2017; De la Cruz, 2018; Alvarez et al., 2019; Florida & Reategui, 2019; Florida, 2019). Sin embargo, se encontró evidencia que las plumas no aportan suficiente Ca, Mg, P y K (Florida & Reategui, 2019).

Frente a esto, en la región Huánuco y otras regiones ubicadas en la zona oriental sub tropical del Perú (San Martín, Ucayali, Madre de Dios y parte de Loreto, Amazonas, Junín, etc.) existen otros residuos vegetales con capacidades para elevar los niveles de estos nutrientes entre ellos: la pulpa de café mejora los niveles de P, Ca y K, la cascara de plátano mejora el K (Vásquez et al., 2010; Florida, Reategui & Pocomucha, 2016), escobajo de palma los niveles de MO, N, Ca y K (Torres, Álvaro & Chinchilla, 2004; Florida, Reategui & Pocomucha, 2016), estos residuos utilizados en proporciones adecuadas pueden mejorar integralmente la calidad del compost.

En general, la aplicación del compost en diferentes etapas de un proceso productivo conduce a cambios positivos en la calidad del suelo, mejorando tanto indicadores físicos, químicos como biológicos (López et al., 2007; Orozco et al., 2016; Abreu et al., 2018;), sean cultivos en terrenos secos como en suelos inundados como el arroz (Alvarez, Daza & Mendoza, 2008; Li et al., 2011; Liqun et al., 2014). Sin embargo, su baja concentración de nutrientes reduce su eficiencia fertilizante y eleva los costos de producción, aspecto defendido por el manejo convencional (Alvarez, Daza & Mendoza, 2008).

En este contexto, el propósito de este libro es mostrar el potencial de las plumas de pollo broiler para mejorar la calidad del compost y la calidad de los suelos con manejo orgánico, así como analizar alternativas de mejora integral del compost a base de otros residuos disponibles en el trópico peruano.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Desde el punto de vista metodológico, este libro sistematiza los resultados de las investigaciones de los autores y realiza una revisión de literatura actualizada sobre el tema. Con respecto a las investigaciones sobre la producción de compost a base de plumas de pollo broiler y su efecto en el suelo, es investigado a través de los proyectos aprobados por la Universidad Nacional Agraria de la Selva:

- a) Potencial de las plumas de pollo (*Gallus domesticus*) como insumo en la producción de compost; desarrollada en Naranjillo, en la Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.
- b) Efecto del compost de plumas en la reducción del cadmio disponible en suelo y almendras de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.); desarrollado en Nuevo Progreso, provincia Padre Abad, región Ucayali

Los resultados de estos proyectos fueron debidamente informados a la universidad y publicados:

- a) Florida, R. N. & Reategui, D. F. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*), *Livestock Research for Rural Development, Volume 31, Article #11*.
- b) Florida, R. N., Levano, C. J. D., & Jacobo, S. S. (2020). Effect of feather compost on soil chemical indicators in CCN-51 cocoa plantation (*Theobroma cacao* L.), *Producción + Limpia*, 15(1): 25-34.

A partir de ellos, se sistematizan los resultados en los primeros apartados de este libro y se citan en las secciones siguientes. Además, se realizó una búsqueda de información complementaria de libre acceso en las principales bases de datos: Scielo, Redalyc, Web of Science y Scopus, artículos de libre acceso, enfocándose en el tema compost de plumas

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

realizados en zonas tropicales, en los principales países productores de cacao, café y otros cultivos con manejo orgánico, como Perú, Colombia, Ecuador, Brasil, etc. La búsqueda se realizó restringiendo los resultados con las palabras clave: plumas, compost de plumas, producción de compost, calidad del compost, materiales compostables y efectos del compost.

Se identifica que el tema es tratado principalmente en las revistas: Livestock Research for Rural Development, Cultivos Tropicales, Scientia Agropecuaria, Ciencia Unemi, Journal of Cleaner Production, Producción + Limpia, Revista de Investigaciones Altoandinas, Terra Latinoamericana, Revista científica Agroecosistemas, Medio Ambiente y Desarrollo y otros como fuentes primarias, y como fuentes secundarias a instituciones como Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el sector gubernamental del Perú, el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) y organizaciones no gubernamentales como la Asociación Latinoamericana de Avicultura-ALA. Posteriormente, se amplía la búsqueda a otras revistas dentro de las mismas bases de datos, así como congresos de la sociedad nacional e internacional de la ciencia del suelo y la sociedad nacional e internacional de Agronomía, únicamente trabajos relevantes para esta revisión.

La sistematización de resultados propios y el análisis comprensivo y consolidado de información de libre acceso sobre el tema, nos permiten abordar: 1) El compost, aspectos generales, diseño de pilas para pequeñas fincas y las normas técnicas para el control de la calidad; 2) Las plumas de pollo broiler, características estructurales, utilización como material compostable y los efectos del compost de plumas en el suelo; 3) Residuos compostables en el trópico peruano, pulpa de café, residuos de palma aceitera, plátano y cascara de cacao; y 4) Los EM, aplicación en procesos de compostaje y la preparación de los EM para pequeños agricultores.



## COMPOST

### Consideraciones Generales

La creciente demanda de alimentos ha establecido como alternativa un manejo sostenible de los sistemas de producción, haciendo uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sistema de producción (Hernández et al., 2013; Ramos et al., 2014). Frente a ello, la producción de compost y otras enmiendas orgánicas fomentan el reciclaje de residuos orgánicos locales, estimulan la creatividad del productor para formular dichos insumos y son alternativas para nutrir a cultivos agrícolas en distintos sistemas de producción orgánica (Peralta et al., 2019), propiciando la sostenibilidad del agroecosistema.

La producción sostenible, es un concepto basado en el enfoque filosófico de una producción conservacionista, cuya versión más refinada es la agroecología; una disciplina que incorpora principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas productivos, con enfoque de un desarrollo sostenible, con visión integral que abarca los niveles ecológicos, sociales y la estructura y funcionamiento de los sistemas (Altieri et al., 1999; Martínez, 2004).

El compost resulta del proceso de compostaje, técnica que permite la biodegradación controlada de residuos y subproductos orgánicos de origen vegetal o animal (Rivas & Silva, 2020; López et al., 2017), transformándolos en materiales biológicamente estables. El producto final es el compost maduro, enmienda orgánica de liberación lenta con efectos directos y residuales positivos sobre la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos (Cabrera & Rossi, 2016; Muscolo et al., 2018; Peralta et al., 2019; Bailón & Florida, 2021). Además, es una excelente alternativa para recuperar suelos degradados, restaurar la fertilidad y sustituir insumos químicos tradicionales, este último, con efectos muy discutidos por la comunidad científica (Alvarez et al., 2019; Florida, Levano & Jacobo, 2020; Rivas & Silva, 2020).

Un aspecto importante en el proceso de compostaje es alcanzar la madurez y obtener un producto de alta calidad, para que esto ocurra, según Herrera & Riffo (2007) y Román, Martínez & Pantoja (2013), el proceso debe pasar por cuatro etapas importantes:



- a) **Fase mesófila.** Los materiales inician el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocas horas o días puede alcanzar los 45°C, producto de las reacciones exotérmicas producidas por la actividad microbiana, al utilizar las fuentes sencillas de C y N generando calor. En esta etapa se producen ácidos orgánicos que reducen los niveles de pH (entre 4.0 a 4.5). Esta fase dura hasta 10 días.
- b) **Fase Termófila.** Es la fase de higienización porque las pilas alcanzan temperaturas mayores de 45°C, e incluso pueden llegar hasta más de 70°C (Florida & Reategui, 2019), los microorganismos mesófilos no prosperan y son reemplazados en su mayoría por bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina; el pH de la pila aumenta.
- c) **Fase de enfriamiento.** Etapa avanzada del proceso de biodegradación del carbono y, nitrógeno, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C y retornan microorganismos mesófilos que reinician su actividad y degradan polímeros complejos, esta fase tarda varias semanas; el pH de la pila desciende levemente.
- d) **Fase de Maduración.** Se desarrolla a temperatura ambiente y puede tardar meses; se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización para la formación de ácidos húmicos. Esta etapa generalmente no es completada por las empresas productoras, si bien los indicadores generales pueden mostrar un compost de calidad, sin embargo, la composición de ácidos húmicos puede ser todo lo contrario.

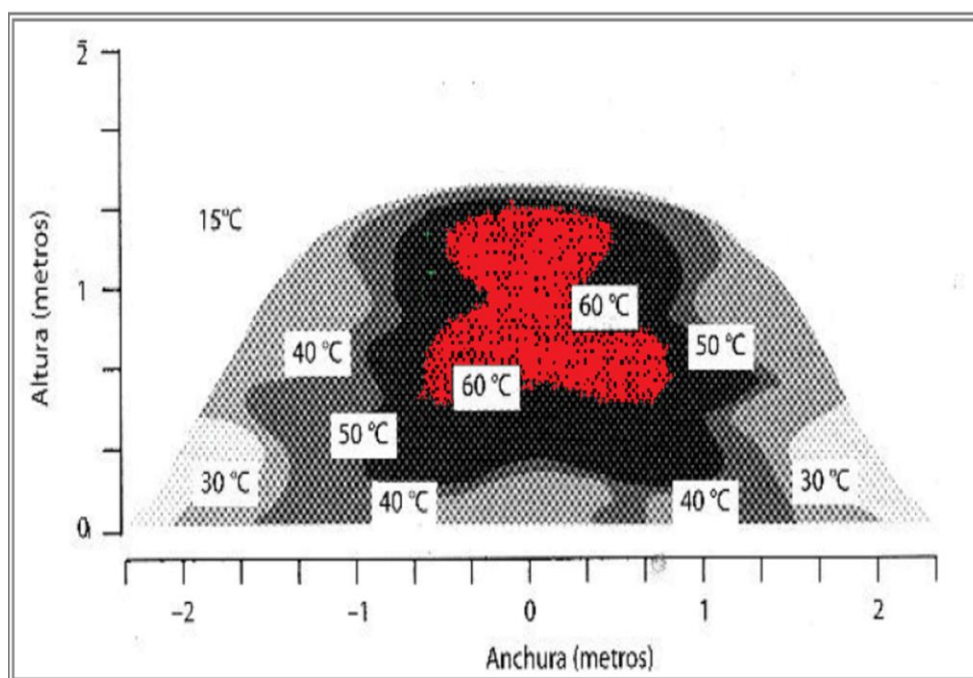
Para garantizar las diferentes fases del proceso es fundamental el diseño de las pilas de compostaje.

## Diseño de pilas en pequeñas fincas

La clasificación de la calidad total de un compost resulta fundamental para proteger la salud del suelo, cultivo y la inocuidad de los alimentos; frente a esto, el diseño de las pilas de compostaje juega un rol importante, para garantizar que las pilas alcancen cada una de las fases del proceso y la madurez óptima del producto final (Román, Martínez & Pantoja, 2013; Muscolo et al., 2018).

El diseño obedece a criterios de simetría espacial para garantizar condiciones adecuadas al proceso de biodegradación (Rivas & Silva, 2020), entre ellas, temperatura y humedad, factores determinantes en la actividad microbiana; las altas temperaturas permiten eliminar patógenos, parásitos y semillas de malezas, pero también pueden eliminar a los microorganismos que realizan el proceso (Herrera & Riffo, 2007; Iglesias, 2020).

*Figura 1. Gradiente de temperatura en una pila de compostaje cóncava*



Fuente. Jaramillo & Zapata (2008)

Las dimensiones en la pila deben tener la capacidad suficiente para retener el calor generado por la liberación de energía de los procesos oxidativos (Suárez et al., 2017), y a su vez, hacer posible su disipación y evitar el exceso de temperaturas (Román, Martínez &

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Pantoja, 2013). La Figura 1, muestra que la temperatura no es uniforme en la pila y las mayores temperaturas se concentran en el centro superior del montículo, por ello, periódicamente requiere de volteo para uniformizar el proceso y la forma cóncava o de montículo es recomendado por la mayoría de los autores.

Los diseños que se proponen se adaptan para pequeños agricultores, que les permita la utilización adecuada de sus residuos de cosecha, tanto para café, palma aceitera, plátano y cacao que son los principales productos cultivados en el trópico peruano (INEI, 2017). Entre ellos se proponen los más sencillos y los que mejores resultados permiten obtener en tiempo y calidad del producto final, que han sido ya descritos por Jaramillo & Zapata (2008); Román, Martínez & Pantoja, (2013) y Suárez et al. (2017) y otros autores.

- a) **Pilas tipo montículos para procesar  $\leq 1$  tn o  $3 \text{ m}^3$  de residuos.** La Figura 2, muestra las dimensiones de una pila cóncava o tipo montículo, para volúmenes  $\leq 1$  tn o  $3 \text{ m}^3$  de residuos de compostaje.

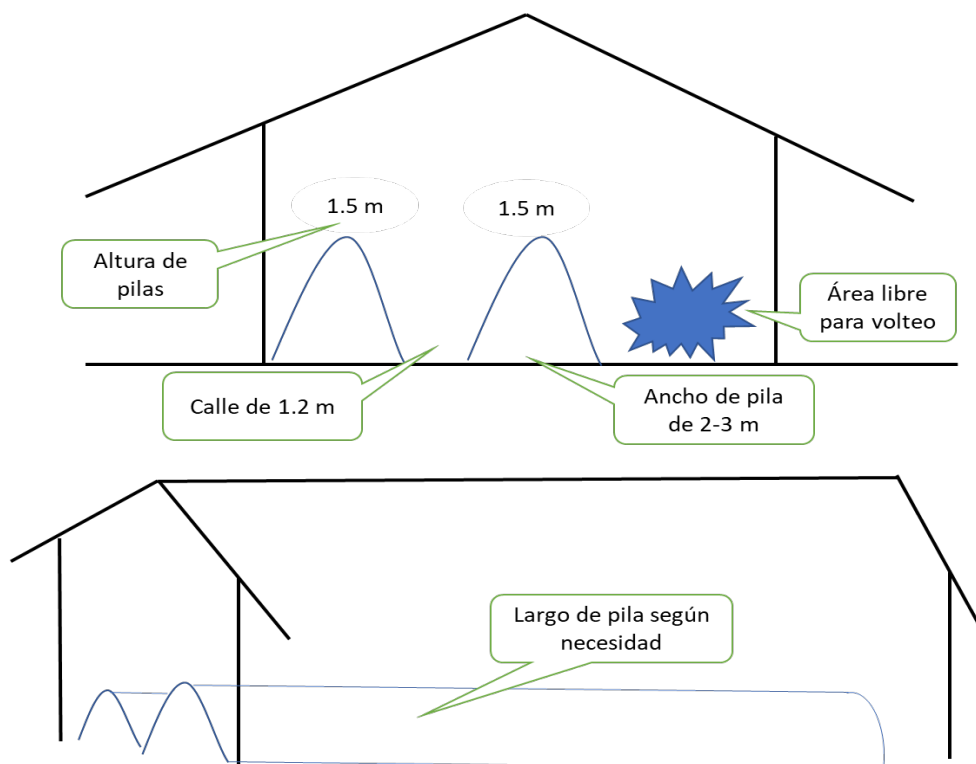
**Figura 2. Pila cóncava o tipo montículo para volúmenes menores**



Fuente. Elaboración propia.

b) **Pilas en camellones para procesar > 1 tn de residuos.** La figura 3, muestra pilas tipo camellones que pueden procesar volúmenes mayores a  $3 \text{ m}^3$  o 1 tn y tienen la forma cóncava-rectangular para permitir conservar las medidas de proporcionalidad, que durante el proceso de compostaje genere todas las fases, que son muy importantes. También, es importante conservar un espacio libre para facilitar el volteo de las pilas.

**Figura 3. Pilas tipo camellones para procesar > 1 tn de residuos.**



Fuente. Elaboración propia.

En general, no es aconsejable la instalación de pilas tipo montículo o rectangulares tipo camellones de pequeños volúmenes, ya que las temperaturas en estos pequeños volúmenes no presentan fluctuaciones durante el proceso, considere que la temperatura es uno de los factores más importantes que determinan la velocidad de las reacciones bioquímicas en el compostaje (Hernández et al., 2013; Suárez et al., 2017).

Para el diseño e instalación de pilas de compostaje debemos tener en consideración las recomendaciones de Herrera & Riffo (2007); Román, Martínez & Pantoja (2013) y Suárez et al. (2017), entre ellas:

- Seleccionar un área protegida de vientos fuertes, a prudente distancia de nacimientos de agua (más de 50 metros) para evitar contaminaciones.
- El terreno debe tener una pendiente  $< 4\%$ , para evitar problemas de lixiviados y erosión.
- Las pilas o camellones deben tener una base mayor a los 2 m y una altura máxima de 1.5 m
- El material para compostar se pica manual o mecánicamente de preferencia en fragmentos de 10-15 cm.
- Se toma normalmente como unidad de tiempo la semana para amontonar material en una misma pila, antes que empiece la fase termofílica o de higienización, y así evitar la contaminación de la pila con material fresco.

### **Normas técnicas de calidad**

El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost, y en teoría es rico en materia orgánica y nutrientes (Ramos et al., 2014), que requiere cumplir con determinadas normas de calidad fijada por cada país para garantizar su calidad. De lo contrario, un compost que no alcanzó la etapa de estabilización o maduración puede tener efectos fitotóxicos, por la presencia de amonio, ácidos volátiles orgánicos, metales pesados, microorganismos patógenos y de sales; estas sustancias y organismos en elevadas concentraciones pueden generar efectos perjudiciales en el desarrollo de las plantas, inhibiendo la germinación y el crecimiento de raíces (García et al., 2014).

La calidad final de un compost es importante, por ello, debe evaluarse sus principales indicadores físicos como: temperatura, humedad, olor y color, y químicos como pH, MO, N, P, Ca, K, Mg, Na, CE y CIC (Mendoza, 2012; Román, Martínez & Pantoja, 2013; García et al., 2014; Rivas & Silva, 2020); también, son importantes los microelementos como Cu, Zn, Fe, Cd y Pb, en particular si son suelos con cacao, estos deben cumplir límites establecidos

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

para viabilizar su exportación (Florida, Levano & Jacobo, 2020). Además, los estudios recientes sugieren analizar la composición de la materia orgánica, es decir las fracciones húmicas, ya que es la única forma de conocer si el compost alcanza la madurez respectiva (Muscolo et al., 2018; Meter, Atkinson & Laliberte, 2019; Iglesias, 2020).

Para garantizar la comercialización de un compost de calidad y evitar efectos adversos en la calidad de los suelos y el crecimiento de las plantas, es necesario que los países de la región implementen sus normas correspondientes, en el caso peruano no se tiene una Norma Técnica específica, por lo que, puede recurrir a las principales normas de países vecinos como la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 (Tabla 1), del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

**Tabla 1. Norma técnica colombiana NTC 5167**

<b>Producto</b>	<b>Componentes principales</b>	<b>Parámetros para caracterizar</b>
<b>Abono orgánico</b>	Producto sólido obtenido a partir de la estabilización de residuos de animales, vegetales o residuos sólidos urbanos (separados en la fuente) o mezcla de los anteriores, que contiene porcentajes mínimos de materia orgánica expresada como	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Contenido de cenizas máximo 60%</li> <li>* Contenido de humedad: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para materiales de origen animal, máximo 20%</li> <li>- Para materiales de origen vegetal, máximo 35%</li> <li>- Para mezclas, el contenido de humedad estará dado por el origen del material predominante.</li> </ul> </li> <li>* Contenido de carbono orgánico oxidable total mínimo 15%.</li> <li>* N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O totales (declararlos si cada uno es mayor de 1%)</li> <li>* Relación C/N</li> <li>* Capacidad de intercambio catiónico, mínimo 30 cmol(+) Kg</li> <li>* Capacidad de retención de humedad, mínimo su propio peso</li> <li>* pH mayor de 4 y menor de 9</li> <li>* Densidad máximo 0,6 g/cm<sup>3</sup></li> </ul>



carbono orgánico oxidable total y los parámetros que se indican.	* Límites máximos en mg/Kg de metales pesados	
	Arsénico (As)	41
	Cadmio (Cd)	39
	Cromo (Cr)	1 200
	Mercurio (Hg)	17
	Niquel (Ni)	420
	Plomo (Pb)	300
* Se indicará la materia prima de la cual procede el producto.		

Fuente: NTC 5167 (2011)

Además, se tiene la Norma Oficial Chilena NOCh 2880 (Tabla 2), del Instituto Nacional de Normalización; esta Norma determina la calidad en tres categorías A, B y C, permitiendo una determinación más exigente de la calidad y según Bailón y Florida (2021) es la Norma Técnica que mejor determina la calidad y recomienda su aplicación.

**Tabla 2. Norma oficial chilena NOCh 2880**

Producto	Componentes principales	Parámetros para caracterizar
Abono orgánico	Origen. -Producto sólido obtenido a partir de la estabilización de residuos animales, vegetales, sólidos urbanos o mezcla de los anteriores	*Contenido de cenizas no especifica * Contenido de humedad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para clase A &lt; 20%</li> <li>• Para clase B entre 25-40%</li> </ul> * Contenido de materia orgánica <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase A, <math>\geq 45\%</math></li> <li>• Clase B, <math>\geq 20\%</math></li> </ul>

	<p>Clase:</p> <p>A, no presenta restricción de uso, producto de alta calidad.</p> <p>B, producto de nivel intermedio de calidad, presenta algunas restricciones de uso.</p> <p>C, compost inmaduro que no ha alcanzado la etapa de maduración necesaria. No apto para su uso</p>	<p>* N total <math>\geq 0.8\%</math></p> <p>* Relación C/N</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• -Clase A, 10 y 25</li> <li>• -Clase B, 10 y 40</li> <li>• -Clase C, 10 y 50</li> </ul> <p>* Capacidad de intercambio catiónico, no específica</p> <p>* pH</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase A, 5-7.5</li> <li>• Clase B, <math>&lt;5</math> y <math>&gt;7.5</math></li> </ul> <p>* Límites máximos en mg/Kg (base seca) de metales pesados</p> <table border="0"> <tr> <td>Arsénico (As)</td> <td>15 (A), 20 (B)</td> </tr> <tr> <td>Cadmio (Cd)</td> <td>2 (A), 8 (B)</td> </tr> <tr> <td>Cromo (Cr)</td> <td>120 (A), 600 (B)</td> </tr> <tr> <td>Mercurio (Hg)</td> <td>1 (A), 4 (B)</td> </tr> <tr> <td>Niquel (Ni)</td> <td>20 (A), 80 (B)</td> </tr> <tr> <td>Plomo (Pb)</td> <td>100 (A), 300 (B)</td> </tr> <tr> <td>Cobre (Cu)</td> <td>100 (A), 1000 (B)</td> </tr> <tr> <td>Zinc (Zn)</td> <td>200 (A), 2000 (B)</td> </tr> </table>	Arsénico (As)	15 (A), 20 (B)	Cadmio (Cd)	2 (A), 8 (B)	Cromo (Cr)	120 (A), 600 (B)	Mercurio (Hg)	1 (A), 4 (B)	Niquel (Ni)	20 (A), 80 (B)	Plomo (Pb)	100 (A), 300 (B)	Cobre (Cu)	100 (A), 1000 (B)	Zinc (Zn)	200 (A), 2000 (B)
Arsénico (As)	15 (A), 20 (B)																	
Cadmio (Cd)	2 (A), 8 (B)																	
Cromo (Cr)	120 (A), 600 (B)																	
Mercurio (Hg)	1 (A), 4 (B)																	
Niquel (Ni)	20 (A), 80 (B)																	
Plomo (Pb)	100 (A), 300 (B)																	
Cobre (Cu)	100 (A), 1000 (B)																	
Zinc (Zn)	200 (A), 2000 (B)																	

Fuente. NOCh 2880 (2004)

Complementariamente, puede utilizar a los estándares de la OMS (Tabla 3) y de la FAO (Tabla 4), aunque, algunos indicadores de calidad muy importante no están consideradas dentro de los criterios de calidad.



**Tabla 3. Criterios de calidad del compost de la OMS**

Parámetros	Unidad	Límites de calidad OMS	
Generales	pH	6 a 9	
	MO	%	25 a 50
	N	%	0.4% - 3.5%
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.3% - 1.8%
	Humedad	%	30 - 50%
Metales pesados	Pb	mg/kg	200 - 400
	Cd	mg/kg	15 - 40

Fuente. Soriano (2016)

**Tabla 4. Principales indicadores de calidad de la FAO**

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Densidad	250-400 kg/m <sup>3</sup>	<700 kg/m <sup>3</sup>	<700 kg/m <sup>3</sup>
MO (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
N (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

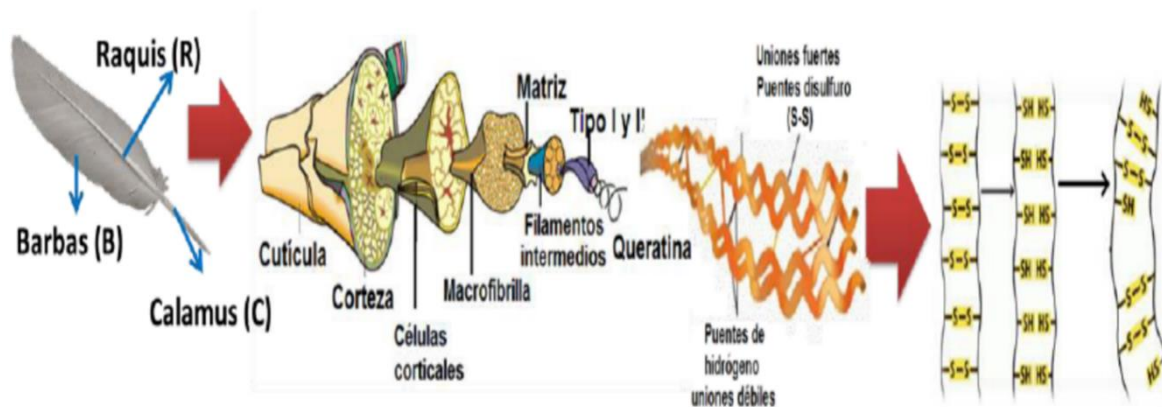
Fuente. Román, Martínez & Pantoja (2013).

## PLUMAS DE POLLO BROILER

### Características estructurales

La pluma es una estructura epidérmica que consta de un eje central rígido llamado raquis con paletas más suaves en cada lado, la paleta se compone de numerosas ramas laterales llamadas barbas (Figura 4), compuestas mayormente por queratina y que está por lo general en más de 70% de su peso (Quintero, Huertas & Ortega, 2017). La queratina es una proteína estructural fibrosa, conocidas como escleroproteínas (Orjuela et al., 2015), compuesta por gran variedad de aminoácidos encontrándose en mayor abundancia la Glicina, Cistina, y Cisteína (Salazar, 2013).

*Figura 4. Estructura de las plumas*



Fuente: Orjuela et al. (2015)

La queratina está compuesta básicamente por un aminoácido de alto contenido de azufre, la Cisteína 12,2%, sin embargo, la queratina también tiene abundantes aminoácidos como: Glicina 21,5%, Alanina 11%, Ácido aspártico 9,3%, Lisina 7,3%, Treonina 4,8%, Valina 4,2%, Fenilalanina 3,9%, Leucina 3,2%, Prolina 2,3%, Isoleucina 1,2%, y otras 19,1%. Las queratinas duras contienen entre un 15 o un 18% de azufre, mientras que las blandas sólo tienen entre un 2 y un 4% (Salazar, 2013).

La queratina son proteína fibrosa conocidas como escleroproteínas; son resistentes a los factores físicos, químicos y ambientales tienen una gran cantidad de cisteína presente

formando el enlace disulfuro del dímero istina. Estos enlaces se entrecruzan estableciendo una red tridimensional de cadenas polipeptídicas y en conjunto con los residuos hidrofóbicos hacen que la queratina sea insoluble en agua y en solventes apolares (Orjuela et al., 2015). Además, existen dos tipos de queratina diferenciadas por sus componentes y estructura:  $\alpha$  y  $\beta$  queratina. La  $\alpha$  queratina se caracteriza por tener en su estructura puentes de disulfuro que otorgan una gran resistencia, presente en la lana de oveja, el pelo, las uñas y la piel y la  $\alpha$  queratina en las fibras de tejidos duros como las plumas de aves, cuernos, cascos, entre otros (Salazar, 2013).

Para Salazar (2013), un aspecto importante de la resistencia que presenta la queratina se debe a sus enlaces tales como:

- Enlaces amídicos: Unen un aminoácido con otro para formar la cadena principal, son muy sólidos y solo se rompen con soluciones acuosas concentradas de ácidos y bases fuertes.
- Puentes salinos: se forman entre los grupos de ácidos y básicos de las cadenas laterales. Cuando estos grupos sobrantes no forman enlace amídico, están cerca uno del otro, se origina una atracción electromagnética entre sus cargas.
- Enlaces di sulfuro: es la unión que existe entre los dos átomos de azufre de la molécula de cistina. Esta unión es fuerte y en la molécula de alfa-queratina suele existir un puente de este tipo cada cuatro vueltas de la espiral.
- Puentes de hidrógeno: se originan por la atracción de átomos con polaridad negativa al hidrógeno con polaridad positiva, por eso las cadenas no son rectilíneas sino helicoides, girando sobre sí misma como una cinta enrollada. Esta es la alfa-queratina, uniones débiles con relación a los aminoácidos y se rompen con facilidad, cuando se mojan con agua, o por estiramiento.

Es evidente que el aminoácido cisteína, es fundamental en la estructura de las plumas. La cisteína forma enlaces disulfuro con el dímero istina, estos enlaces se entrecruzan estableciendo una red tridimensional de cadenas polipeptídicas y en conjunto con los residuos hidrofóbicos hacen que la queratina sea insoluble en agua y en solventes apolares, que otorgan una gran resistencia; por ello, presentan alto grado de insolubilidad y aseguran la

rigidez estructural de las plumas (Riffel & Brandelli, 2006; Benítez et al., 2014; Gallardo et al., 2015; Orjuela et al., 2015)

Finalmente, las plumas muestran por un lado rigidez y complejidad estructural y por otro, excelentes oportunidades para uso. Según Florida (2019) las plumas contienen 93% de materia orgánica, 80.51% de proteínas, 12.66 % de nitrógeno y 10.05 % de fibra orgánica. Por lo que, este alto contenido nutricional le otorga gran potencial para ser utilizado en la agricultura, a través del compostaje.

## Plumas como insumo en la producción del compost

En general, el compost elaborado con residuos locales o del propio agroecosistema, posee baja concentración de nutrientes; así lo demuestra Bailón & Florida (2021) en un estudio realizado en la región Huánuco, en el que evalúan la calidad de diferentes compost producidos con insumos locales (Tabla 5), los niveles en los principales indicadores de calidad se encuentran dentro de los estándares de un compost de buena calidad, según la NTC 5167, los estándares de la OMS, la FAO, y la NOCh 2880 los clasifica de calidad baja (B). Sin embargo, estos niveles tienen baja eficiencia y elevan los costos de producción en un proceso de fertilización bajo criterios de manejo convencional (Alvarez, Daza & Mendoza, 2008). Por lo tanto, es necesario encontrar nuevos insumos locales como las plumas de pollo con capacidad de mejorar la calidad del compost y mejorar su eficiencia y pueda competir progresivamente con los fertilizantes químicos.

**Tabla 5. Caracterización de compost producidos en Leoncio Prado-Huánuco**

Indicador	CAL	CML	CCD	CMF	CCF	Media
Humedad	34,8	32,28	33,55	28,2	27,28	31,22
Ceniza	66,5	63,17	63,55	67,4	68,15	65,75
pH	8,1	8,13	7,68	8,33	7,9	8,03
MO (%)	33,5	36,84	36,45	32,62	29,35	33,75
N (%)	1,65	1,43	1,44	1,64	2,48	1,73
P (%)	1,58	1,57	1,35	1,2	1,76	1,49
Ca (%)	1,18	2,21	1,98	2,53	2,67	2,11

Mg (%)	1,13	1,17	1,49	1,48	1,36	1,33
K (%)	4	4,47	4,45	3,01	3,55	3,9

CAL compost Alborada (mezcla cascara de cacao, estiércol de cuy y de murciélago + EM), CML compost de residuos municipales + EM, CCD compost Cooperativa Divisoria (estiércol de vacuno, aserrín semidescompuesto + EM), CMF Empresa M&F Orgánicos (estiércol de vacuno + EM), CCF compost comercial formulado (estiércol de vacuno y fertilizantes químicos no especificados), EM microorganismos eficientes.

Fuente. Bailón & Florida (2021)

Frente a la baja capacidad fertilizante del compost, los reportes científicos muestran que las plumas de pollo pueden ser utilizados como insumo en la elaboración de compost (Figura 5), por su elevado contenido en proteína, MO y N (Florida & Reategui, 2019), este último, de suma importancia y difícil de encontrar en materiales tradicionales de los agroecosistemas.

**Figura 5. Beneficio, disposición y compostaje de plumas de pollo broiler. Fuente. Propia de los autores**



*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
 ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



La Tabla 6, muestra los valores medios calculada por Florida (2019), a partir de los resultados de varias investigaciones; es evidente, que el potencial de las plumas es consecuencia de su alto contenido en materia orgánica, proteínas y nitrógeno, sin embargo, los contenidos de Ca, Mg y P son bajos.

**Tabla 6. Componentes principales de las plumas**

<b>Componente (%)</b>	<b>Composición media</b>
Proteína	80,51
Grasa	3,38
Fibra	10,05
Cenizas	3,91
Humedad	6,40
MO	93,00
N	12,66
Calcio	0,55
Fósforo	0,50
Magnesio	0,12
Potasio	0,14

Fuente. Florida (2019).

La literatura de libre acceso muestra que las únicas investigaciones que evalúan a profundidad el efecto que tiene las plumas en la calidad final del compost son Florida, Reategui & Pocomucha (2016) y Florida & Reategui (2019), ambas publicaciones presentan algunos aspectos importantes para tener en cuenta:

- La proporción de 30 % de plumas tiene buenos resultados, aumentan la MO y el N.
- El estiércol de vacuno es un buen material para acompañar en el compostaje de plumas, controla la reducción del pH por tener un pH inicial ligeramente alcalino, favorece la biodegradación por tener baja relación C/N y acelera la biodegradación de las plumas.
- Proporciones altas de plumas (>50%) acidifican el sustrato y se obtiene un compost con bajos niveles de pH, aspecto no favorable para el compost.

- El aserrín fresco no es un buen material acompañante, contribuye en la acidificación del sustrato, reduce la biodegradación y evita alcanzar la fase termófila.
- Altas proporciones de plumas y materiales acompañantes con relación C/N altos, no son adecuados, en general necesitan mayor tiempo de compostaje y los niveles de MO y N no se diferencian en comparación con un compost a base de otros materiales.
- Los microorganismos eficientes favorecen el proceso.

La tabla 7, sistematiza los resultados de la calidad del compost con base a plumas y efectivamente se contrasta con la composición del material original (plumas) previo al compostaje; el compost final, presenta mejoras principalmente en los niveles de MO y N, los contenidos de Ca, Mg, K y P se mantienen en niveles bajos y el uso de altas proporciones de plumas afecta los niveles de pH, indicador que afecta la calidad del producto según las principales Normas Técnicas de calidad. Por lo que, para mejorar la calidad final del compost es necesario reevaluar y considerar otros insumos locales que puedan complementarse con las plumas y mejorar las concentraciones de estos macroelementos y obtener un compost de alta calidad de origen 100 % orgánico.

**Tabla 7. Indicadores de calidad en compost de plumas**

Indicadores	Análisis proximal con base a materia seca				
	Plumas (0%)**	Plumas (10%)**	Plumas (20%)**	Plumas (30%)**	Plumas (59%)*
pH	8,32	8,16	8,12	7,79	4,15
MO (%)	39,6	43,34	46,53	51,14	79,1
N (%)	2,38	2,69	3,06	4,8	3,49
P (%)	0,34	0,38	0,32	0,35	0,42
K (%)	1,31	1,6	1,25	1,42	1,22
Ca (%)	1,45	1,39	1,43	1,32	2,06
Mg (%)	0,69	0,69	0,68	0,68	1,36

\*Compost de plumas + aserrín fresco +EM, \*\*Compost de plumas + estiércol de vacuno + EM. Microorganismos Eficientes (EM).

Fuente. \*Florida, Reategui & Pocomucha (2016); \*\*Florida & Reategui (2019)

Finalmente, la complejidad estructural a base de queratina, red tridimensional compacta de enlaces cruzados disulfuros intermoleculares, que presentan las plumas (Quintero et al., 2017), que sugerían como limitación para usar las plumas como material compostable, ha sido descartada por Florida & Reategui (2019), toda vez que, los microorganismos eficientes (EM) que aplicaron, mostraron eficiencia y solo observaron un retraso en comparación del tratamiento testigo entre 25 a 30 días. Este resultado es sobre plumas enteras, por lo que, la trituración de las plumas previa al compostaje mejoraría la eficiencia en el proceso de biodegradación por parte de los EM, asumiendo, mejoras en la calidad, reducción del tiempo de compostaje y eliminación de malos olores durante las primeras etapas del proceso de compostaje.

## **Efectos del compost de plumas en la calidad del suelo**

Los beneficios de la aplicación del compost a los suelos dependen de la calidad del compost aplicado. La calidad, responde al contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a los cultivos; este último, está directamente relacionado con las características de los residuos, concentraciones de esos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración (Ramos et al 2014) y las condiciones ambientales durante el proceso de compostaje (Pérez 2011).

En general, independientemente del material utilizado en la producción del compost, la aplicación en el suelo tiene múltiples beneficios, entre ellas:

- a) **Beneficios sobre propiedades físicas:** facilita las labores de arado y siembra, aumenta la capacidad de retención de la humedad, reduce el riesgo de erosión, regular la temperatura del suelo y reduce la evaporación del agua (Román, Martínez & Pantoja, 2013).
- b) **Beneficios sobre propiedades químicas:** aporta macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes como B, Cu, Zn, mejora la capacidad de intercambio de cationes, eleva los niveles de pH, MO, N (Torres, Álvaro & Chinchilla, 2004; Alvarez, Daza & Mendoza, 2008; Vásquez et al., 2010; Hernández et al., 2013; Orozco et al., 2016; Abreu et al., 2018) y reduce el aluminio y la acidez cambiante (Florida, Levano & Jacobo, 2020).



- c) **Beneficios sobre la actividad biológica:** aporta bacterias y hongos capaces de biodegradar materiales complejos del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes para las plantas (celulosa, hemicelulosa, ligninas, queratinas, huminas, etc.) y degradar sustancias tóxicas (Chaves et al., 2013; Orozco et al., 2016; Abreu et al., 2018).

Algunas investigaciones revelan que el compost de plumas posee gran capacidad para mejorar los suelos y el crecimiento vegetal, entre ellos:

Florida, Levano & Jacobo (2020), aplicaron compost de plumas (30% plumas + 70 % estiércol de vacuno) en el cultivo de cacao CCN-51 (Figura 6), encontraron diferencias con tendencias de incremento de la MO, N, P y K, y disminución del aluminio y la acidez intercambiable.

**Figura 6. Aplicación de compost de plumas en cultivo de cacao. Fuente. Propia de los autores**



Además, los tratamientos a razón de 4 000 hasta 6 000 kg. ha<sup>-1</sup> mostró efectos positivos similares al compost tradicional en indicadores químicos que definen la calidad del suelo, sin embargo, presentó ventajas comparativas en la reducción de los niveles de aluminio (Tabla 8). Concluye que el compost de plumas presenta ventajas frente al compost elaborado con otros materiales, con capacidad para mejorar indicadores de fertilidad y reducir los niveles tóxicos de Aluminio en suelos ácidos.

**Tabla 8. Efecto del compost de plumas en indicadores químicos del suelo con cacao**

Indicadores	Tratamientos				Estadísticos	
	CP1	CP2	CP3	CP4	SEM	p
pH	4.02±0.186 <sup>a</sup>	4.09±0.16 <sup>a</sup>	4.22±0.07 <sup>a</sup>	4.09±0.12 <sup>a</sup>	0.02	0.274
MO %	3.05±0.16 <sup>a</sup>	4.31±0.16 <sup>c</sup>	4.55±0.18 <sup>c</sup>	3.72±0.2 <sup>b</sup>	0.03	< 0.001
N %	0.16±0.01 <sup>a</sup>	0.22±0.01 <sup>c</sup>	0.23±0.012 <sup>c</sup>	0.19±0.013 <sup>b</sup>	0.00	< 0.001
P µg. g <sup>-1</sup>	7.5±0.22 <sup>a</sup>	8.06±0.27 <sup>bc</sup>	7.78±0.1 <sup>a</sup>	8.2±0.24 <sup>c</sup>	0.047	0.003
K µg. g <sup>-1</sup>	187±5 <sup>b</sup>	183±3.42 <sup>ab</sup>	190±6.24 <sup>b</sup>	179±2.58 <sup>a</sup>	20.563	0.029
Ca Cmol. Kg <sup>-1</sup>	1.43±0.17 <sup>a</sup>	1.3±0.08 <sup>a</sup>	1.28±0.15 <sup>a</sup>	1.15±0.17 <sup>a</sup>	0.022	0.129
Mg Cmol. Kg <sup>-1</sup>	0.48±0.1 <sup>a</sup>	0.48±0.1 <sup>a</sup>	0.53±0.1 <sup>a</sup>	0.48±0.1 <sup>a</sup>	0.009	0.844
Al Cmol. Kg <sup>-1</sup>	5.14±0.01 <sup>b</sup>	6.15±0.02 <sup>c</sup>	4.62±1.03 <sup>b</sup>	3.34±0.52 <sup>a</sup>	0.329	< 0.001
CIC Cmol. Kg <sup>-1</sup>	8.53±0.58 <sup>b</sup>	10.27±0.43 <sup>c</sup>	8.34±1.26 <sup>b</sup>	5.81±0.42 <sup>a</sup>	0.571	< 0.001
AC %	77.75±1.5 <sup>b</sup>	82.71±1.34 <sup>b</sup>	77.86±5.16 <sup>b</sup>	71.93±4.82 <sup>a</sup>	13.45	0.011
Cd µg. g <sup>-1</sup>	0.197±0.04 <sup>a</sup>	0.227±0.03 <sup>a</sup>	0.2±0.02 <sup>a</sup>	0.21±0.03 <sup>a</sup>	0.001	0.527

CP1= testigo absoluto (sin compost), CP2= compost de plumas a razón de 2000 kg. ha<sup>-1</sup>, CP3 compost de plumas a razón de 4000 kg. ha<sup>-1</sup> y CP4 compost de plumas a razón de 6000 kg. ha<sup>-1</sup>. Las medias seguidas de la misma letra en la línea no difieren entre sí por la prueba de Duncan, p < 0.05. SEM cuadrado medio del error.

Fuente. Florida, Levano & Jacobo (2020)

También, Bhangé, Chaturvedi & Bhatt (2016) aplicaron al suelo plumas acompañadas de una bacteria queratinolítica (*Bacillus subtilis* PF1), para verificar si la degradación de las plumas da como resultado la producción de aminoácidos y péptidos, que pueden emplearse como precursores de metabolitos que promueven el crecimiento de las plantas, como el ácido indol acético (IAA), el amoníaco y el HCN. Los resultados evidencian que las plumas (2 %) apoyaron la producción de ácido indol acético por la cepa PF1, sin embargo, el aumento de la concentración de plumas mostró un efecto negativo sobre la solubilización del fosfato debido al aumento de la alcalinidad. La producción de HCN también mostró una correlación positiva con la concentración de plumas.

Finalmente, determinaron que el crecimiento vegetal de *Vigna radiata* en presencia de la cepa PF1 con plumas de pollo en el suelo, mostró buena actividad de promoción del crecimiento de las plantas. Los análisis de suelos muestran efectos muy importantes en los indicadores de fertilidad, produciendo efectos significativos en el pH, MO N, P y K. Los autores recomiendan que las plumas con ayuda de microorganismos podrían utilizarse de

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

manera eficiente por los metabolitos liberados en la degradación y podrían emplearse con éxito como fuente económica de fertilizantes nitrogenados para plantas.

## RESIDUOS COMPOSTABLES EN EL TRÓPICO PERUANO

### Residuos compostables

En general, todo tipo de residuo o material de naturaleza orgánica son compostables, por lo que, las posibilidades de elección son amplias; al respecto, Román, Martínez & Pantoja (2013) proponen una lista de materiales que se pueden compostar:

- Restos de: cosecha, jardinería, poda, hojas caídas de árboles y arbustos y hierba segada de césped o pasto.
- Estiércol de porcino, vacuno, caprino, ovino y sus camas de corral.
- Restos orgánicos de cocina en general, alimentos en mal estado o caducados,
- Restos de café, cáscaras de frutos, naranja, piña, y tubérculos como la papa, etc.,
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).
- Virutas de serrín (en capas finas) y semidescompuesto.
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón.
- Cortes de pelo (no teñido), residuos de esquilado de animales.

Además de lo recomendado en esta lista, como material compostable a base de residuos de cosecha en el ámbito regional del trópico peruano, se tienen los residuos del beneficio del pollo de carne o pollo broiler, las plumas, descritas en el acápite anterior, y residuos de cosecha, ya estudiadas en otras zonas por reconocidos investigadores, entre ellos: tallo y cascara de plátano (Ramos et al., 2014; Mondragón et al., 2018), pulpa de café (Vásquez et al., 2010; Muñoz, Muñoz & Montes, 2015), cascara de cacao (Ortiz, 2015; De la Cruz, 2018) y escobajo de palma aceitera (Torres, Álvaro & Chinchilla, 2004; Florida, Reategui & Pocomucha, 2016); materiales que han mostrado tener potencial para mejorar algunos indicadores de calidad del compost. Además, estos residuos representan entre 30 a

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



50 % del peso fresco del producto, que garantiza su disponibilidad y viabilidad para ser usado como material compostable.

## **Pulpa de café**

El café es el primer producto agrícola peruano de exportación, con 330 mil hectáreas que representan 6 % del área agrícola nacional y una producción al 2019 de 354 000 t/año (MINAGRI, 2019a). La pulpa de café (Figura 7) resulta del procesamiento del café, además de subproductos como jugo de pulpa, pajilla, película plateada, entre otros (Fierro et al., 2018), además, la pulpa representa aproximadamente el 42% en peso del fruto fresco (Duangjai et al., 2016), por lo tanto, se tendrían en el caso peruano 148,680 t de pulpa, lo que demuestra su viabilidad y disponibilidad para ser considerado como material compostable.

*Figura 7. Fruta y pulpa de café*



La pulpa es considerada como un subproducto muy voluminoso en comparación con otros productos agrícolas, ricos en nutrientes esenciales y con posibilidades de uso múltiple, incluyendo el compostaje (Duangjai et al., 2016). La pulpa posee características apropiadas para el proceso de compostaje, ya que contiene alto contenido de azúcares, buena relación carbono-nitrógeno (25-30:1) y un tamaño de partícula adecuado (Pierre, Quiroz & Granda,

2009). Además, la Tabla 9, muestra la composición de la pulpa y del compost de pulpa, destacando en general, buen contenido en MO, K y Ca.

**Tabla 9. Caracterización de la pulpa y compost de pulpa de café**

Componente (%)	Pulpa de café (a)	Compost de pulpa de café				Media
		(b)	(c)	(d)	(e)	
Proteína	10,63	--	--	--	--	--
Grasa	5,78	--	--	--	--	--
Fibra	36,07	--	--	--	--	--
pH	4,21	7,3	9,68	8,91	7,47	8,34
Materia orgánica	92,11		47,94	61,3	24,68	33,48
Nitrógeno total	1,7	1,53	2,29	1,74	0,92	1,62
Fosforo	0,248	0,45	0,64	3,92	1,29	1,58
Potasio	2,513	0,76	3,24	3,01	2,31	2,33
Calcio	0,41	3,94	3,16	3,63	1,88	3,15
Magnesio	0,139	1,15	0,48	0,73	1,5	0,97

--valor no especificado.

Fuente: (a) Fierro et al. (2018); (b) Pierre, Quiroz & Granda (2009); (c) Vásquez et al. (2010); (d) Florida, Reategui & Pocomucha (2016); (e) Muñoz, Muñoz & Montes (2015).

### Escobajo de palma

Perú tiene aproximadamente 77,537 mil hectáreas sembradas, con una tasa de crecimiento en la última década de 13% (Díaz, 2018). Además, la región con mayor producción es Ucayali, que muestra rendimientos de hasta 13.2 t. ha<sup>-1</sup> y generan más de 60 404,45 t de residuos de palma (Zevallos, 2015). Al igual que Ucayali, la región San Martín, Loreto y Huánuco también son importantes productores (Díaz, 2018), por lo que, demuestra al igual que la pulpa de café, su viabilidad y disponibilidad para ser considerado como material compostable.

El escobajo (Figura 8) es un componente orgánico que se obtiene después del proceso de transformación del aceite crudo de palma aceitera, también llamado racimo o pinzote (Vargas & Zumbado, 2003). Los racimos desfrutados representan entre 42 a 65% del total de un racimo de fruta fresca procesada, de estos residuos, el 25 % es escobajo, 15 % es fibra y 2% de cuesco (Amézquita, 2019; Zevallos, 2015).

**Figura 8. Fruto y escobajo de la palma aceitera**



La Tabla 10, muestra y calcula la composición nutrimental del escobajo y del compost final, a partir de las investigaciones más relevantes; además, destaca valores homogéneos en N, P, K y Ca, que son categorizados por las distintas Normas, como un compost de calidad destacando el nivel de MO, Ca y K.

**Tabla 10. Caracterización del escobajo y compost de escobajo de palma**

Componente (%)	Raquis o escobajo (a)	Compost residuos de palma			Media
		(a)	(b)	(c)	
pH	--	--	8,1	7,59	7,85
Materia orgánica	--	--	71,7	92,27	81,99
Nitrógeno total	0,73	3,69	1,43	0,39	1,84
Fosforo	0,18	2,01	4,28	0,11	2,13
Potasio	0,49	4,71	4,80	0,74	3,42
Calcio	0,29	4,46	--	1,34	2,90
Magnesio	0,18	0,79	--	1	0,89

--valor no especificado.

Fuente: Torres, Acosta & Chinchilla (2004); Amézquita (2019); Florida, Reategui & Pocomucha (2016).



## Residuos de plátano

El plátano es uno de los cultivos ampliamente distribuido en todas las zonas tropicales y subtropicales y su cultivo obedece a su elevado potencial de rendimiento, arraigado hábito de consumo y diversidad de uso y de ahí su dispersión y distribución (Simó et al., 2005). Además, Cerca del 95% de los residuos que se generan del plátano no son aprovechados eficientemente por el agricultor (Figura 9), ya que su objetivo se centra en la comercialización, o como opción alimenticia para el hogar (Mondragón et al., 2018).

*Figura 9. Residuos de cosecha del plátano*



Durante el proceso de producción del plátano se generan grandes cantidades de residuos; cuando se cosecha el racimo, solo se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa, quedando de un 70 a 80% por utilizar (hojas, seudo tallo, cascara y raquis), lo que ha generado un problema ambiental. Sin embargo, estos residuos pueden tener múltiples usos, por su composición nutricional comúnmente se utiliza como alimento de animales (Mazzeo et al., 2010), además de ser un excelente material para el compostaje (Florida, Reategui & Pocomucha, 2016). La Tabla 11, muestra que el compostaje de este tipo de residuos destaca al producto final con adecuado nivel de pH y alto contenido de MO y K.

**Tabla 11. Caracterización de residuos y compost de plátano**

Componente (%)	Cáscara, raquis y tallo	Compost residuos de plátano			Media
		(c)	(d)	(e)	
Proteína	12,8 (a)	--	--	--	--
Grasa	1 (a)	--	--	--	--
Fibra	23 (a)	--	--	--	--
pH	4,86 (b)	7,00	8,55	8,6	8,05
Materia orgánica	83,51 (b)	31,00	84,02	26,07	47,03
Nitrógeno total	2,99 (c)	1,00	1,44	1,2	1,21
Fosforo	0,21 (c)	0,30	0,57	0,44	0,44
Potasio	4,05 (c)	0,90	4,23	1,68	2,27
Calcio	--	--	0,36	1,74	1,05
Magnesio	--	--	0,24	0,96	0,60

--valor no especificado.

Fuente: (a) Mazzeo et al. (2010); (b) Mondragón et al. (2018); (c) Simó et al. (2005); (d) Florida, Reategui & Pocomucha (2016); (e) Ramos et al. (2014).

## Cáscara de cacao

En América latina el cultivo se ha difundido a nivel comercial en 23 países, con un volumen superior a las 675 000 t y alrededor de 1 700 000 ha, donde Brasil, Ecuador, República Dominicana, Perú, Colombia y México representan más del 90 % de la producción y representan el 18 % de la exportación mundial de cacao en grano (836 000 t en el período 2017 - 2018) (Arvelo *et al.*, 2017; López *et al.*, 2020). Además, países como Ecuador, Perú y Colombia ha mostrado un crecimiento medio mayor a 9 % anual en la última década (MINAGRI, 2016), y en caso de Ecuador paso de 3 a 6 % de la producción mundial, pasando a ocupar el cuarto lugar entre los países productores superando a Brasil (Martínez, Villamizar & Ortiz, 2015; Cunha, 2018).

La cáscara o mazorca de cacao (Figura 10), residuo obtenido después de extraer la pulpa del cacao, representa entre 52 a 70 % del peso húmedo del fruto (Villamizar & Ortiz, 2015); además, según Castillo, Alvarez & Contreras (2018) la cáscara puede representar hasta el 90% de la masa del fruto fresco; siendo aprovechado únicamente el 10% que representa la masa de las semillas. Por lo que, en el sistema de producción de cacao se genera un gran volumen de residuos, que generalmente quedan acumulados en el cultivo, circunstancia que se ha traducido en serios problemas ambientales y fitosanitarios a nivel del



suelo por acumulación de materiales que generan propagación de microorganismos patógenos (Ortiz & Álvarez, 2015)

*Figura 10. Residuos de cosecha del cacao, la cáscara*



En este contexto, la composición nutricional de la cáscara ha sido estudiada por algunos investigadores y sugieren que puede ser utilizada industrialmente por su bajo contenido de grasas, alto contenido en fibras (Tabla 12) y compuestos fenólicos que pueden ser beneficiosos para la salud (Castillo, Alvarez & Contreras, 2018), como insumo para la alimentación animal y habitualmente en la recuperación de suelos a través del compostaje de estos residuos (Chafla et al., 2016). Finalmente, la Tabla 8, evidencia que el compost de cáscara de cacao presenta niveles adecuados de pH y MO, sin embargo, los niveles de los principales nutrientes (N, P y K) están por debajo de los niveles establecidos por las Normas de calidad, en este caso, se puede sugerir como material acompañante en un proceso de compostaje, más no para mejorar la calidad del compost.

**Tabla 12. Caracterización de residuos y compost de cacao**

Componente (%)	Cascara de cacao	Compost cascara de cacao		Media
		(e)	(f)	
Proteína	7,2 (d)	--	--	--
Grasa	0,6 (a)	--	--	--
Fibra	32 (a)	--	--	--
pH	6,25 (a)	7,40	7,8	7,60
Materia orgánica	89,5 (d)	40,31	--	40,31
Nitrógeno total	0,7 (c)	1,35	0,49	0,92
Fosforo	0,026 (b)	0,021	0,036	0,03
Potasio	3,20 (d)	0,26	0,19	0,23
Calcio	0,44 (d)	--	--	--
Azufre	0,05 (c)	--	--	--

--valor no especificado.

Fuente: (a) Castillo, Álvarez & Contreras (2018); (b) Ortiz & Álvarez (2015); (c) Martínez, Villamizar & Ortiz (2015); (d) Salazar (2016); (e) De la Cruz (2018); (f) Ortiz (2015).

Los materiales analizados en este libro presentan gran potencial para ser utilizados en un proceso de compostaje y se requiere más investigación para que a nivel del pequeño agricultor o de las empresas productoras de compost puedan combinar adecuadamente estos materiales y mejorar integralmente la calidad del compost. En este caso, los materiales estudiados producen compost de calidad (A) en la mayoría de sus diferentes indicadores, según la Norma Oficial Chilena NOCh 2880.

## LOS MICRORGANISMOS EFICIENTES (EM)

### EM en el proceso de compostaje

La propuesta de este libro es utilizar las plumas de pollo broiler como material principal, esto debe acompañarse con los materiales ya descritos (Escobajo de palma, pulpa de café y residuos de plátano y cascara de cacao), según el lugar y disponibilidad, y el proceso de compostaje debe ser mediado por microorganismos eficientes EM, para acelerar la descomposición de las plumas y de los materiales a compostar. La aplicación de EM acorta el proceso de compostaje e incrementa la mineralización de los materiales a compostar, así como los contenidos de macro y micronutrientes (Álvarez et al., 2019).

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

En la búsqueda de mejorar la calidad del compost se está desarrollando nuevas tecnologías, una de ellas es la utilización e inoculación de EM en el proceso de compostaje (Sánchez et al., 2017), los EM están conformados por diferentes grupos microbianos de hongos y bacterias nativas o locales (Álvarez et al., 2019; Peralta et al., 2019) con posibilidad de obtener un compost de mayor calidad y eficiencia fertilizante (Kopeck et al., 2018).

Los microorganismos Eficientes o EM (por su sigla en inglés, Effective Microorganisms) son una combinación de microorganismos beneficiosos sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros (Luna & Mesa, 2016). Los EM son microorganismos beneficiosos de cuatro grupos principales: bacterias productoras de ácido láctico, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con capacidad fermentativa (García, 2017; Sánchez, Ospina & Montoya, 2017; Tanya & Leiva 2019). El producto EM fue desarrollado en forma líquida por el Dr. Teruo Higa en 1982, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón (Tanya & Leiva 2019).

La inoculación de los EM es una alternativa viable, compatible con el medioambiente y adecuado para aplicar en el proceso de compostaje. Estos biodegradan los materiales y los transforman en compuestos más estables y utilizables, consumen oxígeno y liberan calor, agua y CO<sub>2</sub> (Sánchez, Ospina & Montoya, 2017). Los EM pueden ser aislados de diferentes sustratos y aprovechados en diferentes procesos agrícolas, ambientales e industriales. Tienen múltiples potencialidades de biodegradación, biolixiviación, biocompostación, fijación de nitrógeno, mejoran la fertilidad del suelo, producción de fitohormonas, contribuyen en la transformación de la materia orgánica y forman parte del compost final estabilizado y enriquecido (Kumar & Gopal, 2015; Álvarez et al., 2019).

Su aplicación no se restringe al uso en procesos de compostaje, también su aplicación en el suelo pueden mejorar múltiples funciones: Fijación del nitrógeno atmosférico, descomposición de desechos orgánicos y residuos, supresión de patógenos del suelo, reciclaje e incremento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, degradación de tóxicos incluyendo pesticidas, producción de antibióticos y otros componentes bioactivos, producción de moléculas orgánicas simples para el consumo de las plantas, formación de complejos de metales pesados para su absorción limitada por las mismas, solubilizarían de

fuentes de nutrientes insolubles y la producción de polisacáridos para mejorar la agregación del suelo (Luna & Mesa, 2016)

Algunos trabajos resaltan la importancia del uso de los EM en el proceso de compostaje entre ellos tenemos a:

Florida & Reategui (2019) en su investigación Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*), no describen la cantidad de EM aplicado, sin embargo, en sus resultados presentan evidencia a través del análisis microbiológico del EM utilizado y que el testigo tardó 50 días en compostar y los tratamientos con plumas tardaron 75 días. Por lo tanto, se puede deducir que su aplicación favoreció la descomposición de las plumas y es fundamental para viabilizar la descomposición de las plumas de pollo broiler y reducir el tiempo del proceso de compostaje.

Álvarez et al. (2019) quienes evaluaron la calidad del compost obtenido a partir de estiércol de gallinas, con inoculación de microorganismos benéficos autóctonos, determinaron que los consorcios microbianos benéficos suprimen los malos olores en el proceso de compostaje, a la par aceleran la degradación de la materia orgánica lo cual se evidencia en el mayor contenido de ácidos húmicos en el compost final en comparación con el control.

García (2017) aplicó EM en el compostaje de residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos, encontró diferencias significativas entre los parámetros evaluados, llegando a la fase termogénica en todas las pilas y eliminación de agentes patógenos y la obtención de un compost de buena calidad.

Naranjo (2017) Aplicó microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, la dosis de 30 cc/10 L H<sub>2</sub>O reportaron: menor tiempo a la obtención del compost (86,50 días, con mejor contenido de nitrógeno (1,13%), como también de fósforo (219,99 ppm) y potasio (0,72%), y mayor porcentaje de materia orgánica (24,63%).

De la Cruz (2018), determinó una dosis de aplicación óptima de los microorganismos eficaces (EM) para compost a partir de la cáscara de cacao. Obtuvo significancia, lo que indica que la dosis de aplicación de microorganismos eficaces influye en el proceso de compostaje de los residuos agrícolas, determinando una dosis para el compost a partir del

residuo de la cáscara de cacao de EM al 20%, presentó los mayores valores numéricos en las variables evaluadas.

De La Peña (2019) en su investigación “Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Río Negro” inoculó 300 mililitros de microorganismos eficientes activados a la excreta fresca de pollos de engorde (pollinaza), el tiempo de descomposición tardó 143 días, significativamente menor que cuando no se aplica el tratamiento que duró 157,95 ; concluye que a mayor dosis de EM se reduce el tiempo de descomposición de la pollinaza, residuo que tiene importantes cantidades de plumas.

En general, los EM cumplen funciones específicas que inciden en el proceso de compostaje y la calidad del producto final (García, 2017; Naranjo, 2017; Fan et al., 2018; Alvarez et al., 2019; Florida & Reategui, 2019), en particular en:

- La degradación de la materia orgánica
- La formación de sustancias húmicas
- La supresión de malos olores desde la primera fase del compostaje
- Reducción del tiempo de compostaje.
- Alcanzar la fase termogénica o termófila en las pilas de compostaje.
- Eliminación de agentes patógenos como los coliformes fecales y microorganismos termo tolerantes.
- Mejorar los contenidos de macro y micronutrientes.

## Preparación de los EM

EM es un producto microbiano multipropósito, que contiene varios tipos de organismos vivos. Estos microorganismos se propagan entre ellos mismos si existen unas condiciones adecuadas de alimento y medios ambientales (Luna & Mesa, 2016). En primera instancia, como el libro se orienta al pequeño agricultor, debe preparar una suspensión madre o también llamada la cepa madre (EM-1), para que a partir de ella se realice el procedimiento de activación y aplicación del EM (AEM) en un proceso de compostaje o para otros usos.



El proceso de disponer de una suspensión de EM-1 y AEM y su posterior aplicación se subdivide en dos acciones importantes:

a) **Preparación de EM-1 a cepa madre.** El EM-1 es una suspensión concentrada de los microorganismos que conforman los EM, se encuentra en estado latente o inactivo (Ramírez, 2009), para ser conservado a largo plazo, y a partir de ella, cuando lo requiera, realiza la activación para obtener una suspensión de microorganismos activados, denominado AEM. Además, Hay muchas recetas (Figura 11), pero la mayoría de los autores (Ramírez, 2009; FAO, 2010; MAG, 2012; Toalombo, 2012, etc.) coinciden en el uso de los siguientes ingredientes:

- Leche fresca o suero de vacuno
- Melaza de caña de azúcar
- Levadura comercial
- Estiércol fresco de vacuno, bobino, equino u otro disponible
- Rastrojos vegetales frescos con relación C/N bajos < 15
- Suelo fresco superficial orgánica (horizonte A) de bosque (suelo de montaña)
- Otros residuos locales disponibles como polvillo de arroz, afrecho de trigo o torta de soya.

**Figura 11. Ingredientes para preparación de 100 L de EM-1**



Fuente. Elaboración Propia

Estos ingredientes deben mezclarse manualmente en el cilindro, por unos 10 minutos para obtener una mezcla homogénea (Figura 12A), finalmente coloque la tapa del cilindro diseñado con un respirador artesanal (Figura 12B) y dejar en reposo.

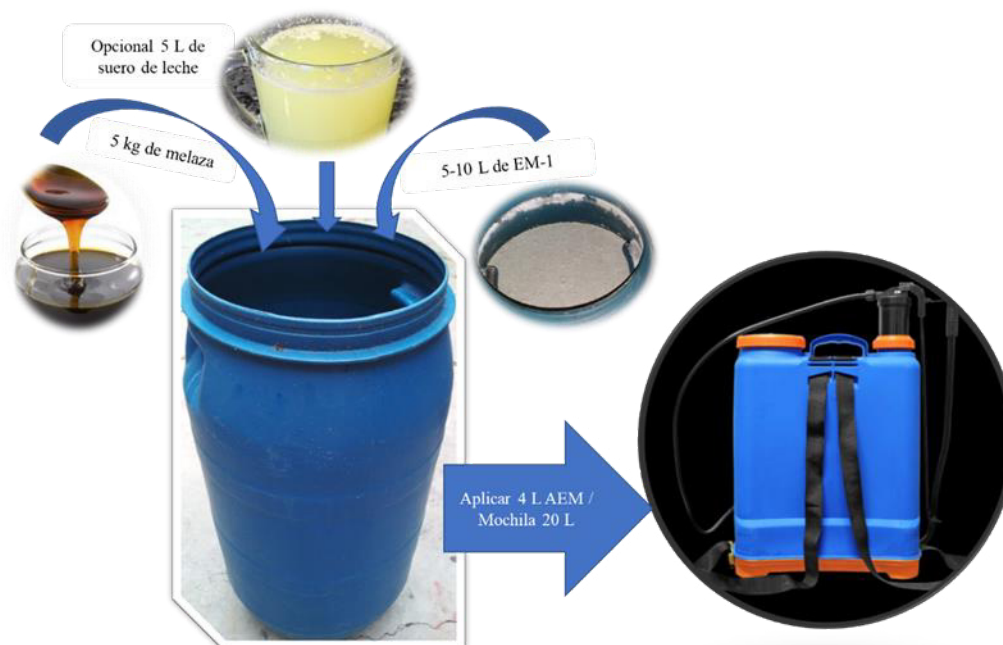
**Figura 12. Suspensión homogénea (A) fermentación (B) y obtención de EM-1.**



Fuente. Elaboración propia

b) **Activación de la cepa madre y aplicación.** Después de reposar por 15 días, el EM-1 está lista para ser conservada y utilizada según requerimiento (Figura 12C), sin embargo, esta es una suspensión con la cepa madre, a partir de allí, se debe realizar la activación (Figura x) cada que se requiere aplicar. Para ello, realizar la activación para obtener el AEM (Ramírez, 2009; De La Peña, 2019). Esta propagación se conoce como activación (Figura 13) y es de sencilla elaboración, el incremento de la densidad de población de estos microbios benéficos es la llave para alcanzar buenos resultados.

*Figura 13. preparación y activación del AEM*



Fuente. Elaboración propia

No se puede utilizar la activación AEM para realizar a partir de ella otra activación, debido a que la coexistencia y acoplamiento de los grupos de microorganismos que lo conforman, como las bacterias ácido-lácticas, bacterias foto trópicas y levaduras, presentarían un desbalance y desacoplamiento en sus interrelaciones. Esto puede ocurrir si

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



se realizara esta solución secundaria y alcance un pH de 3,5, tomando el nombre de solución bacteriana activa de bajo contenido ácido, la cual no garantizaría los resultados esperados (Ramírez, 2009).

Finalmente, Uribe et al. (2001); Ramírez (2009); FAO (2010); MAG, 2012; recomiendan:

- Utilizar envases plásticos, para evitar la excesiva formación de gases en el proceso de fermentación.
- Utilizar el AEM después de 5-7 días de almacenado, cuando su pH sea menor a 3,8.
- Agua de lluvia, agua del grifo, agua destilada comercial pueden ser usadas, mientras mayor sea la calidad, mejores son los resultados.
- Cuando se utilice agua del grifo se deja reposar de 24 a 48 horas para que se elimine el cloro para disminuir los efectos peligrosos de este sobre los microorganismos.
- La acumulación del gas debe eliminarse una vez al día durante todo el proceso o utilizar los respiradores manuales.
- Concluido el mismo se envasa el producto obtenido en recipientes tapados, que deben mantenerse en un lugar fresco con temperaturas entre 20°C a 30°C.
- La activación del AEM está lista para utilizar después de 5-7 días de preparada cuando el pH esté por debajo de 3,8, siendo el ideal entre 3-3,5 y tenga un olor dulce ácido, muy similar al guarapo, también cambia de color de un negro a un marrón rojizo.
- El AEM puede ser usada hasta un mes después de preparada, sin embargo, los efectos se reducen con el tiempo.

Algunas investigaciones sobre el uso de EM en el proceso de compostaje sugieren aplicar una dosificación de: 1/100 (Uribe et al 2001), 2/100 (MAG, 2012); Florida, Reátegui & Pocomucha (2016) y 1.32/100 (De La Peña, 2019). Por lo tanto, las experiencias sugieren una aplicación de AEM, entre 1 a 2 % en cada volteo o cada 15 días de compostaje.

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

## CONSIDERACIONES FINALES

Las plumas de pollo broiler es un material de uso múltiple, con una estructura compleja a base de queratina, pero, con un alto valor proteico y nutrimental; compostable por su gran capacidad para mejorar la calidad del compost, principalmente MO y N. Además, el compost de plumas presenta ventajas comparativas frente a compost de otros residuos, al mejorar no solo los indicadores de fertilidad, sino reducir la acidez cambiante y los niveles de aluminio tóxico del suelo. Además, las referencias muestran que el compost de plumas contiene aminoácidos y péptidos que actúan como precursores de metabolitos que promueven el crecimiento de las plantas, como el ácido indol acético (IAA) y fitohormonas con efectos favorables en el crecimiento de las plantas.

Los residuos compostables, además de las plumas, que se disponen en las regiones del trópico peruano son: la pulpa de café, el escobajo de palma, cascara de cacao y residuos de plátano; estos residuos tienen gran potencial para mejorar significativamente determinados indicadores, entre ellos: las plumas MO y N, la pulpa de café Ca y K, el escobajo de palma MO, Ca y K y P, los residuos de plátano MO y K y la cascara de cacao MO.

Se recomienda utilizar las plumas como material base, hasta un 30% del volumen total, por su elevado aporte en MO y N (hasta 5 %) frente a los demás residuos analizados, y la combinación con los materiales descritos deben considerarse según disponibilidad o capacidad de aporte nutricional. En cualquier caso, se requiere aplicar microorganismos eficientes activos en concentraciones de 1 a 2% durante el proceso para facilitar la degradación de las plumas, acortar el proceso de compostaje, suprimen los malos olores por la descomposición de las plumas, alcanzar la fase termogénica, eliminar agentes patógenos y mejorar la calidad nutrimental del compost final. Finalmente, el libro muestra la viabilidad de producir un compost de alta calidad, 100 % de origen orgánico, combinando las plumas de pollo broiler con los residuos disponibles en la región tropicales y subtropicales que se encuentran en la zona oriental del Perú.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su apoyo en la aprobación de los proyectos y en financiar parcialmente los gastos en la ejecución de las investigaciones.

Agradecemos a la empresa O&D Innovation Sustainable EIRL, por brindar sus instalaciones, los materiales para procesar el compost y facilitar el compost de plumas para su aplicación en plantaciones de cacao.

Agradecemos a la Ing. Karina Ramírez Marrache, por autorizar el uso de imágenes del proceso de preparación del EM-1 y del AEM

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés sobre las ideas, conocimientos y comentarios expresados en este libro, y todas las ideas o conocimientos mencionados por otros autores se encuentran debidamente citados. Asimismo, no existe ningún conflicto de intereses con las entidades que apoyaron en las investigaciones y cuyos resultados forman parcialmente el contenido de este libro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, C., Araujo, C., Rodríguez, J., Valdivia, Á., Fuentes, A., & Pérez, H. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*, Revista Centro Agrícola, 45(01), 52-61. <http://scielo,sld,cu/pdf/cag/v45n1/cag07118.pdf>

Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, F., Norgaard, R., & Sikor, T. (1999). Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable, Montevideo, Editorial Nordan-Comunidad. Recuperado el 10 de diciembre de 2020 de, <https://www.agroecologia.net/agroecologia-bases-cientificas-para-una-agricultura-sustentable/>

Alvarez, V. M., Largo, A., Iglesias, A. S., & Castillo, J. (2019). Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos, Scientia Agropecuaria, 10(3), 353- 361. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu,2019,03,05>

Alvarez, H. J., Daza, T. C., & Mendoza, F.C. (2008). Aplicación de un fertilizante enriquecido con silicio y materia orgánica en arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado en Ibagué y el Guamo (Tolima, Colombia), Rev, Fac, Nac, Agron, Medellín 61(2): 4605-4617. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24789/25338>

Amézquita, A. J. (2019). Nivel óptimo de BIOECOL PROBAC para la descomposición del escobajo de palma aceitera (*elaeis guineensis* jacq) y nivel nutricional del compost en Ucayali, Perú. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Perú. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4052>

Arvelo, S., González, L., Delgado, L., Maroto, A., & Montoya, R. (2017). Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en américa. IICA-bba. 280pp. Recuperado el 22 de enero de 2021 de, <http://blog.fundacioncolpos.org/?projects=estado-actual-sobre-la-produccion-el-comercio-y-cultivo-del-cacao-en-america>

Bailón, M. R., & Florida, N. (2021). Characterization and quality of compost produced and marketed in Rupa Rupa-Huánuco, *Enfoque UTE*, 12(1): 1-11. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute,644>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Benítez, R., Rosero, B., & Martín, J. (2014). Evaluación de dos materias primas como fuente de proteína: pluma de pollo (*Gallus gallus*) y pezuña de vaca (*Bos primigenius taurus*), *Ingenium*, 8(22), 21-26. Recuperado el 5 de febrero 2021 de, <https://www.researchgate.net/publication/308093094>

Bhange, K., Chaturvedi, V., & Bhatt, R. (2016). Ameliorating effects of chicken feathers in plant growth promotion activity by a keratinolytic strain of *Bacillus subtilis* PF1. *Bioresour. Bioprocess*, 3(13), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40643-016-0091>

Bueno, D. J., López, N., Rodríguez, F. I. & Procura, F. (2017). Producción de pollos parrilleros en países sudamericanos y planes sanitarios nacionales para el control de *Salmonella* en dichos animales. *Avicultura*. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/produccion-pollos-parrillerospaíses-t40560.htm>

Cabrera, N. A., Daniel, R. I., Martínez, S. C., Alarcón, P. S., Rojas, R. R., & Velázquez, J. S. (2018). Aprovechamiento de subproductos avícolas como fuente proteica en la elaboración de dietas para rumiantes. *Abanico veterinario*, 8(2), 59-67. <https://dx.doi.org/10.21929/abavet2018,82,5>

Cabrera, V., & Rossi, M. (2016). Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina], Repositorio UNALM. <https://bit.ly/30Zt3KC>

Castillo, E., Alvarez, C., & Contreras, Y. (2018). Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) cosechados en Caucaagua estado Miranda Venezuela. *Revista de Investigación*. 42(1): # 95. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3761/376160247008/html/index.html>

Chafla, A. L., Rodríguez, Z., Boucourt, R., & Verena, T. (2016). Bromatological characterization of cocoa shell (*Theobroma cacao*), from seven cantons of the Amazonia, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(2): 245-252. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v50n2/cjas08216.pdf>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Chaves, B., Ortíz, M. y Ortiz, R. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62 (01), 66-72. <https://doi.org/10.15446/acag>

Cunha, L. (2018). Estudo de Competitividade do Cacau e Chocolate no Brasil: Desafios na Produção e Comércio Global. UNESCO y Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC/Brasil. 128pp. Recuperado el 7 de febrero 2021 de, [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz\\_sc\\_cadau\\_c\\_hocolate\\_MICS\\_por\\_2018.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz_sc_cadau_c_hocolate_MICS_por_2018.pdf)

Cun, J. M. & Álvarez, D. C. (2017). Estudio de impacto ambiental de un camal municipal urbano en la provincia de el oro. Ecuador. II Congreso internacional de Ciencia y Tecnología-Universidad Técnica de Machala. Conference Proceeding, 1(1). Disponible en: <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/135>

De la Cruz, C. (2018). Determinación de Dosificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Teobroma Cacao L. “cacao” Naranjos - Pardo Miguel – Rioja. Tesis pregrado. Universidad Nacional de San Martín. Perú. Recuperado el 12 de febrero 2021 de, <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2892/AMBIENTAL%20-%20Andreina%20De%20la%20Cruz%20Casta%3%B1eda%20O.%20INV.pdf?sequence=5>

De La Peña, C.P. (2019). Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Río Negro. Tesis pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Satipo – Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5298/De%20la%20Pe%3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Díaz, G. A. (2018). Hidrólisis alcalina del escobajo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq) para obtener un sustrato prebiótico. Tesis pregrado. Universidad Nacional del Callao, Perú. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/4035>

Duangjai, A., Suphrom, N., Wungrath, J., Ontawong, A., Nuengchamnong, N., & Yosboonruang, A. (2016). Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts, *Integr, Med, Res*, 5: 324-331

Fan, Y Van.; Lee, C.T.; Klemes, J.J.; Chua, L.S.; Sarmidi, M.R.; Leow, CW. 2018. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management* 216: 41-48.

Fierro, C. N., Contreras, O. A., González, R. O., Rosas, M. E., & Morales, R. V. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.), *Agroproductividad*, 11(4): 9-13. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/261>

Florida, N., Reátegui, F., & Pocomucha, V. (2016). Caracterización del compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*) y otros insumos, *Investigación y Amazonía*, 6(2): 1-5. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/124/109>

Florida N. (2019). Plumas: Implicancia ambiental y uso en la industria agropecuaria. *Journal of High Andean Research*, 21(3): 225–237. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.480>

Florida, R. N. & Reategui, D. F. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*), *Livestock Research for Rural Development*, Volume 31, Article #11. <http://www.lrrd.org/lrrd31/1/nelin31011.html>

Florida, R. N., Levano, C. J. D., & Jacobo, S. S. (2020). Effect of feather compost on soil chemical indicators in CCN-51 cocoa plantation (*Theobroma cacao* L.), *Producción + Limpia*, 15(1): 25-34. <http://dx.doi.10,22507/pml,v15n1a2>

Gallardo, M., Montaña, M. & Valladolid, M. (2015). Dos procedimientos para el estudio de las plumas en microscopía óptica. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol*, 109, (2015), 65- 69. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5137764>

García, D., Lima, L., Ruíz, L., & Calderón, P. (2014). Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de Fincas, *Medio Ambiente y Desarrollo*, 14(26), 11pp. <https://bit.ly/3nHElg4>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

García, B. P. (2017). Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje. Tesis Postgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2823/Q70-P7-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Herrera, R., & Riffo, M.O. (2007). Manual. El compostaje y su utilización en agricultura. [http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1907/1El\\_compostaje\\_y\\_su\\_utilizacion\\_en\\_agricultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1907/1El_compostaje_y_su_utilizacion_en_agricultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hernández, R. O., Hernández, T., Rivera, F. C., Arras, V. A., & Ojeda, B. D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios, *Terra Latinoamericana*, 31(1), 35- 46. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57327411004.pdf>

Iglesias, J. E. (2020). Aspectos fisicoquímicos, bioquímicos y microbiológicos del proceso de compostaje, Evaluación de la calidad, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca. <https://bit.ly/36YjrU3>

INEI (2017): Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta Nacional Agropecuaria, Superficie cosechada, según principales cultivos, comparativo 2016-2017. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1593/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1593/)

Jaramillo, G., & Zapata, L.M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Disertación posgrado. Universidad de Antioquia. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Kopec, M., Gondek, K., Mierzwa, H. M., & Antonkiewicz, J. (2018). Factors influencing chemical quality of composted poultry waste. *Saudi Journal of Biological Sciences* 25: 1678- 1686. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.09.012>

Kumar, B.L., & Gopal, D.V. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech* 5(6): 867-876. 25: 1678- 1686. <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Li, J. Zhong, X. L., Wang F., & Zhao, Q. G. (2011). Effect of poultry litter and livestock manure on soil physical and biological indicators in a rice-wheat rotation system, *Plant Soil Environ*, 57(8): 351–356. <https://doi.org/10.17221/233/2010-PSE>

Liqun, Z., Naijuan, H., Minfang, Y., Xinhua, Z., & Zhengwen, Z. (2014). Effects of Different Tillage and Straw Return on Soil Organic Carbon in a Rice-Wheat Rotation System, *PLoS ONE*, 9, (2): 1-7. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0088900>

López, B., Andrade, R., Herrera, S. M., González, C. O., & García F. C. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña, *Revista Centro Agrícola*, 44(3), 49-55. <https://bit.ly/33PzFg8>

López, C., Cunias, R., & Carrasco, V. (2020). El cacao peruano y su impacto en la economía nacional. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 344-352. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202020000300344&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000300344&lng=es&tlng=es).

López, M., López, R., España, M., Izquierdo, A., & Herrera, L. (2007). Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrícicos arburculares en plantaciones de *Theobroma cacao*, *Agronomía Trop*, 57(01). [http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2007000100005](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000100005)

Luna, M. A., & Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*. 4(2): 31-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

Martínez-Ángel, J.D., Villamizar-Gallardo, R.A., & Ortiz-Rodríguez, O.O. (2015). Characterization and evaluation of cocoa (*theobroma cacao* l.) pod husk as a renewable energy source *Agrociencia*, 49(3): 329-345. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30238027008>

Martínez, C. (2004). Fundamentos de la Agroecología, *Ciencias Sociales*, 103-104, 93-102. [https://revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS103\\_104/07MARTINEZ.pdf](https://revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS103_104/07MARTINEZ.pdf)

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Mazzeo, M. M., León, A.L., Mejía, G. L., Guerrero, M. L., & Botero, L.J. (2010). aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de caldas. *Revista Educación en Ingeniería*. 9(1): 128-139. [https://www.acofi.edu.co/revista/Revista9/2010\\_I\\_02.pdf](https://www.acofi.edu.co/revista/Revista9/2010_I_02.pdf)

Mendoza, M. (2012). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura, [Tesis de pregrado, Universidad de Piura], Repositorio PIRHUA. Recuperado el 14 de febrero 2021 de, <https://handle.net/11042/1728>

Meter, A., Atkinson, R. J., & Laliberte, B. (2019). Cadmium in Cacao from Latin America and the Caribbean – A Review of Research and Potential Mitigation Solutions, Bioersivity International, Rome, July 2019. ¿Recuperado el 20 de enero 2021 de, [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/102353/Cadmium\\_review\\_Meter\\_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/102353/Cadmium_review_Meter_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (Enero 2019a). Observatorio de Commodities: Cacao, Boletín de publicación trimestral, Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Recuperado el 12 de febrero 2021 de, <https://bit.ly/36UWbGx>

Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2019b). Comportamiento del mercado nacional e internacional de los commodities, Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Recuperado el 19 de enero 2021 de, <https://bit.ly/34ROqP2>

Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2018). Anuario Estadístico Producción Pecuaria e Industria Avícola, SIEA. Recuperado el 17 de diciembre 2020 de, <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccionpecuaria>

MINAGRI. (2016). “Ministerio de Agricultura y Riego”. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo; Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. MINAGRI-DGPA-DEEIA Perú. Disponible en: <http://repositorio.minagri.gob.pe/handle/MINAGRI/478>

Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG. (2012). Cómo hacer microorganismos eficientes?. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/drocc-hoja-04-2012.pdf>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Mondragón, G. J., Serna, J. J., García, A. L., & Jaramillo, E. L. (2018). Caracterización fisicoquímica de los subproductos cáscara y vástago del plátano *Dominico harton*. *rev.ion*. 31(1): 21-24. <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018003>

Muñoz, C. J., Muñoz P. J. A., & Montes R. C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 13(1): 73-82. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a09.pdf>

Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C. & Kaczanowska, A. (2018). Are Raw Materials or Composting Conditions and Time That Most Influence the Maturity and/or Quality of Composts? Comparison of Obtained Composts on Soil Properties, *Journal of Cleaner Production*, 195, 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.204>

Naranjo, P. E (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>

Norma Oficial Chilena-NCh 2880.OF (2004). Norma Chilena de Calidad de Compost. Instituto Nacional de Normalización INN – Chile. Recuperado el 15 de enero 2021 de, <https://edoc.pub/nch2880-norma-chilena-de-calidad-de-compost-pdf-free.html>

Norma Técnica Colombiana-NTC 5167. (2011). Productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Segunda actualización 10p. Recuperado el 5 de enero de 2021 de, <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5167.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. (2010). IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible. Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana. <http://www.fao.org/3/as435s/as435s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. (2013). Revisión del desarrollo avícola. <http://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Orozco, C., Valverde, F., Martínez, T., Chávez, B., & Benavides, H. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con manzano biofertilizado, *Terra Latinoamericana* 34: 441- 456. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n4/2395-8030-tl-34-04-00441.pdf>

Ortiz, V., & Álvarez, L. R. (2015). Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, municipio de Yaguará (Huila, Colombia). *bol.cient.mus.hist.nat.* 19 (1): 65-84. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v19n1/v19n1a05.pdf>

Ortiz, V. M. (2015). Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cáscara de cacao. Tesis pregrado. Universidad Nacional de San Martín. Perú. Recuperado el 12 de febrero 2021 de, <http://hdl.handle.net/11458/382>

Peralta, A. N., Freitas, G. B., Watthier, M., & Silva, S. R. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: Sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis, *Idesia* (Arica), 37(2), 59-66. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>

Pérez, M. M., Sánchez, H. R., Palma, L. D., & Salgado, G. S. (2011). Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México, *Interciencia*, 36(1): 45-52. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33917727007.pdf>

Pierre, F. R., Quiroz, A. M., & Granda, Y. (2009). Evaluación química y biológica de compost de pulpa del café en Caspito municipio Andrés Eloy Blanco, estado Lara. Venezuela. *Bioagro.* 21(2). 105-110. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612009000200004&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612009000200004&lng=es&tlng=es).

Quintero, G. A., Huertas, W. A., & Ortega, D. (2017). Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina. *UGCiencia.* 23 (1): 81-87. <http://dx.doi.10.18634/ugcj.23v.0i.767>



Ramos, A. D., Terry, A. E., Soto, C. F., & Cabrera, R. J. (2014). Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro. Panamá Cultivos Tropicales. 35(2): 90-97. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230070011.pdf>

Riffel, A., & Brandelli, A. B. (2006). Keratinolytic bacteria isolated from feather waste. São Paulo Braz. Brazilian Journal of Microbiology. 37(3). 395-399. <http://www.scielo.br/pdf/bjm/v37n3/v37n3a36.pdf>

Rivas, N., & Silva, A. R. (2020). Calidad física y química de tres compost. elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia crassipes*). Ciencia Unemi. 13(32). 87-100. <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1007>

Román, P. Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Experiencias en América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile. <https://bit.ly/3dijhrO>

Salazar, M. (2016). Rendimiento de biomasa y valoración nutrimental de residuos pos cosecha de cacao (*Theobroma cacao* L). Tesis pregrado. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Recuperado el 17 de febrero 2021 de, <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23699/1/tesis%20001%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Alberto%20Salazar-%20cd%20001.pdf>

Salazar, M.V. (2013). Determinación del método para la obtención de queratina cosmética a partir de plumas gallináceas. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencia, Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1088/1/T-UC-0008-10.pdf>

Sánchez, Ó.J.; Ospina, D.A.; Montoya, S. 2017. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. Waste Management 69: 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>

Simó, G., Ruiz, M. L., Rivera E. R., Morales, O. O., Carvajal, S. D., & Ramírez, P. T. (2005). Estudios integrales para el manejo y producción in situ de alternativas de fertilización en el cultivo del plátano. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales.

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>



Santo Domingo. Villa Clara. Cuba.  
<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5383/FAOJaime1.pdf>

Soriano, J. (2016). Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de “microorganismos eficaces”- concepción. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado el 10 de febrero 2021 de, <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano%20Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Suárez, A., Artigas, G., Miranda, R., & Sira, S. (2017). Sistema logístico para el desarrollo tecnológico de una planta de compostaje en la Universidad de Carabobo. *Ingeniería y Sociedad UC*. 12(1): 68-80. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaYSociedad/a12n1/art05.pdf>

Tanya, M. M., & Leiva, M. M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>

Torres, T., Álvaro, A., & Chinchilla C. (2004). Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera. *PALMAS*. 25(especial. Tomo II): 377-387. Recuperado el 5 de febrero 2021 de, <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1103>

Uribe, J.F., Estrada, M., Córdoba, S., & Hernández, L.E., & Bedoya, D.M. (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Rev Col Cienc Pec*. 14(2): 164-172. 8

Vargas, E., & Zumbado, M. (2003). Composición de los subproductos de la industrialización de la Palma Africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 27(1): 7-18. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43627101>

Vásquez, D. M., López, A., Fuentes, B., & Cote, E. (2010). Aceleración del proceso de compostaje de residuos post-cosecha (pulpa) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Revista CENIC*. 41(1):1-7. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220509002>

*Plumas y residuos locales una alternativa para mejorar la calidad del compost y suelos en el trópico peruano*  
ISBN: 978-958-53472-0-5 DOI: <https://doi.org/10.34893/8pf7-7h61>

Zevallos, R. S. (2015). Determinación del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma, en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, región Ucayali. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Perú. Recuperado el 11 de febrero 2021 de, <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2229>



**Eidéc**  
EDITORIAL