

Manual para la elaboración y uso de biofertilizantes a partir de la cáscara de mazorca de cacao



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria





MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
DIRECCIÓN DE SUPERVISIÓN Y MONITOREO EN LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES AGRARIAS

Manual para la elaboración y uso de biofertilizantes a partir de la cáscara de mazorca de cacao



Instituto Nacional de Innovación Agraria

MANUAL PARA LA ELABORACIÓN Y USO DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE LA CÁSCARA DE MAZORCA DE CACAO

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO

Ministro de Desarrollo Agrario y Riego

Ángel Manuel Manero Campos

Viceministra de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario

Carmen Inés Vegas Guerrero

Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego

Iván Ramos Pastor

Jefe del INIA

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

© Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Primera edición digital:

Abril 2025

Publicado:

Abril 2025

Disponible en:

<https://repositorio.inia.gob.pe/>

ISBN:

978-9972-44-178-3

Editado por:

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Equipo Técnico de Edición y Publicaciones

Av. La Molina 1981, Lima-Perú

Teléf. (511) 2402100 - 2402350

www.gob.pe/inia

Equipo Técnico de Edición y Publicaciones:

Janet Flores / **Teléfono:** 964173509 / **Correo electrónico:** comite_publicaciones@inia.gob.pe

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-03328

Autores: Rita de Cassia Siqueira-Bahia, Neil E. Villanueva-Cueva, Richard A. Solórzano-Acosta, Julio

C. Samaniego-Puente, Yuri G. Arévalo-Aranda, Henry Diaz-Chuquizuta / **Editora general:** Cinthia S.

Quispe-Apaza / **Revisión de contenido:** Cinthia S. Quispe-Apaza, Héctor A. Ramírez-Maguiña / **Diseño**

y diagramación: Miguel Alvarez-Escalante



Tabla de contenido

Presentación	7
1. Introducción	9
2. Biofertilizantes	11
2.1. Fermentación aeróbica	12
2.2. Fermentación anaeróbica	14
3. Características de la mazorca y de la cáscara de cacao	17
3.1. Biofertilizantes de la cáscara de cacao	19
4. Elaboración de biofertilizante sólido	21
5. Preparación de biofertilizante líquido	29
6. Referencias bibliográficas	33



Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), que desarrolla actividades de investigación, transferencia tecnológica, aprovechamiento y conservación de los recursos genéticos; además de la producción de semillas, plantones y reproductores de alto valor genético.

El INIA, a través de la Dirección de Supervisión y Monitoreo en las Estaciones Experimentales Agrarias (DSME), viene ejecutando el proyecto de inversión “Mejoramiento de los servicios de investigación y transferencia tecnológica en el manejo y recuperación de suelos agrícolas degradados y aguas para riego en la pequeña y mediana agricultura en los departamentos de Lima, Áncash, San Martín, Cajamarca, Lambayeque, Junín, Ayacucho, Arequipa, Puno y Ucayali”, con CUI N° 2487112, el cual tiene como uno de sus objetivos evaluar prácticas alternativas para el manejo de suelos y agua en la producción agrícola.

En este marco, un aspecto central para la recuperación de suelos agrícolas degradados y la calidad del agua es la gestión eficiente de los residuos generados durante la producción agrícola. Estas prácticas no solo ayudan a restaurar la fertilidad y estructura de los suelos, sino también a mitigar el impacto ambiental del manejo tradicional de residuos. En el caso del cultivo de cacao, una alternativa viable y sostenible es la puesta en valor de la cáscara de mazorca para elaborar biofertilizantes. Esta acción integra el enfoque de economía circular, maximizando el aprovechamiento de recursos y aportando beneficios adicionales al sistema productivo.

En ese sentido, el presente “Manual para la elaboración y uso de biofertilizantes a partir de la cáscara de mazorca de cacao” reseña experiencias y resultados de las investigaciones del INIA relacionadas a la producción de biofertilizantes a partir de este residuo agrícola. Este documento se pone a disposición de agricultores, profesionales del sector agropecuario y público interesado en conocer una alternativa de producción de biofertilizantes y el uso de la cáscara de cacao.

M. Sc. Jorge Juan Ganoza Roncal
Jefe del INIA



1. Introducción

El cambio climático está impactando en el sector agrícola con eventos meteorológicos extremos, que se muestran en las variaciones de las temperaturas, sequías extremas y la alteración de las estaciones, los cuales influyen en el manejo agronómico y en la producción de los cultivos a nivel mundial. El cacao es uno de los cultivos, en el cual se ha proyectado que las áreas aptas para su establecimiento pueden disminuir sustancialmente entre el 7 y 16 % debido a los efectos del cambio climático (Ceccarelli et al., 2021; Ceccarelli et al., 2024; Quiroz et al., 2022).

A pesar del escenario mundial, el Perú viene experimentando en los últimos años un crecimiento sostenido en la producción de cacao, posicionándose como uno de los principales productores y exportadores a nivel mundial, ocupando el tercer lugar en exportación de cacao orgánico (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, [MIDAGRI], 2023). Este cultivo es el sustento de la economía de más de 100 mil familias, principalmente bajo sistemas de agricultura familiar. Además, el Perú concentra una importante producción de los cacaos finos de aroma, según la Organización Internacional del Cacao (ICCO), representando el 75 % del volumen total de exportación y es el centro de origen de una gran diversidad de este cultivo (MIDAGRI, 2020).

La producción de cacao genera una gran cantidad de residuos agrícolas, los cuales, en su mayoría, no son aprovechados y generan un impacto ambiental negativo (Bahia et al., 2019). El residuo predominante, que se obtiene del beneficio de cacao, es la cáscara de la mazorca. Por cada tonelada de semilla seca, se generan aproximadamente 10 toneladas de cáscara con un 80 % de humedad. Estos residuos pueden contaminar el suelo y servir como inóculo para fitopatógenos. Un ejemplo es *Phytophthora* spp., agente causal de la pudrición parda de la mazorca del cacao, el cual puede propagarse a través de los residuos de la cosecha, llegando a reducir la producción hasta en un 90 % (Oliveira, 2017).

Existen una serie de alternativas para aprovechar la cáscara de cacao, como su uso en alimentos destinados para humanos y animales, en la extracción de pectinas, en la producción de gomas y obtención de biofertilizantes. (Farias, 2012; Vera-Rodríguez et al., 2021; Vásquez-Cortez et al., 2023). En particular, se ha demostrado que los biofertilizantes producidos a partir de la cáscara de cacao favorecen la tasa de mineralización en los suelos, aumentan el pH e incrementan el contenido de nutrientes disponibles como K, Ca, Mg, Zn y Mn (Chepote, 2003; León Nájera, 2007; Sodré et al., 2012).

En este sentido, el presente documento tiene como objetivo brindar información para la elaboración de biofertilizantes a partir de la cáscara de cacao y su uso de manera eficiente y sostenible.



2. Biofertilizantes

Los biofertilizantes son productos biológicos elaborados a partir de organismos vivos y sus derivados, los cuales cumplen la función de mejorar la fertilidad y propiedades del suelo (Aramendis et al., 2022). Mientras que, los fertilizantes orgánicos son aquellos que presentan un alto contenido de carbono, los cuales se obtienen a partir de la descomposición de restos vegetales y/o animales (Pérez et al., 2022). Algunos de los fertilizantes orgánicos pueden clasificarse como biofertilizantes. Actualmente, existe la tendencia de la elaboración de biofertilizantes a partir de la formulación de microorganismos con función de fijación, solubilización y movilización de nutrientes con la capacidad colonizar las raíces de los cultivos (Pérez Porras et al., 2022; Santos et al., 2024).

Existen varios modelos e ingredientes utilizados para la elaboración de biofertilizantes (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural [SENAR], 2018). Una alternativa sencilla es mezclar estiércol y agua; pero, a esta mezcla también se le puede añadir restos vegetales, leche, melaza, salvado, orina animal y materiales inorgánicos como cenizas, fosfatos naturales, caliza, polvo de roca y micronutrientes (Figura 1). Por lo que, según los procesos empleados se distinguen dos tipos de biofertilizantes: aeróbicos y anaeróbicos (Moreira, 2016).



Figura 1. Producción de biofertilizantes aeróbicos (Nunes Costa et al., 2023)

2.1. Fermentación aeróbica

Es un proceso biológico llevado a cabo por diferentes microorganismos, sobre un sustrato orgánico en presencia de oxígeno. Durante este proceso, los microorganismos consumen los nutrientes de la materia orgánica, principalmente el nitrógeno (N) y el carbono (C), para producir su propia biomasa. Adicionalmente, generan calor y un sustrato sólido estable, que se conoce como compost (Román et al., 2013). Dentro de los biofertilizantes aeróbicos el proceso más conocido y utilizado es el compostaje.

El compost agrícola debe cumplir con ciertas especificaciones técnicas para ser considerado apto para su uso. La Norma Técnica Peruana NTP 201.207:2020 (2020) define el compost como un producto inocuo y libre de efectos fitotóxicos, que resulta del proceso de compostaje; está constituido por materia orgánica estabilizada y degradada en partículas más finas y oscuras. La norma establece una serie de especificaciones técnicas para este producto, que incluyen parámetros como el pH, conductividad eléctrica, relación carbono/ nitrógeno (C/N), contenido de nutrientes y requisitos microbiológicos.

Para que el compost adquiera estas propiedades es necesario que atraviese un adecuado proceso de elaboración. Según Roman et al. (2013) es posible identificar tres fases del proceso de fermentación aeróbica para la elaboración de biofertilizantes, según la temperatura generada.

a. Fase mesófila

Comprende la fase inicial, que se caracteriza por un aumento de la temperatura del sustrato. En esta fase, los microorganismos consumen las fuentes de carbono y nitrógeno disponibles, generando calor a través de sus reacciones metabólicas. Al mismo tiempo los microorganismos sintetizan ácidos orgánicos, lo que reduce el pH del sustrato. La fase mesófila generalmente dura entre dos y ocho días.

b. Fase termófila

Esta fase ocurre cuando el material supera los 45 °C y predominan las bacterias termófilas. Estos organismos facilitan la degradación de compuestos complejos como la celulosa y la lignina. Además, el pH aumenta debido a la transformación del nitrógeno en amoníaco. La duración de esta etapa varía entre unos días y varios meses, según el material, las condiciones climáticas y otros factores. Es importante destacar que las temperaturas superiores a 55 y 60 °C eliminan la mayoría de los patógenos, lo que higieniza el biofertilizante.

c. Fase de enfriamiento o mesófila II

La segunda fase mesófila ocurre cuando se agotan las fuentes de carbono y nitrógeno. Como resultado de este proceso, la temperatura del material desciende a niveles similares a los de la primera fase. Entonces, a menos de 40 °C, los organismos mesófilos reanudan su actividad, y el pH del medio desciende ligeramente; sin embargo, se mantiene levemente alcalino. Por lo general, esta fase dura varias semanas.

d. Fase de maduración

Es un período en el que se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados. Como resultado de estas reacciones, se forman ácidos húmicos y fúlvicos. La fase de maduración puede durar varios meses a temperatura ambiente.

2.2. Fermentación anaeróbica

Los biofertilizantes también se pueden producir a partir de un proceso de descomposición controlada en condiciones anaerobias, es decir, sin oxígeno (Moreira, 2016). Como resultado se genera un efluente rico en nutrientes o un sólido. Además, los microorganismos anaerobios producen biogás, cuya composición principal es el metano (CH₄), el cual puede ser aprovechado para la generación de energía (O'Neill y Ramos-Abensur, 2022).

La estructura básica para la producción de biofertilizantes anaerobio es el digestor anaeróbico. Este es un pozo revestido o un recipiente sellado, donde se acondiciona la materia orgánica y se acumula el biogás (O'Neill y Ramos-Abensur, 2022). En particular, es posible construir un biodigestor casero utilizando bidones de plástico, aluminio o acero inoxidable, el cual deberá estar cerrado con una tapa. Luego, se perfora la tapa en el centro para introducir una manguera, cuyo extremo se coloca en una botella con agua (Figura 2). La materia orgánica agregada al bidón debería ocupar, como máximo, el 75 % de su volumen (Moreira, 2016).



Figura 2. Producción de biofertilizantes aeróbicos (Sangita et al., 2015)





3. Características de la mazorca y de la cáscara de cacao

La mazorca o fruto de cacao está compuesto por la cáscara, pulpa, semillas y placenta, (Figura 3). La mazorca es de forma alargada con surcos longitudinales y está sostenida por un pedúnculo de textura leñosa. Cada mazorca contiene entre 20 y 40 semillas envueltas en una pulpa dulce de consistencia mucilaginoso y ligeramente adherida a la placenta (Lutheran World Relief, 2013). Según Meza-Sepulveda et al. (2024) la parte del fruto del cacao que comúnmente se conoce como cáscara corresponde al pericarpio, el cual está constituido por tres capas.

- **Epicarpio:** es la parte más externa y delgada de la mazorca. Puede variar de coloración de verde a morado o de amarillo a naranja, según el grado de maduración y la variedad.
- **Mesocarpio:** es la parte media y gruesa.
- **Endocarpio:** es la capa más interna, fina y está en contacto con las semillas.

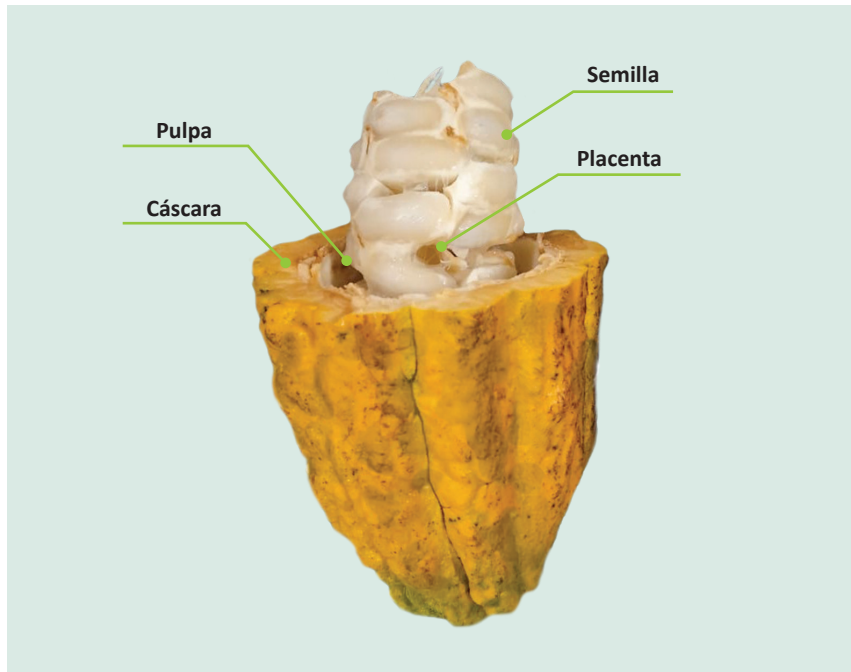


Figura 3. Estructura de la mazorca de cacao (Adaptado de Cayetano et al., 2021)

La cáscara del cacao está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, según se detalla en la Tabla 1. Uno de los posibles usos de la cáscara es la producción de bioetanol a través de procesos físicos y químicos (Rahman et al., 2023). Además, la cáscara contiene un alto contenido de fibra alimentaria, carbohidratos y compuestos bioactivos. Por lo tanto, es posible convertir este residuo en productos para alimentación humana, los cuales podrían reducir el riesgo de desarrollo de enfermedades crónicas (Bernaud y Rodrigues, 2013; Delgado-Ospina et al., 2021).

Componentes	Valores (g/100 g ⁻¹ de materia seca)	Referencias
Celulosa	24.24 - 35.0	Grillo et al. (2019); Mansur et al. (2014)
Hemicelulosa	8.72 - 11.0	Ofori-Boateng y Lee (2013); Mansur et al. (2014)
Lignina	14.6 - 26.38	Mansur et al. (2014); Ofori-Boateng y Lee (2013)
Proteína	4.21 -10.74	Ofori-Boateng y Lee (2013)
Fibra alimentaria	36.6 - 56.10	Arlorio et al. (2001); Martínez et al. (2012)
Teobromina	0.34	Arlorio et al. (2001); Ofori-Boateng y Lee (2013)
Fenólicos totales y Antocianinas	4.6 - 6.9	Arlorio et al. (2001); Lessa et al. (2017)
Carbohidratos	29.04 - 32.3	Vásquez et al. (2019)

Tabla 1. Composición química de la cáscara de cacao (Vásquez et al., 2019)

3.1. Biofertilizantes de la cáscara de cacao

Diversos estudios han demostrado que los biofertilizantes de cáscara de cacao favorecen el crecimiento de los cultivos y mejoran las características del suelo. En particular, la aplicación de este tipo de biofertilizante en el cultivo de cacao, redujo el requerimiento de fertilizantes convencionales, aumentó absorción de calcio, magnesio, zinc y manganeso, e incrementó su rendimiento (Chepote, 2003). Asimismo, el biofertilizante líquido de cáscara aplicado al suelo aumentó el pH, disminuyó el contenido de aluminio y favoreció el crecimiento de plántulas de cacao, debido a su alta concentración de potasio y contenido de sustancias húmicas (Sodré et al., 2012).

La aplicación de biofertilizante de cacao también favorece la actividad microbiana del suelo. Por ejemplo, el estudio de Doungous et al. (2018) indica que este producto logró la supresión de *Pythophthora*, agente causal de la pudrición de la mazorca, y aumentó la actividad microbiana del suelo. Por último, la cáscara de cacao, en adición a otros residuos, favoreció la mineralización de la materia orgánica en algunos tipos de suelo, aumentando el contenido de nutrientes disponibles (León Nájera, 2007).

La elaboración de este tipo de biofertilizantes se puede realizar siguiendo distintos procedimientos. Algunos autores sugieren la elaboración de biofertilizante sólido a partir de la mezcla de la cáscara de cacao y otros materiales en distintas proporciones. Según Chepote (2003) elaboró un fertilizante orgánico mezclando cáscaras con estiércol en proporción 3:1. Munongo et al. (2017), elaboró biofertilizante mezclando cáscara, gras picado y estiércol de aves de corral en proporción 2:2:1. También, la obtención de biofertilizantes líquidos es posible. Por ejemplo, Sodré et al. (2012) elaboraron un fertilizante líquido para el suelo a partir del extracto de compost de cáscara de cacao pura y su dilución en agua.

Los estudios realizados en la Estación Experimental Agraria El Porvenir, del INIA, validaron la elaboración de biofertilizantes a partir del uso de cáscara de cacao puro a través del proceso de fermentación aeróbica. Como producto de este proceso se obtuvo un sustrato orgánico sólido el cual puede ser aplicado directamente al suelo con el objetivo de proveer nutrientes, mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y complementar la fertilización orgánica o convencional de los cultivos. Además, este mismo material ha sido usado para la elaboración de un biofertilizante líquido, el cual se aplica de manera foliar sobre los cultivos. La metodología de elaboración de ambos productos se explica en las siguientes secciones.



INDASPRI
Indonesian National
Agricultural Service
Agency

4. Elaboración de biofertilizante sólido

La fermentación aeróbica es un proceso viable para transformar la cáscara de cacao en biofertilizante. Este proceso produce un biofertilizante sólido que se emplea como enmienda orgánica para aplicar al suelo. El producto mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, aumenta el contenido disponible de nutrientes y favorece el crecimiento de las plantas.

El proceso de fermentación de la cáscara de cacao se debe realizar en ambientes acondicionados para tal fin. Existen diferentes sistemas de producción de biofertilizantes, los cuales dependen de la cantidad de material vegetal y la infraestructura disponible para su procesamiento. Entre los más comunes se citan las pilas extendidas, camas composteras y reactores cerrados (Pérez Porras et al., 2022). En la presente guía, se explicará el procedimiento en un sistema de pila abierta.

En general, los ambientes en los que se preparen y almacenen estos productos deben estar separados de los campos de cultivo y de los espacios donde se realice el manejo postcosecha o beneficio del cacao (corte, fermentación, secado y almacenamiento). Esto debido a la alta carga microbiana que poseen los biofertilizantes, lo cual genera el riesgo de contaminación cruzada con los granos de cacao destinados a consumo humano (Soto, 2022). Se sugiere denominar a este producto como biofertilizante de cáscara de cacao en vez de compost, ya que algunas de sus características químicas y físicas difieren de los parámetros establecidos por la Norma Técnica para Compost de uso agrícola NTP 201.207:2020 (2020).

a. Material vegetal

Se pueden usar cáscaras de cualquier variedad de cacao. Cabe señalar que la cáscara debe provenir de mazorcas frescas, es decir, recién cosechadas hasta un máximo de cinco días de maduración (Farias, 2012). Además, se sugiere seleccionar cáscaras en buen estado sanitario, sin síntomas de pudrición ocasionado por fitopatógenos ni en estado de descomposición. Si bien el proceso de fermentación eleva la temperatura del material agregado, en el caso de la cáscara de cacao, no se ha observado valores de temperatura a más de 45° C. Por tal motivo, no se puede asegurar la eliminación de patógenos perjudiciales para el ser humano o para los cultivos. En consecuencia, se sugiere tener especial cuidado con el estado sanitario de la cáscara que se emplee en el compostaje.

b. Trituración de las cáscaras de cacao

Las cáscaras de cacao deben ser trituradas para favorecer su descomposición uniforme. Para volúmenes de más de una tonelada se sugiere realizar la trituración de forma mecanizada. Por ejemplo, se puede emplear una trituradora estacionaria para forraje (Figura 4A). Al trabajar con volúmenes menores, se puede utilizar cualquier herramienta disponible en las fincas para facilitar la reducción de las cáscaras (Figura 4B) (Bahia et. al, 2019; Farias, 2012). En general, se recomienda triturar la cáscara hasta obtener trozos de entre 1.5 a 2 cm de diámetro (Bahia et al., 2019).



Figura 4. Trituración de la cáscara de cacao. (A) Trituradora mecanizada, (B) manual

c. Distribución del material vegetal

Una vez triturado, el material se debe juntar en una pila en el lugar donde permanecerá durante todo el proceso, el cual puede durar en promedio 110 días. En caso de no disponer de un ambiente bajo techo, se puede tapar la pila con plástico, hojas u otros materiales que aislen el material orgánico de las lluvias. Para trabajar con cantidades de cáscara menor a una tonelada, la pila puede ser colocada sobre una lona de polietileno (Figura 5) o directamente sobre la tierra o suelo pavimentado.



Figura 5. Preparación de la superficie, sobre la cual se realiza el compostaje

d. Volteo del material apilado

Se debe voltear el material apilado cinco veces cada 21 días (Figuras 6A y B), esto ayudará a mantener la oxigenación, acelerar el proceso y mantener la temperatura. No se recomienda agregar agua ni incorporar estiércol (Bahia et. al, 2019; Farias, 2012). Sin embargo, la frecuencia de volteo puede variar según el monitoreo de parámetros del material, como se explicará en los siguientes párrafos.



Figura 6. Rotación del material apilado. (A) En el invernadero, (B) en campo

e. Monitoreo de los parámetros

Las mediciones de los parámetros físicos y químicos del material en descomposición (Figura 7A y B), se realizan antes y después de los volteos para evaluar la transición entre las diferentes fases de la fermentación aeróbica: fase mesófila I, fase termófila, fase mesófila II y fase de estabilización (ver Sección 2. Biofertilizantes). Se sugiere monitorear en cada una de ellas la temperatura, pH y conductividad eléctrica.

- **Temperatura**

La temperatura del material orgánico puede variar desde 35 °C al inicio del proceso, hasta un máximo de 45 °C. No obstante, estos valores pueden cambiar según el tipo de cáscara y las condiciones ambientales. En general, el control de la temperatura busca determinar el valor máximo alcanzado, lo que indica que el material está en la fase termófila. Posteriormente, la temperatura disminuirá durante la fase de estabilización hasta llegar a un valor constante, característico de la fase de maduración.

- **pH**

El pH del biofertilizante es evaluado para monitorear las fases del proceso y la actividad microbiana. Según Román et al. (2013) el pH del biofertilizante debe encontrarse entre 4.5 y 8.5 para no generar problemas en la actividad de los microorganismos y las reacciones que ocurren en el sustrato orgánico. Sin embargo, al igual que los demás parámetros, los valores pueden variar según las características específicas de las cáscaras usadas. En experiencias (INIA, datos no publicados), se obtuvieron valores de entre 7 a 8.5 de pH en el compostaje de cáscaras de cacao.

- **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro relacionado con el contenido de sales del sustrato. Un alto contenido de sales en el biofertilizante resulta perjudicial para el cultivo. Se sugiere que la CE del biofertilizante no supere los 5 dS/m, según la norma técnica peruana NTP 201.207:2020 (2020). Los valores de conductividad de la cáscara en proceso de fermentación normalmente son menores a 1 dS/m, (INIA, resultados no publicados), los cuales son adecuados y no afectarán el desarrollo de las plantas. Aun así, se sugiere el control de este parámetro, ya que puede variar según las características del material orgánico que se emplee.



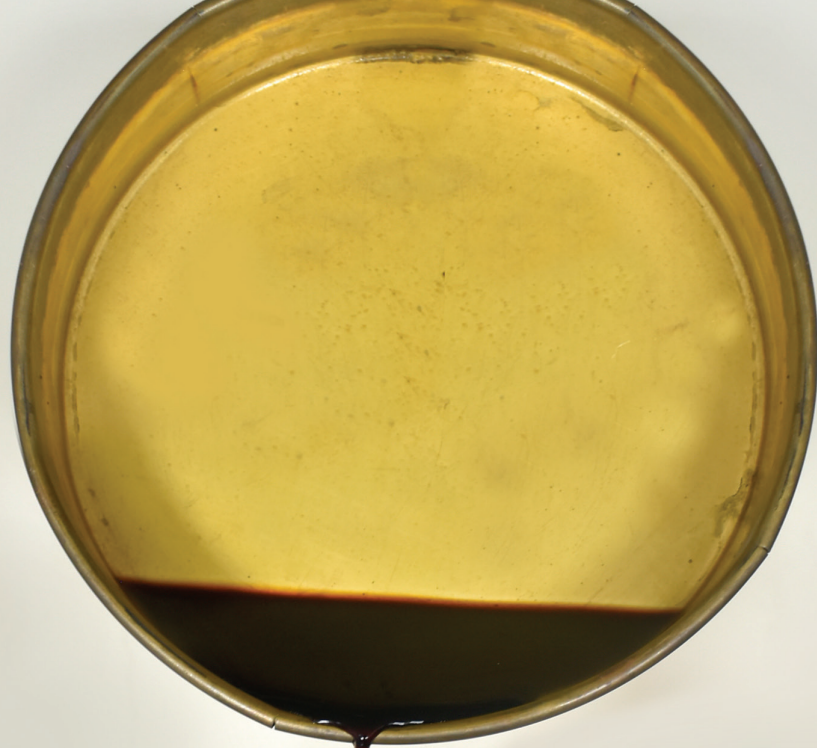
Figura 7. Control de los parámetros físicos y químicos (A) En invernadero, (B) en campo

f. Estabilización

Esta es la última etapa del proceso de fermentación de la cáscara de cacao. Durante esta fase, la materia orgánica se transforma completamente en humus, es decir, en materia orgánica estable. El sustrato resultante es oscuro, tiene un olor a suelo húmedo y presenta temperatura constante (Figura 8). En este punto, el biofertilizante está listo para su uso.



Figura 8. Biofertilizante en fase de estabilización



5. Preparación de biofertilizante líquido

El biofertilizante líquido se prepara a partir del biofertilizante sólido, cuyo proceso se abordó en la sección 3 del presente manual (Preparación de biofertilizante sólido). Para su producción, se debe mezclar el biofertilizante en relación 1:8 con agua destilada y/o hervida. Luego, dejar reposar por 24 horas, filtrar y repetir el procedimiento (Figura 9).



Figura 9. Materiales usados para la elaboración del biofertilizante

a. Almacenamiento

El biofertilizante líquido tiene un tiempo de caducidad de seis meses en condiciones adecuadas. Este se debe almacenar en envases limpios de color oscuro (Figura 10) para evitar la incidencia de la luz directa. De igual manera, los envases con el biofertilizante deben ser almacenados en lugares limpios, libres de polvo y otros contaminantes. Deben estar alejados de la luz solar directa y protegido de la humedad. Asimismo, el lugar de almacenamiento no debe alcanzar temperaturas altas, debido a la sensibilidad del producto a esta condición.



Figura 10. Almacenamiento del biofertilizante líquido

b. Uso en campo

Se recomienda aplicar el biofertilizante al cultivo mediante aspersiones foliares a una concentración del 2 %, es decir 2 ml de biofertilizante por litro de agua. Para su aplicación con mochila pulverizadora de 20 litros, se debe agregar 40 ml de biofertilizante líquido y completar con agua hasta alcanzar el volumen total.

El biofertilizante líquido puede aplicarse al cacao tanto en la etapa de plánton en vivero (Figura 11) como en campo definitivo (Figura 12). Se sugiere, dirigir las aplicaciones a las partes vegetativas de la planta, es decir, a las hojas y brotes jóvenes. Además, este producto orgánico se puede aplicar en otros cultivos de interés agronómico como arroz, maíz, café, ya que contribuye a la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la producción de alimentos sostenibles con mayor calidad nutricional.



Nota: cabe señalar que el uso de todo producto o enmienda agrícola en sistemas productivos certificados, en Buenas Prácticas Agrícolas, certificación orgánica u otras, debe ser evaluado previamente según la normativa que rige dicha certificación.



Figura 11. Aplicación del biofertilizante en plantones de cacao en vivero



Figura 12. Aplicación del biofertilizante en plantas de cacao en campo



6. Referencias bibliográficas

- Aramendis, R., Mondaini, A., y Rodríguez, A. (2022). *Bioinsumos de uso agrícola: Situaciones y perspectivas en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c95d47f1-c56b-45c5-b21c-7820fea33ea8/content>
- Arlorio, M., Coisson, J. D., Travaglia, F., Varsaldi, F., Miglio, G., Lombardi, G., y Martelli, A. (2001). Antioxidant and biological activity of phenolic pigments from *Theobroma cacao* hulls extracted with supercritical CO₂. *Food Research International*, 38(8), 1009-1014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.03.012>
- Bahia, R. de C. S., Sodr e, G. A., Sousa, I. P., y Viana, T. G. (2019). Estudo das varia es de temperatura e umidade durante a compostagem da casca do fruto do cacauero. R.R.S. da Silva-Matos, M.B. Furtado, y M.F. de Farias (Eds.), *Tecnologia de Produ a em Fruticultura*. Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.0311909109>
- Bernaudo, F., y Rodrigues, T. (2013). Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, (57)6. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302013000600001>
- Cayetano, P., Peça, K. M., Olivarez, E. L., y Vargas, S. M. (2021). *Estudio de vigilancia tecnológica del cultivo de cacao*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/571daec6-d48e-43aa-a556-956dd7ce0ae7>
- Ceccarelli, V., Fremout, T., Thomas, E., Chavez, E., Argüello, D., Looz Sol zano, R. G., y Sotomayor Cantos, I. A. (2024). Vulnerability to climate change of cultivated and wild cacao in Ecuador. *Climatic Change*, 177(7). <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03756-9>
- Ceccarelli, V., Fremout, T., Zavaleta, D., Lastra, S., Im n Correa, S., Arévalo-Gardini, E., Rodriguez, C., Cruz Hilacondo, W. y Thomas, E. (2021). Impacto del cambio climático en el cacao cultivado y silvestre en Perú y la búsqueda de genotipos tolerantes al cambio climático. *Diversidad y Distribuciones*, 27 (8), 1462-1476 . <https://doi.org/10.1111/ddi.13294>
- Chepote, R. E. (2003). Efeito do composto da casca do fruto de cacau no crescimento e produ a do cacauero. *Agrot pica*, 15(1), 17-25. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/revista-volumes/2000-a-2010/revista-agrotropica-vol-15-no-1-2003.pdf>

- Delgado-Ospina, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. Á., Martuscelli, M., y Chaves-López, C. (2021). Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. *Heliyon*, 7(4), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06799>
- Dougous, O., Minyaka, E., Longue, E. A. M., y Nkengafac, N. J. (2018). Potentials of cocoa pod husk-based compost on *Phytophthora* pod rot disease suppression, soil fertility, and *Theobroma cacao* L. growth. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(25), 25327-25335. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2591-0>
- Farias, A. de A. (2012). *Utilização de composto orgânico na adubação de plantas*. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Ministério da Agricultura e Abastecimento. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes-outras-cadeias/cartilha-utilizacao-de-composto-organico>
- Grillo, G., Boffa, L., Binello, A., Mantegna, S., Cravotto, G., y Chemat, F. (2019). Analytical dataset of Ecuadorian cocoa shells and beans. *Data Br.* 22:56-64. doi.org/10.1016/j.dib.2018.11.129
- Instituto Nacional de Calidad. (2020). Norma Técnica Peruana 201.207:2020 Fertilizantes. *Compost para uso agrícola* (1.ª ed.). <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- León Nájera, J. A. (2007). *Mineralización en suelos abonados con sustratos orgánicos y efectos de la inoculación micorrízica en la producción de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) cultivado en huertos orgánicos biointensivos* [Tesis para optar el grado de Doctor]. Colegio de la Frontera Sur. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1848/1/100000045565_documento.pdf
- Lessa, O. A., Reis, N. dos S., Leite, S. G. F., Gutarra, M. L. E., Souza, A. O., Gualberto, S. A., de Oliveira, J. R., Aguiar-Oliveira, E., y Franco, M. (2017). Effect of the solid state fermentation of cocoa shell on the secondary metabolites, antioxidant activity, and fatty acids. *Food Science and Biotechnology*, 27(1), 107-113. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0196-x>
- Lutheran World Relief. (2013). *Aprendiendo e innovando sobre el cacao en sistemas agroforestales*. <https://canacacao.org/wp-content/uploads/Guia-1-Agroforestry-1.pdf>
- Mansur, D., Tago, T., Masuda, T., y Abimanyu, H. (2014). Science Direct Conversion of cacao pod husks by pyrolysis and catalytic reaction to produce useful chemicals. *Biomass and Bioenergy*. 6, 1-11. doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.065

- Martínez, J. D., Mahkamov, K., Andrade, R. V., y Silva Lora, E. E. (2012). Syngas production in downdraft biomass gasifiers and its application using internal combustion engines. *Renewable Energy*, 38(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.07.035>
- Meza-Sepulveda, D. C., Hernandez-Urrea, C., y Quintero-Saavedra, J. I. (2024). Physicochemical characterization of the pod husk of *Theobroma cacao* L. of clones CCN51, FEAR5, and FSV41 and its agroindustrial application. *Heliyon*, 10(7), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28761>
- Munongo, M., Nkeng, G., y Njukeng, J. (2017). Production and characterization of compost manure and biochar from cocoa pod husks. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 2(2), 26-31. https://ijasrm.com/wp-content/uploads/2017/02/IJASRM_V2S1_185_26_31.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). *Producción nacional de cacao en grano creció en la última década a un promedio de 12.6% al año*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/305143-produccion-nacional-de-cacao-en-grano-crecio-en-la-ultima-decada-a-un-promedio-de-12-6-al-año>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). *Perú, centro de origen y productor mundial de cacao orgánico*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/841797-peru-centro-de-origen-y-productor-mundial-de-cacao-orgánico>
- Moreira, V. R. R. (2016). *Biofertilizante*. Fichas Agroecológicas: Tecnologías Apropriadas para Agricultura Orgánica. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos/fertilidade-do-solo/4-biofertilizante.pdf/view>
- Nunes Costa, M. M. M., Lemos Barros, M. A., y Mendes Freire, R. M. (2023). *Biofertilizantes*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1162064/1/BIOFERTILIZANTES.pdf>
- Ofori-Boateng, C., y Lee, K. (2013). The potential of using cocoa pod husks as green solid base catalysts for the transesterification of soybean oil into biodiesel: Effects of biodiesel on engine performance. *Chemical Engineering Journal*, 220,395-401. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.01.046>
- Oliveira, M. A. L. de. (2007). Doenças do cacau. In G. A. Sodré (Ed.), *Cultivo de cacau no Estado da Bahia* (pp. 67-104). Centro de Pesquisas do Cacau. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/outras-publicacoes/cultivo-do-cacau-no-estado-da-bahia.pdf>

- O'Neill, B., y Ramos-Abensur, V. (2022). *Revisión del estado del conocimiento y uso de los fermentos líquidos y del biol en los Andes*. Rikolto Veco; University of Michigan; The McKnight Foundation. <https://www.ccrp.org/wp-content/uploads/2022/10/Revisio%CC%81n-del-estado-del-conocimiento-y-uso-de-fermentos-li%CC%81quidos-y-del-biol-en-los-Andes.pdf>
- Pérez-Porras, W. E., Arévalo-Aranda, Y., Palomino-Paccua, L., Quintanilla-Rosas, J., Ortiz-Dongo, L. F., y Duarte-Guardia, S. (2022). *Manual de producción de enmiendas orgánicas para restablecer la fertilidad del suelo*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2030>
- Rahman, S. A., Meryandini, A., Juanssilfero, A. B., y Fahrurrozi. (2023). Cocoa pod husk (CPH) for biomass on bioethanol production. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(3), 828-836. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.3.18794>
- Román, P., Martínez, M. M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Santos dos, Z. C., Gross, E., de Souza Júnior, J. O., Martins, M. J., Mendes, D. S., Figueiredo, J. C., Alves, R. M., Ribeiro, R. C. F., Cruz, C. G., Fagundes, M. C. P., y Ramos, A. (2024). Use of biofertilizers in cocoa (*Theobroma cacao*): a review. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 17(2), 1-12. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.2-132>
- Sangita, C., Vishal, C., Bhushan, K., Bhushan, M., y Kaustubh, B. (2015). Biogas Production from Local Agricultural waste by using Laboratory Scale Digester. *Research Journal of Recent Sciences*, 4, 157-165. <https://www.isca.me/rjrs/archive/v4/iIYSC-2015/27.ISCA-IYSC-2015-8EVS-18.pdf>
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2018). *Cacau: produção, manejo e colheita*. <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf>
- Sodré, G. A., Venturini, M. T., Ribeiro, D. O., y Marrocos, P. C. L. (2012). Extrato da casca do fruto do cacau como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacau. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(3), 881–887. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452012000300030>
- Soto, E. (2022). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo del cacao* (1.ª ed.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21346>
- Vásquez-Cortez, L., Zambrano-Muñoz, D., Paredes-Garzon, J., y Poma-Velasco, J. (2023). La cáscara de cacao como posible fuente comercial de pectinas. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(4), 69-80. <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/61/r8a7p>

- Vásquez, Z., Carvalho Neto, D., Pereira, G., Vandenberghe, L., Oliveira, P., Tiburcio, P., Rogez, H., Aristóteles Góes Neto, A., y Soccol, C. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90(1), 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Vera-Rodríguez, J. H., Jiménez-Murillo, W. J., Naula-Mejía, M. C., Villa-Cárdenas, U. J., Zaruma-Quito, F. A., Montecé-Maridueña, G. Y., Cabrera-Carreño, W. J., Zambrano-Valencia, F. N., y Astudillo-Ludizaca, C. M. (2021). Residuos de la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) como alternativa alimenticia para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 13(2), 1-6. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/e839>



Instituto Nacional de Innovación Agraria





D. : Av. La Molina 1981, La Molina
T. : (511) 240-2100 / 240-2350
www.gob.pe/inia



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

@INIAPeru @INIAPeru @iniaperu @IniaPeru @iniaperu @iniaperu