UNIVERSIDAD DE MATANZAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROPUESTA DE PROYECTO CIENTIFICO PRODUCTIVO



Biofertilización orgánica con compost del suelo destinado al cultivo del frijol en la Finca Triana

Autor (a): Ashley García Gaytán

Tutor (a): M.Sc Yasmary Rubio Fontanills Lic.

Matanzas,

Curso 2025-2026

PENSAMIENTO

¨La agricultura es la profesión del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre¨.

Cicerón

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que yo, Ashley García Gaytán soy el único autor de este Trabajo de Diploma o Ejercicio Profesional por lo que autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

_____

DEDICATORIA

Mi dedicatoria va dirigida a las personas más valiosas de mi vida: a mis padres, que siempre me han apoyado en mis estudios y me han impulsado a seguir adelante a pesar de las adversidades. Me enseñaron a enfrentar los problemas con sabiduría y mente positiva, porque todo sucede por una razón, sea buena o mala. Gracias a la crianza, los principios, los valores y el amor que me han dado, soy la mujer más afortunada del mundo.

También dedico este trabajo a la memoria de mi abuela. Donde quiera que esté, sé que este logro fue uno de sus sueños y hoy lo doy por cumplido.

AGRADECIMIENTO

A mis guías espirituales, por darme siempre la fuerza y la sabiduría con las que enfrento todos los obstáculos de mí camino.

A mi mamá, por ser mi mejor amiga, una mujer fuerte e inteligente y mi modelo a seguir.

A mi papá, por ser la persona más sabia que he conocido y porque gracias a sus consejos he crecido mental y espiritualmente.

A mi hermano, por estar siempre a mi lado apoyándome en mi aprendizaje

A mi tío, por su apoyo incondicional y su disposición, principalmente en mis estudios.

A los profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por contribuir a mi formación profesional.

A mis compañeros de aula, porque a pesar de los momentos de estrés y frustración, también compartimos muchos buenos momentos y experiencias.

A mi tutora Yasmary, por sus orientaciones, sus conocimientos, su paciencia y su apoyo durante todo este proceso del proyecto.

OPINIÓN DEL TUTOR

RESUMEN

El suelo destinado al cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Finca Triana, municipio de Cárdenas, Matanzas, Cuba, presenta déficit de materia orgánica que limita su fertilidad y condiciona rendimientos por debajo del promedio Para dar solución a esta problemática, este proyecto se propone biofertilizar con compost el suelo destinado a este cultivo en la Finca Triana. Para ello se prevé producir y aplicar compost elaborado a partir de cáscara de plátano, estiércol de caballo y residuos de cosecha y postcosecha disponibles en la finca y en su entorno local, en un sistema de pilas abiertas. La metodología contempla seis etapas: revisión del estado del arte, análisis físico-químico del suelo, producción de 30 toneladas de compost, aplicación de la materia orgánica en 1,5 ha destinadas al cultivo de la variedad de frijol CC 25-9, evaluación de los rendimientos mediante cosecha y análisis estadístico, y capacitación a los productores. La aplicación de compost en dosis de 15–20 t/ha se espera que mejore la estructura del suelo, incremente el contenido de materia orgánica y eleve los rendimientos del cultivo. Los resultados beneficiarán la seguridad alimentaria local y promoverán prácticas de agricultura sostenible.

Palabras clave: biofertilización orgánica, compostaje, fertilidad edáfica, *Phaseolus vulgaris*, agricultura sostenible.

SUMMARY

The soil used for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production at Finca Triana, in the municipality of Cárdenas, Matanzas, Cuba, shows an organic matter deficit that limits its fertility and results in yields below the national average. To address this problem, the project aims bio-fertilize the soil used for common bean production at Finca Triana. For this purpose, it´s planned to produce and to apply compost made from banana peels, horse manure, and crop and post-harvest residues available in and around the farm, using an open-pile composting system. The methodology comprises six sequential stages: literature review, physical-chemical analysis of the soil, production of 30 tonnes of compost, application of the organic matter to 1.5 ha planted with the common bean CC 25-9 variety, yield evaluation through harvest and statistical analysis, and training to farmer. Compost application at doses of 15–20 t/ha is expected to improve soil structure, increase organic matter content, and raise crop yields. The anticipated outcomes will contribute to local food security and promote sustainable agricultural practices.

Keywords: organic biofertilization, composting, soil fertility, *Phaseolus vulgaris*, sustainable agriculture.

Contenido

1 Introducción 1
2 Problema Científico 2
3 Hipótesis 2
4 Fundamentación 3
4.1 Importancia del Frijol 3
4.2 Manejo agronómico del cultivo 3
4.3 Fertilización orgánica 4
4.3.1 Beneficios de los abonos orgánicos 5
4.3.2 Compost 6
4.3.3 Compostaje 6
4.3.4 Proceso de descomposición 7
4.3.5 Factores que intervienen en el proceso del compostaje 8
4.3.6 Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje 11
4.4 Contenidos de la materia orgánica 13
4.5 Sistemas de compostaje (abierto) 14
4.6 Calidad de compost 15
4.7 Importancia de la materia orgánica del suelo 16
4.7.1 Degradación de la Materia Orgánica 16
4.8 Aplicación de compost en frijol (casos de estudios) 17
4.9 Caracterización de la finca 18
5 Objetivos. 20
6 Resultados esperados. 21
7 Métodos y procedimientos. 22
7.1 Etapa 1: Revisión del estado del arte. 22
7.2 Etapa 2: Marco legal y determinación de parámetros físico-químicos del suelo. 22

7.3 Etapa 3: Producción del compost 23
7.3.1 Etapa 3.1 Selección del área 23
7.3.2 Etapa 3.2 Obtención de la materia prima 23
7.3.3 Etapa 3.3 Elaboración del compost 24
7.4 Etapa 4: Aplicación del compost 25
7.4.1 Etapa 4.1 Preparación del suelo. 25
7.5 Etapa 5: Evaluación de los rendimientos. 25
7.5.1 Etapa 5.1 Cosecha del frijol 25
7.6 Etapa 6: Capacitación a los productores. 25
7.7 Cronograma 25
8 Recursos Necesarios Y Presupuesto Global Del Proyecto. 29
9 Evaluación Económica – Financiera 35
10 Referencia bibliográfica 36

1 Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa de grano de elevada relevancia tanto alimentaria como económica en muchas naciones del mundo, especialmente en América Latina y África. Su valor radica en su composición nutricional, pues constituye una de las principales fuentes de proteínas, carbohidratos, fibra dietética y micronutrientes para grandes segmentos de la población, y es uno de los granos más cultivados y consumidos en regiones como México y la República Dominicana (Núñez-Ramos *et al*., 2025).

En Cuba, la producción de frijol se garantiza principalmente en el sector no estatal, lo que ha cobrado cada vez mayor importancia en el escenario agrícola nacional. No obstante, este cultivo se ve afectado por los bajos rendimientos productivos, asociados a factores como la baja fertilidad de los suelos, los déficits hídricos por sequías y los daños ocasionados por diferentes plagas (Hernández- Ochandía *et al*., 2018).

En cuanto a la producción nacional, en el año 2022 se cosecharon 65 016 hectáreas de frijol, mientras que en el año 2024 esta cifra descendió a 20 437 hectáreas, lo que representa una reducción superior al 68% del área cosechada. Los rendimientos agrícolas promedio registrados fueron de 0,93 t/ha y 0,91 t/ha para cada año respectivamente (ONEI, 2025). Estas cifras evidencian cómo tanto la superficie cultivada como la productividad por unidad de área han disminuido de manera significativa en un período de apenas dos años, lo que refleja el agravamiento de los problemas estructurales que afectan la producción de este cultivo estratégico en el país.

La fertilidad del suelo resulta determinante para alcanzar niveles adecuados de productividad agrícola, dado que condiciona directamente la disponibilidad de nutrientes que los cultivos requieren para su desarrollo. En las últimas décadas se ha observado un deterioro progresivo de los suelos agrícolas, propiciado por prácticas de manejo poco sostenibles como la aplicación excesiva de fertilizantes de síntesis química, el laboreo intensivo del suelo y la pérdida de materia orgánica. Ante este panorama, los microorganismos edáficos adquieren un protagonismo especial en la recuperación y sostenimiento de la fertilidad, pues participan en procesos biogeoquímicos fundamentales tales como la fijación biológica de

nitrógeno, la solubilización de fósforo y la descomposición de la materia orgánica (Castro-Landin *et al*., 2023).

Con el propósito de rehabilitar la calidad de los suelos y disminuir su degradación y contaminación, se ha extendido el empleo de diversas fuentes de materia orgánicas, entre las que destacan el compost potenciado con microorganismos eficientes (ME) y el humus de lombriz. Estas estrategias han generado resultados prometedores, ya que su elevado contenido de materia orgánica, microorganismos benéficos y micro elementos contribuye a mejorar la estabilidad estructural del suelo e incrementar su capacidad para almacenar y retener agua (Damian *et al*., 2018).

El compost, en su condición de abono orgánico, ejerce efectos favorables sobre las propiedades físicas del suelo al reducir su densidad aparente, incrementar su porosidad y mejorar su capacidad para retener tanto humedad como aire. Desde el punto de vista nutricional, su incorporación optimiza y favorece el desarrollo y la productividad de las plantas de manera sostenible. Una de sus cualidades más destacadas reside en la liberación gradual y continua de nutrientes, lo que lo convierte en un fertilizante de efecto prolongado que abastece a las plantas durante un amplio período de tiempo (Guerrero Aguilar, 2018).

Por todo lo anteriormente planteado el problema científico a resolver es el siguiente:

2 Problema Científico

El suelo destinado al cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L*) en la Finca Triana no posee los requerimientos necesarios de materia orgánica para obtener buenos rendimientos productivos.

Para dar respuesta al problema científico se propone la siguiente hipótesis:

3 Hipótesis

La aplicación de compost al suelo destinado al cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) contribuirá a elevar los rendimientos productivos de este cultivo y mejorar la calidad del suelo.

4 Fundamentación

4.1 Importancia del Frijol

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se destaca como uno de los cultivos de mayor interés dentro del grupo de las leguminosas de grano (Estrada *et al*., 2016, Calero *et al*., 2018). En Cuba, el frijol se considera un alimento de preferencia en la dieta diaria junto al arroz y las viandas, y además representa uno de los elementos esenciales en el suministro de proteínas que la conforman (Cruz *et al*., 2019).

En cuanto a su aporte nutricional, esta especie ofrece un perfil de gran riqueza, que incluye no solo macronutrientes sino también metabolitos secundarios con efectos beneficiosos sobre la salud humana. Entre sus componentes más representativos se encuentran los carbohidratos, que oscilan entre un 50 y 60%; las proteínas, con una presencia de entre el 15 y el 25%; y los lípidos, en proporciones menores, de entre 1 y 3%. A estos se suman vitaminas, minerales y compuestos no nutricionales de interés funcional, como los fenoles, las saponinas y los taninos (Cid-Gallegos *et al*., 2023).

4.2 Manejo agronómico del cultivo

Según Leyva *et al*. (2020) el manejo agronómico del frijol común abarca varias prácticas claves:

- La siembra se programa según la disponibilidad de riego: sin riego, entre el 15 de septiembre y el 10 de octubre, y con riego, de noviembre a diciembre.
- El suelo se prepara con labores en tiempo y forma que eviten invertir el prisma innecesariamente, manteniendo cobertura muerta o viva.
- La semilla se coloca a una profundidad de 2-3 cm en suelos plásticos con riego y hasta 5 cm en arenosos de secano, distribuyendo entre 50 y 70 semillas por metro lineal según la variedad.
- La fertilización integra abonos orgánicos como el compost, biológicos (inoculante a base de *Rhizobium*) y, de manera complementaria, fertilizantes químicos aplicados al fondo del surco sin contacto con la semilla, con énfasis en el uso máximo de orgánicos y mínimo de químicos.

Tabla 1: Fuentes y dosis de materia orgánica en la fertilización del suelo para la siembra de frijol (Leyva *et al*., 2020)

Fuentes	Dosis a emplear (t/ha)
Estiércol	20 - 30
Cachaza	20 - 30
Gallinaza	15 - 20
Turba	20 – 30
Compost	15 – 20
Humus	4 – 6
Biotierra	10 - 20

- El manejo integrado de plagas combina variedades tolerantes, barreras de maíz o sorgo cada 12 surcos, trampas de melaza, biopreparados como *Verticillium lecanii* y control cultural de malezas hospedantes.
- El riego es crítico desde prefloración hasta el llenado del grano, con normas promedio de 25 mm y un intervalo no mayor de seis días.
- La cosecha para semilla se realiza en tres pases, arrancando primero las plantas que maduraron fuera de tiempo.
- El secado se hace gradualmente hasta bajar la humedad del grano por debajo del 14 %, seguido de una limpieza cuidadosa para evitar mezclas varietales.

4.3 Fertilización orgánica

Los abonos orgánicos son fertilizantes que se obtienen a partir de la descomposición y mineralización de materias de origen orgánico, tales como residuos de cocina, excretas animales y hierbas incorporadas en estado fresco al suelo. Su aplicación en los sistemas agrícolas tiene como propósito estimular e incrementar la actividad microbiana del suelo; son materiales con alto contenido de compuestos orgánicos y microorganismos, aunque presentan una menor concentración de elementos inorgánicos (Maquilón, 2022).

Por otro lado, el empleo de abonos orgánicos representa una práctica tradicional para la nutrición de las plantas que se mantiene vigente por su seguridad y, en determinados contextos productivos, por ser la alternativa más accesible. La

agricultura orgánica, considerada como un modelo sostenible de producción, se caracteriza como un complemento ideal para numerosas explotaciones de ciclo corto. A través de la fertilización orgánica, el suelo experimenta mejoras en sus propiedades, al tiempo que se garantiza el suministro de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. La selección adecuada del tipo de abono incide directamente en los resultados productivos, los cuales varían en función del cultivo de que se trate (Sánchez y Villanueva, 2022).

Orientados hacia la recuperación de la fertilidad edáfica y la búsqueda de un mayor beneficio para los cultivos, los abonos orgánicos pueden definirse como combinaciones de dos o más insumos de procedencia animal, mineral o vegetal que, al ser incorporados al suelo, aportan total o parcialmente los nutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas. Desde tiempos remotos, la humanidad ha recurrido a distintos materiales naturales con alto contenido en elementos nutritivos, siendo el estiércol animal uno de los más utilizados, junto a subproductos de la actividad agrícola e industrial como los purines y el propio compost (Acosta, 2022).

4.3.1 Beneficios de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos tienen un efecto positivo sobre el suelo, dado que los microorganismos del suelo, al llevar a cabo la descomposición de la materia orgánica, sintetizan compuestos que favorecen la agregación y la estabilidad estructural del suelo. Su incorporación moderada aporta nitrógeno, fósforo y potasio, elementos que propician un balance nutricional adecuado en el sustrato; al mismo tiempo, actúan como puente entre la fracción orgánica y la mineral, revitalizando los intercambios químicos del suelo (Joel, 2024).

La incorporación de compost al suelo favorece la mejora de la estructura y la aireación, especialmente en suelos con tendencia a la compactación, con efectos perceptibles en los primeros 15 cm del perfil. Asimismo, se ha documentado que la aplicación de abonos orgánicos en suelos de textura fina puede incrementar hasta en un 50% la materia orgánica soluble y elevar la tasa de mineralización del nitrógeno disponible. Aquellos abonos que contienen polisacáridos de origen vegetal resultan especialmente beneficiosos, pues estimulan el desarrollo de hongos

productores de micorrizas, lo que a su vez favorece la absorción radicular de nutrientes por parte de la planta (Pino, 2023).

Otro aporte relevante de los abonos orgánicos es su contenido en sustancias húmicas, cuya función principal consiste en incrementar la capacidad de intercambio catiónico del suelo y promover el proceso de humificación. Además, mediante la adición de carbono orgánico, se potencia la capacidad del suelo para retener compuestos minerales, conocidos como nutrientes, los cuales quedan retenidos por fuerzas de tipo coloidal que los mantienen en solución o los fijan a las partículas del suelo, garantizando así su disponibilidad para las plantas (Bedoya y Julca 2021).

4.3.2 Compost

El compost es un biofertilizante que resulta de la descomposición controlada de una mezcla de estiércol animal con residuos vegetales y otros materiales de naturaleza orgánica. En este proceso intervienen de forma activa microorganismos como bacterias, hongos y lombrices de tierra, que tienen la capacidad de degradar los tejidos vegetales muertos. Para lograr una descomposición de calidad es indispensable asegurar una adecuada circulación de oxígeno, así como controlar y mantener los niveles apropiados de humedad y temperatura (Guerrero, 2018).

El compost cumple tres funciones principales, en primer lugar, repone los nutrientes que la propia planta extrae del suelo, en segundo lugar, incorpora materia orgánica lo que mejora la estructura edáfica, favoreciendo la aireación, la oxigenación para las raíces y la capacidad de retención hídrica; finalmente contribuye a la prevención de la erosión del suelo (Kumar *et al*., 2022).

4.3.3 Compostaje

El compostaje puede definirse como un proceso biológico aeróbico mediante el cual la materia orgánica experimenta una transformación gradual, con el doble propósito de enriquecer la estructura del suelo y poner a disposición de las plantas una mayor cantidad de nutrientes (Carvalho y Casas., 2022). Para que este proceso se desarrolle de manera eficiente, los materiales de partida, que incluyen estiércoles, hojarasca y demás residuos agropecuarios, deben combinarse en proporciones adecuadas que favorezcan tanto el crecimiento como el metabolismo de los microorganismos responsables de la transformación química y física de los

nutrientes hacia formas asimilables por los cultivos. Entre las variables más determinantes del proceso se encuentran la relación carbono/nitrógeno (C/N), la humedad y la aireación (Sillo *et al*., 2024).

La degradación de la materia orgánica que tiene lugar durante el compostaje es el fundamento que permite obtener un abono de alta calidad nutricional. Sin embargo, para comprenderlo a detalle, es imprescindible conocer cada una de las fases que integran el proceso y los grupos de microorganismos que intervienen en ellas, puesto que son precisamente estos organismos los protagonistas de la descomposición de la materia (Morales-Barron, 2021).

4.3.4 Proceso de descomposición

Según Jara (2025) el proceso de la descomposición se desarrolla de la siguiente forma:

a. Recolectar residuos orgánicos, ya sea, restos de cocina, hojas secas o tallos de plátano.
b. Triturar o cortar el material preferiblemente en trozos pequeños para facilitar la descomposición.
c. Mezclar en conjunto los residuos húmedos (ricos en nitrógeno) y secos (ricos en carbono) en proporción adecuada.
d. Formar las pilas colocando la mezcla sobre una superficie, caja o compostera para iniciar el proceso de descomposición.
e. Realizar controles verificando la humedad (debe ser como una esponja mojada) y la temperatura.
f. Voltear periódicamente la pila removiendo cada cierto tiempo para la entrada de oxígeno y acelerar la descomposición.
g. Cuando el proceso llega a la fase de maduración, se deja reposar la mezcla hasta que se estabilice y adquiera un olor característico a tierra.
h. En el momento de la cosecha, el compost se debe tamizar para separar restos no descompuestos y obtener un producto fino y uniforme.

4.3.5 Factores que intervienen en el proceso del compostaje

- **Relación Carbono/Nitrógeno**

La relación carbono-nitrógeno (C/N) constituye uno de los parámetros más determinantes en el proceso de compostaje. El intervalo óptimo se ubica entre 25:1 y 30:1, proporción que tiende a reducirse conforme los microorganismos degradan la materia orgánica y emiten CO_2 a la atmósfera. Para ajustar este coeficiente, se recomienda incorporar estiércoles o purines de distintas especies animales. Entre ellos, el estiércol de gallina aporta carbono, pero tiene carácter ácido, mientras que la mezcla de purines con paja contribuye a nivelar dicha proporción, y el estiércol de caballo es útil para corregir el balance. Es importante destacar que los desequilibrios en la relación C/N tienen consecuencias negativas: cuando es excesivamente alta se produce carencia de nitrógeno disponible, y cuando es demasiado baja se genera un exceso nitrogenado que disminuye la velocidad de descomposición y propicia la emisión de malos olores (Pérez *et al*., 2023).

- **Humedad**

El contenido de humedad durante el compostaje debe mantenerse en un rango comprendido entre el 50 y el 60%, puesto que por debajo de ese umbral la actividad metabólica microbiana se ve limitada significativamente, mientras que valores superiores al 70% propician la instalación de condiciones anaerobias que derivan en la generación de lixiviados y emanaciones de malos olores. Paralelamente, la aireación ejerce una influencia directa sobre el balance hídrico de la pila: mantener una concentración de oxígeno aproximada al 10% resulta indispensable tanto para prevenir la pérdida excesiva como para evitar la acumulación de agua que pudiera comprometer el proceso. En consecuencia, la gestión simultánea y equilibrada de la humedad y la aireación es un requisito fundamental para garantizar la eficiencia y calidad del compostaje (Pérez *et al*., 2023).

- **Aireación**

El aporte continuo de oxígeno representa una condición imprescindible para sostener la actividad metabólica de los microorganismos aerobios durante el compostaje, dado que su ausencia propicia el establecimiento de un ambiente anaerobio generador de olores desagradables. En la etapa inicial del proceso, los niveles de O_2 se sitúan entre el 15 y el 20%, mientras que el CO_2 varía entre 0,5 y 5%. Conforme avanza la descomposición, el oxígeno disponible decrece y el dióxido

de carbono se incrementa progresivamente. Cuando la concentración de O_2 desciende por debajo del 5%, se establece un régimen anaerobio perjudicial para el proceso; por el contrario, concentraciones superiores al 10% indican que las condiciones de aireación son apropiadas para el desarrollo microbiano (Carmona, 2017).

- **Temperatura**

Según Álvarez-Sánchez *et al*. (2021), el rango óptimo de temperatura para el compostaje oscila entre los 35 y los 55 °C, intervalo en el que se favorece la eliminación de organismos patógenos, parásitos y propágulos de malezas presentes en los materiales de partida. No obstante, cuando la temperatura supera los 55 °C de manera sostenida, se compromete la presencia de microorganismos que resultan esenciales para la calidad final del producto. Estos autores destacan además que la temperatura interior de la pila guarda una estrecha relación con la periodicidad de los volteos aplicados durante el proceso, siendo este manejo uno de los principales mecanismos de regulación térmica en los sistemas de compostaje.

4.4.6 Fases del compostaje

De acuerdo con Meena *et al*. (2021), la caracterización térmica de las fases del compostaje fue establecida tomando como referencia los sistemas de pilas a cielo abierto, por lo que su aplicación directa a sistemas cerrados o reactores resulta limitada. A pesar de ello, este modelo permite identificar tres fases sucesivas determinadas por la evolución de la temperatura (mesófila, termófila y de enfriamiento) junto con una etapa posterior de maduración, cuya representación esquemática se muestra en la Figura 1.

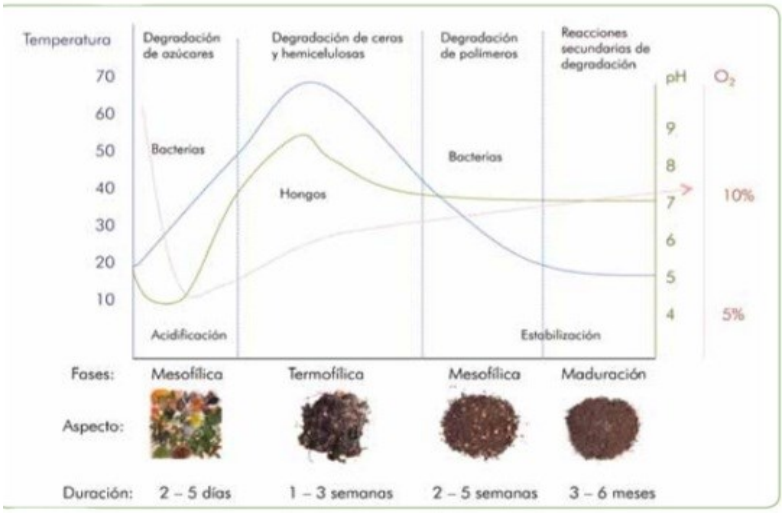


Figura 1: Fases del compostaje. (Guizado, 2018)

Fase mesófila

La fase mesófila constituye el punto de partida del proceso de compostaje. En ella, el material orgánico inicia su transformación a temperatura ambiente, y en el transcurso de pocas horas o días la temperatura asciende hasta aproximadamente 45 °C, impulsada por la intensa actividad catabólica de los microorganismos presentes, los cuales aprovechan las fuentes de carbono y nitrógeno de fácil mineralización para obtener energía en forma de calor. La degradación de compuestos solubles como los azúcares genera como subproductos ácidos orgánicos, lo que provoca un descenso transitorio del pH hasta valores cercanos a 4,0 - 4,5. Esta primera etapa se extiende únicamente entre dos y ocho días, siendo considerada de corta duración en el ciclo del compostaje (Licea *et al*., 2023).

Fase termófila o de Higienización

La temperatura del material al sobrepasar los 45 °C, la comunidad microbiana mesófila es desplazada progresivamente por poblaciones termófilas, integradas principalmente por bacterias adaptadas a elevadas temperaturas que degradan fuentes de carbono estructuralmente complejas como la celulosa y la lignina. En paralelo, estos microorganismos trasforman el nitrógeno en amoníaco, provocando un incremento del pH que oscila entre 5,5 y 6. Cuando la temperatura supera los 60 °C, emergen bacterias que producen esporas y actinobacterias como grupos microbianos dominantes, organismos especializados en la hidrólisis de polímeros como las hemicelulosas y las ceras vegetales (Rueda y Caiza, 2017).

Fase de enfriamiento

Licea *et al*. (2023) describen la fase de enfriamiento, también denominada mesófila II, como aquella que se inicia cuando los materiales nitrogenados y carbonados más accesibles se han agotado, provocando que la temperatura de la pila descienda gradualmente hasta el intervalo de 40 - 45 °C. En esta etapa continúa la degradación de polímeros estructurales como la celulosa, y comienzan a evidenciarse colonias fúngicas macroscópicamente visibles. Al alcanzar temperaturas inferiores a 40 °C, la biota mesófila recupera su predominancia, lo que produce un leve descenso del pH, aunque el sistema tiende a mantenerse en un rango ligeramente alcalino. Esta fase, que demanda varias semanas, puede resultar difícil de diferenciar de la posterior etapa de maduración.

Fase de maduración

Durante la etapa de maduración el compost debe almacenarse a temperatura ambiente, en un rango comprendido entre 20 y 50 °C. En esta fase, las reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados se atenúan considerablemente, lo que propicia la síntesis y acumulación de sustancias húmicas, entre ellas los ácidos húmicos y fúlvicos, moléculas de elevado peso molecular que confieren al compost sus propiedades mejoradoras de la fertilidad edáfica (Jara, 2025).

4.3.6 Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje

Bacterias

Las bacterias representan el grupo microbiano de mayor predominancia durante las fases mesófila y termófila del compostaje, aunque su densidad poblacional disminuye de forma significativa en la etapa de maduración. Su amplia diversidad se explica por su elevada capacidad de crecimiento: pueden producir esporas de alta resistencia ante condiciones ambientales adversas y presentan tolerancia a intervalos de temperatura muy amplios. Estas características les confieren una ventaja adaptativa frente a las variaciones en la disponibilidad de sustratos, temperatura, contenido hídrico y concentración de oxígeno que caracterizan la dinámica del proceso de compostaje (Márquez *et al*., 2017).

Hongos

De acuerdo con Márquez *et al.* (2017), la micobiota presente en el compostaje está representada principalmente por clases como Ascomycetes, Zygomycetes, Basidiomycetes y Deuteromycetes, en orden decreciente según su frecuencia de aparición a lo largo del proceso. Si bien su densidad poblacional es considerablemente menor a la bacteriana, los hongos desempeñan una función clave en la degradación de polímeros vegetales complejos, tales como la celulosa, en condiciones de baja humedad y escasa disponibilidad de nitrógeno o en ambientes ácidos, preparando el sustrato para su posterior descomposición bacteriana. Su distribución espacial en la pila tiende a concentrarse en las capas externas, especialmente durante los períodos de mayor temperatura interna. Gracias a esta actividad, los hongos transforman los residuos orgánicos en nutrientes asimilables por los cultivos.

Actinomicetos

Los actinomicetos constituyen un grupo bacteriano de morfología singular, cuya organización filamentosa con formación de pseudomicelio los asemeja morfológicamente a los hongos. A diferencia de otras bacterias, presentan un desarrollo más lento, pero compensada por una mayor capacidad catabólica frente a sustratos orgánicos complejos. Además, producen metabolitos secundarios de naturaleza antibiótica que contribuyen a inhibir el desarrollo de microorganismos patógenos en la masa en compostaje. Cuando alcanzan altas densidades poblacionales, su presencia se hace visible como un manto blanquecino sobre la superficie de la pila, y son los responsables del aroma a tierra húmeda que caracteriza a un compost maduro, producido a través de la producción de geosmina (Márquez *et al*., 2017).

Protozoos

Los protozoos ejercen una función reguladora dentro del compostaje al alimentarse principalmente de bacterias, mecanismo mediante el cual se liberan nutrientes que quedan disponibles para el crecimiento de otros grupos microbianos. Su movilidad está condicionada a la existencia de láminas de agua en los poros del sustrato, razón por la cual se concentran en la zona de la rizosfera. Su reproducción se incrementa notablemente cuando la temperatura interior del compost desciende por debajo de los 50 °C. No obstante, si la población de protozoos crece excesivamente,

puede afectar las bacterias funcionales como *Azotobacter*, organismo responsable de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, lo que comprometería su aporte al proceso (MacDonnell, 2018).

4.4 Contenidos de la materia orgánica

Residuos sólidos orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos se definen como aquellos materiales de procedencia biológica que presentan la capacidad de biodegradarse de manera espontánea mediante la acción de los organismos descomponedores del suelo (Nestle, 2022). Su composición es heterogénea e incluye restos de alimentos, tales como cáscaras y restos de frutas y hortalizas, así como material vegetal de origen ornamental o agrícola como hojas caídas y restos de poda, y otros materiales biodegradables como fracciones de papel y cartón (Pullopaxi, 2019).

Cáscara de plátano

La cáscara del plátano representa uno de los subproductos de mayor volumen generado durante la cadena de producción y consumo de esta fruta, y que habitualmente es descartado sin aprovechamiento. Sin embargo, este residuo posee un notable potencial de aplicación, incluyendo su empleo para mejorar las propiedades del suelo, su incorporación en pilas de compostaje, su uso como suplemento en la alimentación animal y su aplicación en procesos de producción artesanal de papel (Mondragón *et al*., 2018).

De acuerdo con Rhoades (2021), la incorporación de la cáscara de plátano al compost representa una fuente significativa de macronutrientes y micronutrientes como el calcio, el magnesio, el azufre, los fosfatos, el potasio y el sodio, elementos que resultan esenciales para el metabolismo y el desarrollo vegetal. Adicionalmente, su aporte de materia orgánica favorece la capacidad de retención hídrica del compost y mejora la estructura y aireación del suelo en el que es aplicado. Desde el punto de vista de la cinética de descomposición, la cáscara de plátano posee una rápida descomposición, en un período de apenas 2 a 10 días, lo que permite la liberación de sus nutrientes en un tiempo notablemente inferior al de otros insumos orgánicos comúnmente utilizados.

Estiércol de caballo

El estiércol de caballo es la materia orgánica de origen animal constituida por las excretas de estos animales. Su composición bioquímica (Tabla 2) es compleja e

incluye fracciones de ácidos grasos volátiles (AGV), proteínas, polisacáridos y lípidos, cuya proporción relativa determina su valor fertilizante y su comportamiento durante el proceso de compostaje (Fernández *et al*., 2022).

Tabla 2: Composición fisicoquímica del estiércol de caballo (SEAE, 2022)

Composición (%)	Estiércol de caballo
Materia seca	25,00
Materia orgánica	65,84
Nitrógeno (N)	1,52
Fosforo (P)	2,14
Potasio (K)	2,98
Calcio (Ca)	2,79
Magnesio (Mg)	0,97

El estiércol de caballo se considera un abono orgánico de calidad intermedia: presenta una fracción seca superior a la del estiércol vacuno, aunque inferior a la del ovino y caprino, lo que le confiere un equilibrio nutricional aceptable. Sin embargo, en su estado fresco exhibe condiciones bioquímicas inestables, caracterizadas por una elevada concentración de nitrógeno amoniacal que puede resultar tóxica si se aplica directamente al cultivo. Por esta razón, se recomienda someterlo a un proceso previo de maduración o estabilización. Una práctica habitual para lograr dicha estabilización consiste en mezclar el estiércol con materiales lignocelulósicos como la paja o abonos verdes, que contribuyen a equilibrar la relación C/N. También se ha reportado el uso de cascarilla de arroz y el propio orín del caballo como alternativas efectivas para acelerar y mejorar el proceso de estabilización (Crespo, 2022).

4.5 Sistemas de compostaje (abierto)

Morgado (2022) establece que, para garantizar condiciones favorables a la proliferación y el metabolismo activo de los microorganismos durante el compostaje, la masa mínima de sustrato biodegradable debe estar entre 50 y 100 kg. Asimismo, este autor recomienda la conformación de una mezcla heterogénea de insumos que integre materiales de alto contenido en carbono, como los residuos lignocelulósicos de procedencia vegetal, con materiales nitrogenados de origen animal, con el

propósito de ajustar adecuadamente la relación C/N y potenciar la eficiencia del proceso de transformación biológica.

El empleo de sistemas abiertos resulta especialmente apropiado cuando se dispone de grandes volúmenes y diversidad de residuos orgánicos. Dentro de las técnicas disponibles para la gestión del compostaje, el método de pilas en hilera se destaca por garantizar el suministro de oxígeno a los microorganismos aerobios, mejorando con ello la velocidad y calidad de la descomposición. Este sistema implica la disposición del material en montículos sobre una superficie base, los cuales son volteados y mezclados de forma periódica para mantener una relación C/N próxima a 30:1 y regular simultáneamente los parámetros de temperatura y humedad dentro de los rangos óptimos (Chimbo, 2023).

4.6 Calidad de compost

La evaluación de la calidad de un compost requiere la integración de indicadores químicos, que permiten cuantificar de manera precisa la concentración de cada fracción mineral y orgánica, e indicadores biológicos, que proporcionan información sobre la estabilidad y madurez del material en su conjunto. Sin embargo, desde una perspectiva agronómica, la madurez del compost también puede valorarse en función de su aptitud para el uso agrícola, evaluando su incidencia real sobre el rendimiento de los cultivos y su capacidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Castillo, 2020).

El contenido de materia orgánica es una variable fundamental para caracterizar la calidad del producto final del compostaje. A lo largo del proceso, esta fracción sufre una reducción progresiva como consecuencia de su mineralización y de la liberación de carbono en forma de CO_2, pérdidas que pueden alcanzar hasta el 20% de la masa inicial del material. Dicha reducción se desarrolla en dos etapas diferenciadas: en la primera, los carbohidratos son descompuestos rápidamente, fragmentando sus moléculas en compuestos simples que posteriormente se forman para dar lugar a moléculas húmicas de mayor complejidad estructural. En la segunda etapa, una vez agotados los materiales de fácil degradación, se inicia la descomposición lenta de compuestos más resistentes como las ligninas, que también contribuyen a la formación de sustancias húmicas. No obstante, esta última fracción raramente alcanza su biodegradación completa dentro de los plazos convencionales del compostaje (Cisterna *et al*., 2023).

4.7 Importancia de la materia orgánica del suelo

El suelo constituye uno de los recursos naturales de mayor valor estratégico para la humanidad, siendo la superficie sobre la que se sustenta la producción agropecuaria y la sostenibilidad ambiental, entre ellos la producción de alimentos, fibras y biomasa energética (Mariscal, 2019). Desde el punto de vista de su composición, un suelo en equilibrio presenta idealmente una proporción de minerales del 45%, gases del 25%, agua del 25% y materia orgánica del 5%, distribución que garantiza las condiciones físicas, químicas y biológicas requeridas para el desarrollo vegetal (Montaño-Arias *et al*., 2018).

De acuerdo con Ayala-Niño *et al*. (2018), la concentración de materia orgánica del suelo (MOS) varía ampliamente en función de las características edáficas y climáticas de cada sistema: en suelos arenosos y ambientes áridos con escasa precipitación puede ser inferior al 1%, mientras que en los primeros 15 cm del horizonte superficial de suelos minerales agrícolas oscila entre el 4 y el 6%. En condiciones edáficas especialmente favorables, como las de suelos orgánicos con elevado contenido en sustancias húmicas, este valor puede superar el 50%.

Soto-Mora *et al*. (2016) señalan que, a pesar de representar la fracción cuantitativamente menor del suelo, la MOS es la de mayor diversidad, al contener una amplia gama de sustancias orgánicas de distinta complejidad molecular en permanente estado de transformación biogeoquímica. Por ello, su concentración no es estática, sino que fluctúa en respuesta a múltiples factores como las condiciones edafoclimáticas, la cantidad y calidad de los residuos orgánicos aportados, la humedad relativa del ambiente y las prácticas de manejo agronómico implementadas.

4.7.1 Degradación de la materia orgánica

Bastida *et al*. (2021) destacan que la descomposición de la materia orgánica es un proceso biogeoquímico indispensable para la restauración de la fertilidad edáfica, ya que mediante su desarrollo se liberan progresivamente los nutrientes esenciales en los tejidos orgánicos y se sintetizan sustancias húmicas que mejoran las propiedades fisicoquímicas del suelo. Este proceso es mediado por microorganismos descomponedores (principalmente bacterias y hongos) que degradan macromoléculas orgánicas complejas mediante la producción de enzimas

hidrolíticas especializadas como celulasas, lacasas y proteasas. Los principales grupos funcionales implicados en esta transformación son:

- Hongos saprófitos: Especies pertenecientes a los géneros *Trichoderma* y *Aspergillus* poseen una capacidad enzimática especializada para degradar compuestos recalcitrantes como la lignina y la quitina, procesos que contribuyen de manera determinante a la formación de humus estable en el suelo (Cotrufo *et al*., 2019).
- Bacterias heterótrofas: Géneros como *Bacillus* y *Actinobacteria* participan activamente en la hidrólisis de la celulosa y otros polisacáridos de origen vegetal, constituyendo los principales agentes de mineralización de la materia orgánica del suelo.

4.8 Aplicación de compost en frijol (casos de estudios)

Camargo-Cobeñas, *et al*. (2026), en su artículo titulado "Desempeño agronómico de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo abonamiento orgánico en condiciones de casa malla, Chincha, Perú", evaluaron la respuesta agronómica de dos líneas de frijol común, Larán Mejorado y Waf 78/20, ante la aplicación de dos abonos orgánicos (compost elaborado en la EEA Chincha y BlackSoil, un producto comercial derivado de subproductos de caña de azúcar) en dosis del 8 y 16 % (p/p) en condiciones de casa malla. El estudio evaluó 12 variables agromorfológicas y la densidad aparente del sustrato, analizadas mediante ANOVA, pruebas no paramétricas, correlaciones de Pearson y análisis de componentes principales. En cuanto a los rendimientos estimados, los resultados evidenciaron diferencias notables entre líneas y tratamientos: la línea Larán Mejorado con compost al 16 % alcanzó el rendimiento más alto del ensayo, con 2 462,96 kg•ha^{-1}, superando ampliamente al tratamiento con BlackSoil al 8 % de la misma línea (2 051,39 kg•ha^{-1}), lo que representa una diferencia aproximada del 20 %. Por su parte, la línea Waf 78/20 mostró rendimientos considerablemente menores en todos los tratamientos con abono orgánico, oscilando entre 1 466,20 y 1 649,84 kg•ha^{-1}, valores incluso inferiores a su testigo sin abonamiento (2 026,85 kg•ha^{-1}), lo que indica que la aplicación de abonos orgánicos no generó beneficios en esta línea bajo las condiciones evaluadas. Los autores concluyeron que la genética constituyó el principal factor de variación, y que dosis moderadas de compost favorecieron la

precocidad y los componentes de rendimiento en Larán Mejorado, recomendando validar estos resultados en condiciones de campo y múltiples ambientes.

En Cuba, Terry Alfonso, *et al* (2023), en su artículo científico titulado "Prácticas agroecológicas para incrementar la productividad en fincas agrícolas de Cuba", evaluaron el efecto de la aplicación del compost como una práctica agroecológica, sobre la productividad en frijol en tres fincas (La Pastora, La Fortuna y Las Mariposas) en transición agroecológica del municipio Jaruco, provincia Mayabeque. Como resultado, se registró un incremento del rendimiento, con aumentos de 52%, 19% y 30% en las fincas La Pastora, La Fortuna y Las Mariposas respectivamente. La investigación concluyó que la aplicación de compost, permitió incrementos generales en la productividad agrícola de entre 20 y 70% en el cultivo del frijol, contribuyendo así a la seguridad y soberanía alimentaria local.

4.9 Caracterización de la finca

La finca Triana se localiza en el municipio de Cárdenas, específicamente en la carretera Máximo Gómez, en proximidad al zeopónico de la zona. Dicha finca se encuentra asociada a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Roberto Fernández y está dedicada fundamentalmente a la producción de cultivos varios sobre un suelo del tipo Ferralítico rojo.

La finca cuenta con un área agrícola total de 18,45 ha, de las cuales 5,5 ha están destinadas a la producción de cultivos varios. Entre estos se encuentran el frijol con una extensión de 1,5 ha; la yuca con 1,0 ha; el boniato con 0,5 ha; y el plátano con 2,5 ha. Este último constituye el cultivo de mayor presencia en la finca en cuanto a superficie productiva. No obstante, el frijol reviste una gran importancia para la localidad, al ser uno de los alimentos de mayor consumo en la zona (Figura 2).

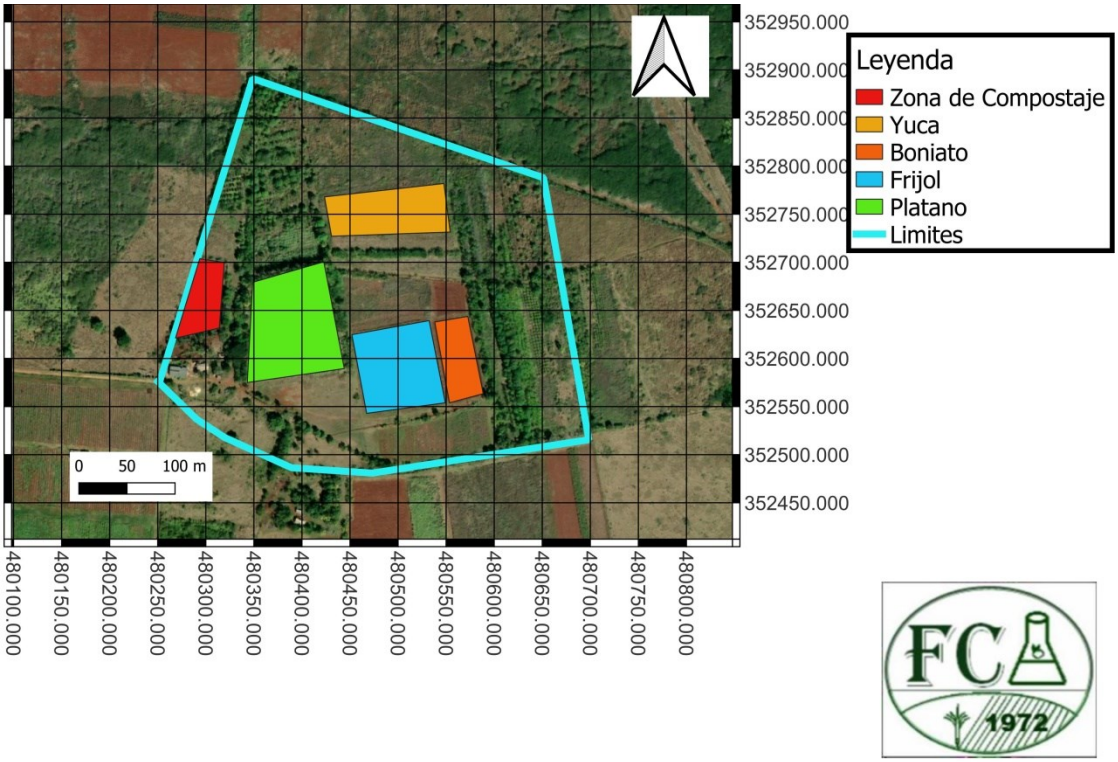


Figura 2: Geolocalización de la Finca Triana. Ubicación de los cultivos. (QGIS, elaboración propia).

Por esta razón, el presente proyecto propone dar solución —a largo plazo— a dos problemáticas fundamentales que afectan dicho cultivo: la disminución del contenido de materia orgánica en el suelo y los bajos rendimientos productivos. La estrategia planteada consiste en la producción y aplicación de compost, actividad que se llevará a cabo de manera conjunta con los productores de la finca.

5 Objetivos.

Objetivo general.

Aplicar compost en el área destinada al cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Finca Triana.

Objetivos específicos.

1. Determinar los parámetros físicos-químicos del suelo destinado al cultivo del frijol.
2. Producir el compost a través del reciclaje de materia prima y el aprovechamiento de los residuos de cosecha y postcosecha.
3. Aplicar el compost producido en el suelo destinado al cultivo del frijol en la Finca Triana.
4. Cultivar frijol CC 25-9 en el suelo abonado con el compost producido.
5. Evaluar los rendimientos productivos en el cultivo del frijol después de aplicado el compost.
6. Realizar capacitación a los productores de la finca sobre el manejo agronómico del frijol y la biofertilización orgánica de este cultivo.

6 Resultados esperados.

- Caracterización de los parámetros físicos-químicos del suelo dedicado al cultivo del frijol en la Finca Triana.
- Obtención de 30 toneladas de compost.
- Aplicación del compost en el suelo.
- Incremento de los rendimientos productivos del cultivo del frijol CC 25-9.
- Realización de la capacitación a los productores de la finca sobre el manejo agronómico del cultivo del frijol y la biofertilización orgánica de este cultivo con compost.

7 Métodos y procedimientos.

El proyecto se desarrollará en la Finca Triana, ubicada en el municipio de Cárdenas, provincia de Matanzas. Para su ejecución se aplicarán métodos teóricos, empíricos y estadísticos que se describen a continuación, organizados en seis etapas secuenciales.

7.1 Etapa 1: Revisión del estado del arte.

En esta etapa quedará conformado el equipo de trabajo, integrado por los trabajadores de la finca y los especialistas del Laboratorio Provincial de Suelo de la Provincia de Matanzas, quienes prestarán servicio en una de las etapas del proyecto. Además, se realizará una revisión bibliográfica actualizada que abarcará los siguientes temas:

- Origen e importancia del cultivo del frijol en Cuba.
- Requerimientos de fertilización orgánica del cultivo.
- Contenido de materia orgánica del suelo.
- Procedimientos para la producción del compost.
- Importancia del compost como abono orgánico para mejorar la estructura del suelo e incrementar los rendimientos.

7.2 Etapa 2: Marco legal y determinación de parámetros físico-químicos del suelo.

En primer lugar, se creará el marco legal para la contratación del personal del servicio prestado por el Laboratorio Provincial de Suelo de la Provincia de Matanzas. Posteriormente se procederá a la determinación de los parámetros físico-químicos del suelo destinado al cultivo del frijol.

Según Vera Velázquez *et al*. (2022), la metodología empleada para el muestreo y análisis será la siguiente:

1. Se estudiará el campo para seleccionar el terreno, se seleccionará el perfil del suelo, se tomarán las muestras y se analizarán en cuanto a color, textura, consistencia, estructura, presencia de carbonato, presencia de materia orgánica y su porcentaje, y pH.

2. Se seleccionará el perfil del suelo al que se le realizará el estudio predeterminado, determinando en primer lugar su ubicación y su accesibilidad para continuar con el estudio.
3. Se excavará profundamente para observar las propiedades físicas y químicas del suelo escogido.
4. Se estudiarán cada una de las partes que a simple vista puedan observarse y aquellas que sean necesarias someter a un proceso para conocer su reacción y función en el suelo.
5. Para la determinación del estado de porosidad del suelo se tendrá en cuenta la siguiente relación:

$$PT = (Dr - Da) / Dr \times 100$$

Donde:

- PT: porosidad total expresada en porcentaje.
- Dr: densidad real.
- Da: densidad aparente.

7.3 Etapa 3: Producción del compost

7.3.1 Etapa 3.1 Selección del área

Se elegirá un lugar protegido, con constante acceso de agua, en el cual se empleará un sistema de compostaje abierto en pilas, dado que resulta más efectivo para la producción en grandes cantidades. El lugar se protegerá con un techo para resguardarlo de las condiciones ambientales adversas. En función del área destinada a la elaboración de compost en la finca se propone extenderla de manera que permita conseguir la meta propuesta

7.3.2 Etapa 3.2 Obtención de la materia prima

Las cantidades a recolectar serán las necesarias para producir 30 toneladas de compost. Los materiales que se utilizarán son los siguientes:

- Cáscara de plátano: Se aprovechará el reciclaje de los plátanos consumidos en la finca, complementado con la recolección en cinco domicilios de casas

cercanas. Este residuo se cortará en trozos pequeños para acelerar el proceso de descomposición.

- Estiércol de caballo: Este material es de fácil obtención, debido a que en el municipio existen estercoleros donde se depositan las excretas.
- Residuos de cosechas y postcosecha: Se recolectarán de la propia finca, todos los restos de cosechas de las hortalizas y viandas, además se gestionará la recogida de la merma de cuatro puntos de ventas.

7.3.3 Etapa 3.3 Elaboración del compost

El proceso de compostaje se realizará utilizando el sistema abierto en pilas, donde los residuos se colocarán sobre una base forrada con plástico negro para incrementar la temperatura y evitar la pérdida de agua.

Los pasos a seguir serán los siguientes:

- Las cáscaras y otros residuos de la finca y mercados (residuos de cosechas y postcocecha) se cortarán manualmente con machete en trozos pequeños para facilitar su descomposición.
- Se mezclarán los residuos orgánicos (cáscaras y los demás residuos) y el estiércol de caballo en una proporción de 80% y 20%, respectivamente, y se colocarán en una pila para iniciar el proceso.
- Durante el proceso se realizarán controles semanales para verificar la humedad mediante la técnica del puño cerrado, asegurando que la mezcla esté compacta, pero sin gotear agua. Se medirá la temperatura con un termómetro para garantizar condiciones óptimas.
- Se realizarán volteos periódicos (4 veces por semana), removiendo la pila para oxigenarla y acelerar la descomposición.
- Cuando el compost alcance el estado de maduración, se tamizará a través de una malla con 1 cm de diámetro para separar los restos no descompuestos y obtener un producto homogéneo.

Este proceso tendrá una duración aproximada de 6 meses.

7.4 Etapa 4: Aplicación del compost.

7.4.1 Etapa 4.1 Preparación del suelo.

La preparación del suelo se realizará con tracción animal, efectuándose las labores de aradura. El compost se aplicará durante la preparación del suelo, mezclándose con el mismo, tras lo cual se procederá a la siembra del cultivo en una dosis de 15-20 t/ha, según lo establecido en la literatura para el cultivo del frijol (Leyva *et al*., 2020).

7.5 Etapa 5: Evaluación de los rendimientos.

7.5.1 Etapa 5.1 Cosecha del frijol.

Una vez que el frijol se encuentre en su momento óptimo de cosecha, se procederá a su recolección. Posteriormente se calcularán los rendimientos productivos obtenidos y se tomarán nuevamente muestras de suelo para determinar los parámetros físico-químicos del mismo (siguiendo el procedimiento descrito en la Etapa 2), con el propósito de observar los cambios registrados. Cabe destacar que los cambios en el contenido de materia orgánica y en la estructura del suelo no producirán resultados significativos en la primera aplicación; sin embargo, existen posibilidades de obtener buenos rendimientos productivos en el frijol.

7.6 Etapa 6: Capacitación a los productores.

Las capacitaciones se realizarán de manera paralela al desarrollo del proyecto. Se implementarán estrategias para garantizar que la capacitación llegue a todos los miembros de la finca, a través de charlas y talleres con técnicos e ingenieros agrónomos sobre el adecuado manejo agronómico del cultivo y la producción del compost utilizando residuos agrícolas del plátano y estiércol de caballo. Asimismo, se elaborará un plegable con la información necesaria para su divulgación.

7.7 Cronograma.

El proyecto, al ser de largo plazo, se desarrollará en tres años (2027-2029). En la Tabla 3 se muestra el cronograma de las principales tareas a realizar en las diferentes etapas del proyecto.

Tabla 3: Cronograma de las principales tareas a ejecutar durante el desarrollo del proyecto.

Etapa	**Tareas**	**Fecha de inicio**	**Fecha de culminación**
Etapa 1. Revisión del estado del arte.	Revisión bibliográfica.	Enero 2027	Marzo 2027
Etapa 2. Marco legal y determinación de los parámetros físico-químicos del suelo.	**Etapa 2.1** Creación del marco legal para la contratación del Laboratorio Provincial de Suelo. **Etapa 2.2** Muestreo y análisis físico-químico del suelo.	Febrero 2027 Marzo 2027	Mayo 2027 Mayo 2027
Etapa 3. Producción del compost.	**Etapa 3.1** Selección del área de compostaje. **Etapa 3.2** Recolección y clasificación de la materia prima. **Etapa 3.3** Elaboración del compost (~6 meses de proceso) Control semanal de temperatura y humedad Volteos periódicos (4 veces/semana).	Mayo 2027 Mayo 2027 Mayo 2027	Noviembre 2027 Noviembre 2027 Noviembre 2027
Etapa 4. Aplicación del compost y siembra del frijol.	Preparación del suelo con tracción animal Aplicación del compost (15-20 t/ha) durante la preparación del suelo Siembra del frijol (noviembre-diciembre, con riego).	Noviembre 2027	Diciembre 2027

Etapa 5. Evaluación de los rendimientos.	Cosecha del frijol (~90-100 días después de la siembra) Cálculo de rendimientos productivos Toma de muestras post-cosecha y análisis físico-químico del suelo Comparación de parámetros de suelo pre y post-aplicación.	Febrero 2028	Abril 2028
Etapa 3 (2do ciclo). Producción del compost para el segundo año.	Segunda producción de compost para asegurar disponibilidad continua Control de calidad del compost producido.	Mayo 2028	Noviembre 2028
Etapa 4 (2do ciclo). Aplicación y siembra.	Segunda aplicación del compost al suelo. Siembra del frijol segundo ciclo.	Noviembre 2028	Diciembre 2028
Etapa 5 (2do ciclo). Evaluación de rendimientos.	Cosecha del frijol segundo ciclo Evaluación comparativa de los rendimientos del primer y segundo ciclo Análisis de cambios acumulados en la materia orgánica del suelo.	Febrero 2029	Abril 2029
Etapa 6. Capacitación a los productores.	Charlas y talleres sobre manejo agronómico del frijol Talleres sobre producción de compost con residuos agrícolas Elaboración y distribución de plegable informativo. Realización del taller	Junio 2029 Junio 2029	Julio 2029 Julio 2029

	titulado: Abono orgánico + frijol: Cosecha segura.		
Procesamiento estadístico de los resultados.	Análisis estadístico de los datos obtenidos en ambos ciclos.	Agosto 2029	Octubre 2029
Escritura del informe final.	Redacción del informe final del proyecto.	Noviembre 2029	Diciembre 2029
Presentación de los resultados.	Presentación y defensa de los resultados del proyecto.		Diciembre 2029

8 Recursos Necesarios y presupuesto global del proyecto.

Para el desarrollo del presente acápite se tuvo en cuenta el salario actual y la escala salarial del personal especializado que prestará sus servicios en una de las tareas del proyecto. Se realizó el cálculo de los recursos materiales necesarios a partir de las necesidades y los recursos con que cuenta la finca y el Laboratorio Provincial de Suelo. Finalmente se calculó el monto total del proyecto en moneda nacional, a partir de los diferentes elementos que se describen en la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4: Recursos Humanos principales

Nombre y apellidos	Jefe de resultados	Grado	Ent.	% de participación
Ashley García Gaytán	x	Esp.	UM	15%
Kamelia Espinosa Martinez	x	M. Sc.	FCM	15%
Duniesky Najarro	x	12 grado	TCP	15%
Alexis Coro Hernández		12 grado	TCP	10%
Yaribey Blanco Carbo		12 grado	TCP	10%
Arismel Baez Rosales		12 grado	TCP	10%
Esmeraldo Socarraz Romero		12 grado	TCP	10%
Especialista 1		Ing.	LabPS	10%
Especialista 2		Ing.	LabPS	10%
Especialista 3		Ing.	LabPS	10%

Esp: especialista, M. Sc: Master en ciencias, Ing.: Ingeniero, UM: Universidad de Matanzas, FCM: Facultad de Ciencias Médicas, TCP: Trabajador por Cuenta Propia, LabPS: Laboratorio Provincial de Suelo.

Tabla 5: Recursos necesarios que aportan las instituciones involucradas.

Recursos necesarios	
Aporte institucional	
Laboratorio Provincial de Suelo en la Provincia de Matanzas.	Balanza
	Tubos
	Espátulas
	Reactivos
	Medidor de PH
	Agua destilada
	Frascos de cristal
Finca Triana	Pala
	Pico
	Plástico negro
	Rastrillo
	Guantes
	Mascarillas
	Mangueras
	Agua
	Recogedor
	Escoba
	Desinfectante
	Residuos de cosecha para el compost

	Semillas para cultivo
Residencias urbanas	Cascara de plátano
Puntos de ventas	Residuos de postcosecha (Merma)
Estercolero	Estiércol de caballo

En la Tabla 6 se presenta de forma detallada el cálculo del presupuesto global del proyecto.

Tabla 6: Presupuesto global del proyecto.

Conceptos	Año	Año	Año	Total
	MT	MT	MT	MT
Salario (1)				
Otras retribuciones (2)	80,866	80,866	80,866	242,598
Salario complementario (9,09 % del salario total anual) (3	8,086	8,086	8,086	24,258
Subtotal (4)	88,952	88,952	88,952	266,856
Seg. Social (5)	12,453	13,585	13,585	40,755
Impuestos por la utilización de la fuerza de trabajo (6) según lo aprobado para el año				
Recursos materiales (7)	1,0	1,0	1,0	3,0
Subcontrataciones (8)	20,000	20,000	20,000	60,000

Otros recursos (9)	4,0	4,0	4,0	12,0
Subtotal (10)	32,458	32,458	32,458	97,374
Total Gastos Corrientes Directos (11	121,410	121,410	121,410	364,230
Gastos de Capital (12				
Gastos Indirectos (13				
Total Gastos (14)				
Total General del Proyecto	121,410	121,410	121,410	364,230

A continuación, se describe la metodología utilizada para el cálculo de cada uno de los acápites del proyecto y del monto total, la cual se utiliza por el CITMA en la convocatoria de proyectos.

Salario (1): Presupuesto de salario del personal vinculado directamente al proyecto, de acuerdo con su por ciento de participación. La cifra anual comprende solamente 11 meses pues el mes de vacaciones está considerado en el 9,09% del salario anual.

Otras retribuciones (2): Presupuesto de otros gastos correspondientes a cualquier otro pago al personal directamente vinculado al proyecto y que no constituye salario, como por ejemplo pago de estimulación, pago por participación en proyectos, entre otros.

Salario complementario (3): Presupuesto correspondiente a las vacaciones del personal directamente vinculado al proyecto. Corresponde al 9,09% de la suma de las cifras que aparecen en (1) y (2).

Subtotal (4): Cifra que incluye la suma de (1), (2) y (3): salario, otras retribuciones y salario complementario.

Seguridad social (5): 14% de la cifra subtotal (4)

Impuesto por la utilización de la fuerza de trabajo (6): según el por ciento aprobado en el año. (4)

Recursos materiales (7): Presupuesto vinculado a los gastos previstos para la adquisición de los recursos materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

Subcontrataciones (8): Presupuesto para el pago de los servicios o actividades que la entidad ejecutora principal prevé contratar para la ejecución del proyecto.

Otros recursos (9): Presupuesto para todo tipo de recursos y actividades que requieran financiamiento, tales como: investigación del estado de la técnica, vigilancia tecnológica, protección legal de los resultados, aseguramiento de la calidad, gestión ambiental, formación de recursos humanos, publicación de documentos, viajes y dietas, pago de licencias, gastos de celebración de eventos, entre otros.

Sub-total (10): Cifra que incluye la suma de (5), (6), (7), (8) y (9)

Total, de gastos corrientes directos (11): Se calcula sumando los subtotales (4) y (10).

Gastos de capital (12): Presupuesto para los gastos correspondientes a inversiones materiales o compra de activos fijos (equipos y otros) necesarios para el proyecto. Deben estar en correspondencia con el plan de inversiones de la entidad y tienen que cumplimentar los aspectos relacionados con la Política del proceso inversionista.

Gastos Indirectos (13): Son aquellos gastos que no son identificables con el proyecto y se relacionan con él de forma indirecta. La característica de estos gastos está dada por la imposibilidad de asociarlos directamente a un proyecto específico, ya que son gastos que se relacionan con la actividad general de la entidad, por lo que se aplican a cada Centro de Costo (Proyecto) por la vía del prorrateo (Coeficiente de Gastos Indirectos), sobre determinadas bases, como por ejemplo los salarios directos. Como ejemplos más comunes de gastos indirectos a la actividad del Proyecto se pueden citar: gastos de reparaciones generales, mantenimiento, gastos de salario de personal relacionado indirectamente con el proyecto, gastos de

electricidad, agua, gas, depreciación de instalaciones o equipos, desgastes de útiles y herramientas, servicios de teléfono, comunicaciones e internet, entre otros.

9 Evaluación Económica – Financiera

Al analizar este proyecto desde el punto de vista económico, lo primero que se debe comprender es que no se trata de una ganancia rápida ni de un negocio de resultados inmediatos. El problema actual en la Finca Triana es la baja fertilidad del suelo y los malos rendimientos del frijol, y lo que se propone con el compost es una solución a largo plazo.

La rentabilidad del proyecto radica en que se aprovechan materiales que ya existen en la propia finca y sus alrededores: las cáscaras de plátano que anteriormente se desechaban, los residuos de las cosechas y postcosecha que permanecían en el campo y en los mercados, así como el estiércol de caballo que se obtiene fácilmente en los estercoleros del municipio. Estos materiales no representan un costo monetario, pues solo requieren mano de obra y organización. Además, las herramientas básicas necesarias, como palas, machetes, plástico negro y mangueras entre otros, son implementos con los que la finca ya cuenta y en caso de deficiencia se puede adquirir con una inversión. Al producirse el propio abono, se elimina la dependencia de fertilizantes químicos importados, que resultan costosos y en muchas ocasiones difíciles de conseguir, lo cual representa un ahorro significativo para el productor.

Asimismo, al mejorar la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, se reducen los gastos en riego durante períodos de sequía y se disminuyen las pérdidas de plantas. Todo esto implica que, aunque en el primer año la inversión pueda parecer elevada debido a la preparación de las pilas de compost y el tiempo de maduración, a partir del segundo y tercer año los beneficios comienzan a evidenciarse: el suelo mejora su estructura, el frijol se desarrolla de manera más sana, los rendimientos se estabilizan por encima de los niveles anteriores y los costos se reducen considerablemente al disminuir la necesidad de insumos externos. En conclusión, el proyecto es económicamente viable porque aprovecha los recursos disponibles en el territorio, cierra el ciclo de los residuos orgánicos y construye una base fértil para los próximos años. No constituye un gasto, sino una inversión en la salud del suelo y en la soberanía alimentaria de la finca.

10 Referencias bibliográficas

Acosta, J. A. 2022. Abonos orgánicos como alternativa para el mejoramiento y conservación de suelos afectados por el incorrecto manejo de pesticidas agrícolas. Tesis en opción al titilo Ingeniero. Agrónomo. Babahoyo. UTB. Disponible en: http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13311.

Álvarez -Sánchez, A. R., Llerena-Ramos, L. T., & Reyes-Pérez, J. J. 2021. Effect of sugary substances on organic substrates degradation for compost elaboration. Terra Latinoamericana, 39. https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.916.

Ayala-Niño, F., Maya-Delgado, Y. & Troyo-Diéguez, E., 2018. Almacenamiento y flujo de carbono en suelos áridos como servicio ambiental: Un ejemplo en el noroeste de México. Terra Latinoamericana. 36(2):93-104. https://doi.org/10.28940/terra.v36i2.334.

Bastida, F., Eldridge, D. J., García, C., Png, G. K., Bardgett, R. D., & Delgado-Baquerizo, M. 2021. Soil microbial diversity–biomass relationships are driven by soil carbon content across global biomes. The ISME Journal, 15(7), 2081–2091. https://doi.org/10.1038/s41396-021-00906-.

Bedoya, E. & Julca, A. 2021. Efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en Moquegua, Perú. Idesia (Arica) 39(4): 111-119. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400111.

Calero, A., Castillo, Y., Quintero, E., Pérez, Y. & Olivera, D. 2018. Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Revista de la Facultad de Ciencias 7(1), 88-100. http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/115/115589012/htl/.

Camargo-Cobeñas, M., Almidon-Ramirez, K., Rojas-Meza, M., Aybar-Peve, L. & Terán-Rojas, J. 2026. Desempeño agronómico de líneas de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) bajo abonamiento orgánico en condiciones de casa malla, Chincha, Perú. Bioagro (en línea)., vol. 38, no. 2, pp. 199-210. DOI: http://www.doi.org/10.51372/bioagro382.5.

Carmona, R. 2017. Estudio De Las Propiedades Fisicoquímicas De Compost De Residuos Sólidos Orgánicos Residenciales, A Partir De Su Caracterización Térmica Rosa Natalia Carmona Pardo Universidad Autónoma De Occidente

Facultad De Ingeniería Departamento De Energética Y Mecánica Programa Ingeniería Ambiental Santiago De Cali 2017. 15–114.

Carvalho, A. M., & Casas, L. E. 2022. Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(4), 990–1013. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2641.

Castillo Huaman, L. C. 2020. Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. [Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf.

Castro-Landin, A. L., Mayra Lisette, M. L., & Luisa Anabel, L. A. 2023. El rol de los microorganismos en la fertilidad del suelo agrícola basado en una revisión de estudios recientes. Innova Science Journal, 1(1), 2637. https://doi.org/10.63618/omd/i sj/v1/n1/8.

Chimbo Cabascango, D. E. 2023. Estudio del proceso de compostaje de estiércol con restos vegetales provenientes de la granja experimental ECAA. Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.puce.edu.ec/.serv er/api/core/bitstreams/ec6d19be-02f2-42d2-9d89-fd44757edcd9/content

Cid-Gallegos, M.S., Gómez Y Gómez, Y.M., Corzo-Ríos, L.J., Sánchez-Chino, X.M., Moguel-Concha, D., Borges-Martínez, E. &Jiménez-Martínez, C. 2023. Potencial nutricional y bioactivo de frijol (Phaseolus vulgaris) en la salud humana. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos [en línea]. Vol. 8, no. 1, pp. 1-10. ISSN 2448-7503. Disponible en: https://idcyta.uanl.mx/index.php/i/article/view/42.

Cisterna, E. A., Paredes, N. C., Marín, M. V., Pacahuala, E. A. R., Gamero, A. R. M., Taype, R. A. & Pimentel, J. I. S. 2023. Compost obtained from organic waste in the city of Lima, 2022. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2023-July. https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.1023.

Cotrufo, M. F., Ranalli, M. G., Haddix, M. L., Six, J. & Lugato, E. 2019. Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter. Nature Geoscience, 12(12), 989–994. https://doi.org/10.1038/s41561-019-0484-6.

Crespo, C. 2022. PortalFruticola. Obtenido de Estiércol de caballo como abono: Composición y aplicación: https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/06/14/estiercol-de-caballo-como-abono-composicion-y-aplicacion/.

Cruz, A., Pérez, M. & Rodríguez, J. 2019. Evaluación integral de la eficiencia económica de la producción de frijol en Cuba. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición, 26(1), 1-10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2306-91552019000100208&script=sci_arttext.

Damian, M., Gonzáles, F., Quiñones, P. &Terán, J. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. Arandoa, vol. 25(1): 141-158. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n1/a09v25n1.pdf.

Estrada, W., Jerez, E., Nápoles, M. G., Sosa, A., Maceo, Y. C. & Cordoví, C. 2016. Respuesta de cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.) a la sequía utilizando diferentes índices de selección. Cultivos Tropicales, 37(3): 79-84. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.5181.2082.

Fernández, V. AM. 2022. Diseño de una planta de biogás [en línea]. Trabajo fin de grado. Madrid: Universidad Europea de Madrid, Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño.

Guerrero Aguilar, A L. 2018. Elaboración y uso de abonos orgánicos en la Comunidad de Imbabuela Bajo, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura, 2017. : 5–6 p.

Guizado, M. J. 2018. Eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas, a partir de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana. Universidad Peruana Unión.

Hernández-Ochandía, D., Rodríguez-Hernández, M. G., Miranda-Cabrera, I., Moreno-León, E., Castro-Lizazo, I., Delgado-Oramas, B. P., Holgado, R., Hernández-Ochandía, D., RodríguezHernández, M. G., Miranda-Cabrera, I., Moreno-León, E., Castro-Lizazo, I., Delgado-Oramas, B. P. & Holgado, R. 2018. Reproducción y efecto nocivo de Meloidogyne incognita (Kofoid y White) Chitwood en Phaseolus vulgaris L. 'Cuba-Cueto-25-9'. Revista de Protección Vegetal, 33(2).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522018000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Jara, A. J. 2025. Efecto De La Biota Microbiana En La Calidad Del Compost A Partir De Musa paradisiaca (Plátano) En El Caserío Villa Rica – Huánuco, 2024 (Tesis de ingeniería). Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables.

Joel, B. 2024. Reducción de la concentración de cadmio en suelo alcalino con cultivo de cacao mediante la aplicación de microelementos y humus. Tesis en opción al título Ingeniero Agrónomo. Guayaquil. UAE. Disponible en: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BARCIA%20INTRIAGO%20DAVID%20JOEL.pdf.

Kumar, Y., Naresh, R. K., Dhaliwal, S., Sharma, V., Kumar, R., & Mandal, A., 2022. Impact of NPK enriched bio-compost on rice yield and sustainability of nutrients in sandy loam soils of India. Communications in Soil Science and Plant Analysis 53(22): 2996-3007.

Leyva, R. M., García, E., Chaveco, O., Permuy, N., Bruzón, Y. & Lueiro, M. 2020. Producción agroecológica del frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Holguín. Proyecto “Redes para una agricultura Resilente, RedAR”. UEICA-H. 37 p.

Licea, S. M.; López, Y. B.; Nieves, R. M., 2023. Procedimiento para la producción de compost, a partir de residuos sólidos urbanos en Las Tunas. Opuntia Brava, vol. 15, no Especial, p. 107-117.

Maquilón Hernández, A. E. 2022. Caracterización físico-química de los principales abonos orgánicos comerciales, utilizados en la zona de Babahoyo. s.l., Facultad Universidad Técnica de Babahoyo. 3–4 p.

Márquez, B. P.; Díaz, B. M. J. & Cabrera, C. F. 2017. Factores que afectan el proceso de compostaje. Advanced Materials [en línea], 29(10), pp. 6-126. ISSN 1521-4095.

Meena, L. A., Karwal, M., Dutta, D., & Mischra, R. 2021. Composting: Phases and Factors Responsible for Efficient and Improved Composting. Agriculture & Food: e-Newsletter, 3(1), 85–90. https://www.researchgate.net/publication/348098151_Composting_Phases_and_Factors_Responsible_for_Efficient_and_Improved_Composting.

Mondragón García, J. M., Serna Jiménez, J. A., García-Alzate, L. S., & Jaramillo Echeverry, L. M., 2018. Caracterización fisicoquímica de los subproductos cáscara y vástago del plátano Dominico harton. Revista ION, 31(1), 21–24. https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018003.

Montaño-Arias, N. M., Navarro-Rangel, M. del C., Patricio-López, I. C., Chimal-Sánchez, E. y Miguel-de la Cruz, J., 2018. El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo?. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva. 25(3) https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a9.

Morgado Guerrero, Y. M. 2022. Elaboración de composta a partir de residuos agroindustriales procedentes de la región de Tlapacoyan, Veracruz. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/7558/1/MORGADO%20GUERRERO%20YOMARA%20MICHELL.pdf Pérez Pérez, N. L.

Morales, B. 2021. Etapas del composteo y sus beneficios microbiológicos. .researchgate.net. https://www.researchgate.net/publication/349379086_etapas_del_composteo_y_sus_beneficios_microbiologicos.

Nestle. 2022. Desechos sólidos: Qué son, tipos y cómo gestionarlos [Blog]. Disponible en https://www.nestleagustoconlavida.com/re-pensar/desechossolidos.

Núñez Ramos, P. A., De La Cruz Contreras, V., De La Cruz Rodríguez, J. F., Valerio Then, I. & Pulido-Blanco, V. C. 2025. Efecto de la fertilización orgánica sobre variables agronómicas del frijol negro (Phaseolus vulgaris L.) en la zona el Cercado, provincia Duarte, República Dominicana. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 12(1). https://doi.org/10.53287/uzjj5185jw82e.

Oficina Nacional De Estadística E Información (ONEI). 2025. Anuario Estadístico de Cuba 2024: Capítulo 9 – Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca [en línea]. Edición 2025. La Habana.

Pérez Pérez, N. L., Linares Nima, L. M., & Huamán, D. P. 2023. Valorización de propiedades fisicoquímicas de residuos sólidos orgánicos alimentarios para la elaboración de compostaje. Rev.I NST. INVESTIG. FAC. MINAS METAL. CIENC. GEOGR. https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.24193.

Pino, J., 2023. Principales técnicas para la recuperación de los suelos arenosos. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Babahoyo. Ecuador. UTB. Disponible en: http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14144.

Pullopaxi, C. AJ., 2019. Tratamiento de residuos orgánicos generados en el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante compostaje. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. p. 1-92. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13202.

Rhoades, H., 2021. Using Banana Peel In Compost - The Effect Of Bananas On Soil Compost. Gardening. https://www.gardeningknowhow.com/composting/ingredients/banana-peels-compost.htm.

Rueda Moreno, RJ., y Caiza Sánchez, GE. 2017. Estudio de la optimización de la calidad del abono bocashi mediante la adición de potenciales microorganismos eficaces. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Sánchez, J. & Villanueva, J. 2022. Revisión: Efecto de abonos orgánicos en las propiedades microbiológicas y químicas del suelo, y sobre crecimiento de plantas de plátano (musa AAB). Disponible en: unilibre.edu.co.

Sillo, E. E. C., Murillo, R. A. L., Benavides, C. D. C., Lozada, E. F. Q. & Coronel, A. L. E. 2024. Comparación de producción de compost con diferentes formulaciones de residuos de origen vegetal y pecuario. Ciencia y Tecnología, 17(2), 64-72.

Sociedad Española Agricultura Ecológica (SEAE)., 2022. Obtenido de https://www.agroecologia.net/.

Soto-Mora, E, S, Hernández-Vázquez, M., Luna-Zendejas, H. S., Ortiz-Ortiz, E. & García-Gallegos, Y. E. 2016. Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. Revista Iberoamericana de Ciencias. 3(5):898–905. http://reibci.org/publicados/2016/oct/1800105.pdf.

Terry Alfonso, E.; González Espinosa, Y. & Martínez Rodríguez, Y. 2023. Prácticas agroecológicas para incrementar la productividad en fincas agrícolas de

Cuba. Investigación Agraria [en línea]. Vol. 25, no. 1, pp. 32-38. ISSN 1684-9086. Disponible en: https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2023.junio.2501755

Vera, V. R., Del Valle, H. W., Pallarozo, L. RI., Duma M. KI., 2022. Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. Revista Sinapsis [en línea]. 2(21). ISSN 1390 – 9770. Disponible en: https://www.itsup.edu.ec/sinapsis.