



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TEMA:

**“OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON HARINA DE CÁSCARAS
DE CACAO Y PLÁTANO PARA MEJORAR LA FIJACIÓN DE POTASIO EN EL
SUELO”**

AUTORES:

VELEZ COELLO LIA FERNANDA

GASTEZZI MONTERO GABRIELA

TUTOR:

ING. FRANCISCO JAVIER TORRES CORDOVA

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2024

ANEXO X.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	“OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON HARINA DE CÁSCARAS DE CACAO Y PLÁTANO PARA MEJORAR LA FIJACIÓN DE POTASIO EN EL SUELO”		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Vélez Coello Lia Fernanda Gastezzi Montero Gabriela Romina		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Tutor: Ing. Francisco Torres Córdova Revisor: Ing. Galo Páez Gracia		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Química		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Carrera de Ingeniería Química		
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero Químico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2024	No. DE PÁGINAS:	100
ÁREAS TEMÁTICAS:			
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Biofertilizante, cáscara de plátano, cáscara de cacao, nutrición de suelo, fijación de potasio		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Este proyecto se enfoca en la obtención de un biofertilizante usando harina de cáscaras de plátano y cáscaras de cacao para mejorar la fijación de potasio en suelos que carecen de este nutriente. El potasio es un importante nutriente para las plantas por su ayuda en el crecimiento y desarrollo de las mismas, aunque su disponibilidad dentro del suelo puede ser limitada. La harina de cáscaras de cacao y plátano se seleccionan como materia prima debido a su abundancia y potencial como fuente de nutrientes. El proceso de obtención del biofertilizante implica la fermentación anaeróbica con la harina de cáscaras de cacao y plátano y los demás ingredientes para enriquecer el contenido de nutrientes y aumentar la capacidad de retención de agua del suelo. Se llevan a cabo pruebas de laboratorio para determinar la composición química del biofertilizante resultante y su efectividad en la aplicación a diferentes dosificaciones en el suelo a estudiar. Se demostró que el biofertilizante incrementó el contenido de potasio desde un nivel bajo (<0.40 meq/100 g) a un nivel alto (0.60 – 1 meq/100 g). Este estudio ofrece una solución sostenible para la fertilidad del suelo y el desarrollo agrícola haciendo uso de los residuos orgánicos.</p>			
ADJUNTO PDF:	SI		
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: Lia Vélez: 0981047888 Gabriela Gastezzi: 0985071988	E-mail: Lia.fernandav@ug.edu.ec Gabriela.gastezzim@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Universidad de Guayaquil		
	Teléfono: (04) 2292949		
	E-mail: facultad.ingquimica@ug.edu.ec		

ANEXO V- CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Guayaquil,
Sra. Ing. Sandra Peña Murillo, Msc.
Director (a) de la Carrera de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería Química
Universidad de Guayaquil
Ciudad – Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de integración curricular **“OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON HARINA DE CÁSCARAS DE CACAO Y PLÁTANO PARA MEJORAR LA FIJACIÓN DE POTASIO EN EL SUELO”** de las estudiantes **Vélez Coello Lia Fernanda** y **Gastezzi Montero Gabriela Romina**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de integración curricular con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de integración curricular, CERTIFICO, para los fines pertinentes, que las estudiantes Vélez Coello Lia Fernanda y Gastezzi Montero Gabriela Romina están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

FIRMA

FRANCISCO
JAVIER TORRES
CORDOVA

Firmado digitalmente por FRANCISCO JAVIER
TORRES CORDOVA
DN: cn=FRANCISCO JAVIER TORRES
CORDOVA, gn=FRANCISCO JAVIER c=EC
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2024-08-15 11:59:05:00

Ing. Francisco Javier Torres Cordova
C.I.: 0908571615
FECHA: 15-08-2024

ANEXO VI.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **ING. FRANCISCO JAVIER TORRES CORDOVA**, tutor del trabajo de integración curricular certifico que el presente trabajo ha sido elaborado por **VELEZ COELLO LIA FERNANDA** y **GASTEZZI MONTERO GABRIELA** con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO QUIMICO**. Se informa que el trabajo de integración curricular: **“OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON HARINA DE CÁSCARAS DE CACAO Y PLÁTANO PARA MEJORAR LA FIJACIÓN DE POTASIO EN EL SUELO”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio TURNITIN quedando el 3 % de coincidencia.




3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

GUAYAQUIL

FIRMA

**FRANCISCO
JAVIER TORRES
CORDOVA**

Firmado digitalmente por FRANCISCO JAVIER
TORRES CORDOVA
DN: cn=FRANCISCO JAVIER TORRES
CORDOVA, gn=FRANCISCO JAVIER c=EC
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2024-08-15 11:19:05:00

Ing. Francisco Javier Torres Cordova

C.I.: 0908571615

FECHA: 15-08-2024

ANEXO VII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 11 de septiembre de 2024
Sr. /Sra. Sandra Peña Murillo
DIRECTOR (A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. - Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a usted el Informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del trabajo de integración curricular “OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON HARINA DE CÁSCARAS DE CACAO Y PLÁTANO PARA MEJORAR LA FIJACIÓN DE POTASIO EN EL SUELO” del o de los estudiante (s) VELEZ COELLO LIA FERNANDA y GASTEZZI

MONTERO GABRIELA ROMINA. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 20 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de integración curricular.

Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



GALO JAIME PAEZ

C.I. 0800844367

FECHA 11 SEPTIEMBRE 2024

**ANEXO XI. DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA
GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL
DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Nosotras, **Lia Fernanda Vélez Coello** con **C.I. 1250235825** y **Gastezzi Montero Gabriela Romina** con **C.I. 1250042437** certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de integración curricular, cuyo título es **OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON HARINA DE CÁSCARAS DE CACAO Y PLÁTANO PARA MEJORAR LA FIJACIÓN DE POTASIO EN EL SUELO** son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL



Lia Fernanda Vélez Coello
C.I. 1250235825



Gabriela Gastezzi Montero
C.I. 1250042437

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, cuyo apoyo incondicional y esfuerzo constante han sido clave en cada uno de mis logros. A mi familia, que siempre ha estado a mi lado brindándome amor, motivación y aliento en los momentos más desafiantes. Gracias por ser mi fortaleza y por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba. Este triunfo es también de ustedes, por acompañarme con paciencia y fe en cada paso de este recorrido.

Gabriela Gastezzi Montero

AGRADECIMIENTO

Agradezco con el corazón a mis padres por su sacrificio, amor y por brindarme siempre su confianza y apoyo. A mis hermanos, por ser esa compañía cercana que me impulsó a seguir adelante, y a mi familia extendida, que con su aliento constante fue un pilar en este camino. También agradezco a quienes, con su presencia o palabras, me motivaron a seguir adelante cuando los retos parecían insuperables. Este logro es una suma de todos los momentos compartidos.

Gabriela Gastezzi Montero

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme sabiduría y fuerzas para poder seguir y no rendirme a pesar de los obstáculos. A mis padres Galo Vélez y Jesenia Coello, a mi querida abuelita Nancy Bazán, a mi compañero de vida Flavio, a mis hermanos Sofía y Miguel, a mi ángel de cuatro patitas Milo, y a mi Angelita que está en el cielo. Todos y cada uno de ustedes son parte fundamental de mi vida, su apoyo y amor incondicional han sido el pilar que me ha sostenido y el motor que me ha impulsado a seguir adelante. Este logro es tan suyo como mío querida familia.

Lia Fernanda Vélez Coello

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios por brindarme la sabiduría y la fortaleza necesarias para enfrentar y superar cada desafío durante este proceso.

A mi mamá y a mi abuelita por siempre ser mi motor y nunca dejar que me rinda, gracias por sus enseñanzas, su amor incondicional y sus sabios consejos, mujeres de mi vida todo lo que soy y seré es por ustedes y para ustedes.

A mis hermanos, quienes siempre han sido una fuente constante de inspiración. A mi pareja, Flavio, por su amor, paciencia y por acompañarme en cada paso de este camino. A mis demás familiares, por su aliento constante y por ser ese pilar de fuerza y motivación que me ha impulsado a seguir adelante. A todos, les dedico este logro con profundo agradecimiento y cariño.

Lia Fernanda Vélez Coello

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO.....	3
Síntomas	3
Causas.....	3
Pronóstico	3
Control del pronóstico.....	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 JUSTIFICACIONES	5
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	5
1.4.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	6
1.4.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	7
1.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	8
Delimitación espacial del estudio.....	8
Delimitación temporal	8

Delimitación del Universo	9
1.6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
VARIABLE INDEPENDIENTE.....	9
VARIABLE DEPENDIENTE.....	9
1.6.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	11
2.2 MARCO TEÓRICO	13
2.2.1 Biofertilizantes	13
2.2.2 Beneficios del uso de los biofertilizantes en la agricultura	13
2.2.3 Clasificación de biofertilizantes	14
2.2.4 Consideraciones en el uso de biofertilizantes	15
2.2.5 Ventajas del uso de los biofertilizantes.....	15
2.2.6 Proceso de producción de biofertilizante.....	16
2.2.7 Métodos de aplicación de biofertilizantes	17
2.2.8 Inoculación de semillas.....	17
2.2.9 Aplicación en fertirrigación	18
2.2.10 Aplicación foliar.....	18
2.2.11 Componentes principales del biofertilizante.....	18
2.2.12 Agroindustria.....	19
2.2.13 Residuos agroindustriales	20

2.2.13.1	Tipos de residuos agroindustriales	21
2.2.13.2	Aprovechamiento de residuos agroindustriales	21
2.2.13.2.1	Melaza	24
2.2.13.2.2	Estiércol animal y la digestión anaeróbica	25
2.2.13.2.3	Cáscaras de cacao (Theobroma cacao).....	25
2.2.13.2.3.1	Composición nutricional	26
2.2.13.2.4	Cáscaras de plátano (Musa paradisiaca).....	27
2.2.13.2.4.1	Composición nutricional	27
2.2.14	El suelo	28
2.2.14.1	Suelos arcillosos.....	28
2.2.14.2	Suelos arenosos	29
2.2.14.3	Suelos orgánicos	29
2.2.14.4	Suelos ácidos	30
2.2.14.5	Suelos alcalinos.....	31
2.2.14.6	Propiedades físicas de los suelos	31
2.2.14.7	Propiedades químicas de los suelos	32
2.2.14.8	Propiedades biológicas del suelo	33
2.2.15	Nutrición de los suelos.....	34
2.2.15.1	Clasificación en macronutrientes	34
2.2.15.2	Clasificación en micronutrientes.....	35
2.2.16	Fijación del potasio en el suelo	35

Ciclo del potasio dentro del suelo	37
Factores que afectan la disponibilidad del potasio	37
2.3 MARCO CONCEPTUAL	38
2.4 MARCO CONTEXTUAL	41
2.5 MARCO LEGAL	42
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	44
3.1 MARCO METODOLÓGICO	44
3.2 TÉCNICAS A EMPLEARSE	45
3.3 Tabulación de resultados.....	55
3.3.1 Porcentaje de pérdida de humedad de las cáscaras de plátano	55
3.3.2 Porcentaje de pérdida de humedad de las cáscaras de cacao	55
3.3.3 Identificación de las muestras	55
3.3.4 Caracterización del suelo de estudio	56
3.3.5 Composición química del biofertilizante (B1).....	57
CAPITULO IV: LA PROPUESTA.....	58
4.1 Análisis inicial del suelo antes de la aplicación del biofertilizante.....	58
4.2 Dosificación del biofertilizante (B1) para incrementar la concentración del potasio en el suelo.	59
4.3 Comparación de los niveles fijados de potasio en el suelo antes y después de la aplicación del biofertilizante.	62
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	64

BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables del estudio	10
Tabla 2 Clasificación de los biofertilizantes	14
Tabla 3 Ventajas y limitaciones de los biofertilizantes	16
Tabla 4 Alternativas para el aprovechamiento de residuos agroindustriales	22
Tabla 5 Composición química de la cáscara de cacao y de la harina de cáscaras de cacao ...	26
Tabla 6 Composición de la cáscara de Musa paradisiaca L. según varios autores	27
Tabla 7 Clasificación del K en el suelo	36
Tabla 8 Materiales y equipos para la obtención del biofertilizante	48
Tabla 9 Diseño experimental de la aplicación del biofertilizante obtenido	53
Tabla 10 Peso inicial de las cáscaras de plátano y peso final de la harina obtenida	55
Tabla 11 Peso inicial de las cáscaras de cacao y peso final de la harina obtenida.....	55
Tabla 12 Muestras enviadas al laboratorio acreditado	55
Tabla 13 Caracterización del suelo de estudio.....	56
Tabla 14 Niveles de potasio disponible en el suelo	56
Tabla 15 Composición química del biofertilizante	57
Tabla 16 Resultados del análisis inicial del suelo	58
Tabla 17 Resultados del análisis final del suelo con B1 al 30% (M1).....	59
Tabla 18 Resultados del análisis final del suelo con B1 al 40% (M2).....	60
Tabla 19 Resultados del análisis final del suelo con B1 al 50% (M3).....	60

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación geográfica de la Finca: 0°41'57.9"S 79°14'36.9"W	8
Ilustración 2 Melaza	25
Ilustración 3 Cáscaras de la mazorca de cacao	26
Ilustración 4 Cáscaras de plátano verde	27
Ilustración 5 Ciclo del potasio en el suelo.....	37
Ilustración 6 Hoyo realizado con excavadora manual para el muestreo de suelo	46
Ilustración 7 Profundidad para toma de muestra	46
Ilustración 8 Muestra inicial (M0)	47
Ilustración 9 Recolección de los residuos orgánicos (Cáscaras)	47
Ilustración 10 Biodigestor	48
Ilustración 11 Obtención de harina de CC (Cáscara de cacao).....	49
Ilustración 12 Obtención de harina CP (Cáscara de plátano)	49
Ilustración 13 Proceso de obtención de la harina de cáscaras de plátano (Musa Paradisiaca)	50
Ilustración 14 Diagrama de flujo de la elaboración de harina de cáscara de cacao (Theobroma cacao)	51
Ilustración 15 Parcela de 4 m2 donde se realizó la experimentación	53
Ilustración 16 Bombas de aspersión y atomizadores con biofertilizante a diferentes dosificaciones	54
Ilustración 17 Acta de la entrega de muestras	54
Ilustración 18 Comparación del contenido de Potasio, pH y Materia Orgánica en diferentes muestras de suelo	62
Ilustración 19 Preparación de cuadrantes previo al tratamiento	77
Ilustración 20 Biofertilizante después de 30 días de fermentación.....	77
Ilustración 21 Preparación de las dosificaciones respectivas	78

Ilustración 22 Biofertilizante en diferentes dosificaciones	78
Ilustración 23 Aplicación del biofertilizante en los diferentes cuadrantes	78
Ilustración 24 Suelo después de la aplicación	79
Ilustración 25 Muestras de suelo para análisis de laboratorio	79
Ilustración 26 Secado de las cáscaras en estufa	79
Ilustración 27 Molino de bolas para la reducción de tamaño de las cáscaras	80
Ilustración 28 Harinas de cáscaras de plátano y cacao	80
Ilustración 29 Resultado de análisis del suelo inicial (M0) enviado a INIAP.....	81
Ilustración 30 Resultados de análisis del biofertilizante (B1)	82
Ilustración 31 Resultados de análisis de suelo al finalizar el tratamiento.....	82

ANEXO XII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR (ESPAÑOL)

“OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON HARINA DE CÁSCARAS DE CACAO Y PLÁTANO PARA MEJORAR LA FIJACIÓN DE POTASIO EN EL SUELO”

Autores: Lia Fernanda Vélez Coello, Gabriela Gastezzi Montero

Tutor: Ing. Francisco Javier Torres Córdova

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en la obtención de un biofertilizante usando harina de cáscaras de plátano y cáscaras de cacao para mejorar la fijación de potasio en suelos que carecen de este nutriente. El potasio es un importante nutriente para las plantas por su ayuda en el crecimiento y desarrollo de las mismas, aunque su disponibilidad dentro del suelo puede ser limitada. La harina de cáscaras de cacao y cáscaras de plátano se seleccionan como materia prima debido a su abundancia y potencial como fuente de nutrientes. El proceso de obtención del biofertilizante implica la fermentación anaeróbica con la harina de cáscaras de cacao y cáscaras de plátano y los demás ingredientes para enriquecer el contenido de nutrientes y aumentar la capacidad de retención de agua del suelo. Se llevan a cabo pruebas de laboratorio para determinar la composición química del biofertilizante resultante y su efectividad en la aplicación a diferentes dosificaciones en el suelo a estudiar. Se demostró que el biofertilizante incrementó el contenido de potasio desde un nivel bajo (<0.40 meq/100 g) a un nivel alto (0.60 – 1 meq/100 g). Este estudio ofrece una solución sostenible para la fertilidad del suelo y el desarrollo agrícola haciendo uso de los residuos orgánicos.

Palabras claves: Biofertilizante, cáscara de plátano, cáscara de cacao, nutrición de suelo, fijación de potasio.

**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(INGLÉS)**

**“OBTENTION OF A BIOFERTILIZER USING COCOA AND BANANA PEEL
FLOUR TO IMPROVE POTASSIUM FIXATION IN SOIL”**

Authors: Lia Fernanda Vélez Coello, Gabriela Gastezzi Montero

Advisor: Ing. Francisco Javier Torres Córdova

ABSTRACT

This project focuses on obtaining a biofertilizer using banana peel flour and cocoa shells to improve potassium fixation in soils lacking this nutrient. Potassium is an important nutrient for plants because it helps in plant growth and development, although its availability in the soil can be limited. Banana and cocoa shell flour are selected as raw material due to their abundance and potential as a source of nutrients. The process of obtaining the biofertilizer involves anaerobic fermentation with the banana and cocoa shell flour and the other ingredients to enrich the nutrient content and increase the water retention capacity of the soil. Laboratory tests are carried out to determine the chemical composition of the resulting biofertilizer and its effectiveness in the application at different dosages in the soil to be studied. This study offers a sustainable solution for soil fertility and agricultural development by making use of organic waste.

Keywords: Biofertilizer, banana peel, cocoa shell, soil nutrition, potassium fixation.

INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes han surgido como una opción prometedora en lugar de los fertilizantes químicos convencionales debido a su capacidad para enmendar la nutrición de los suelos. El potasio, es conocido por ser uno de los nutrientes esenciales en el crecimiento y nutrición de los cultivos al fortalecer sus raíces y aumentar su resistencia a enfermedades. Sin embargo, muchos terrenos o suelos agrícolas carecen de cantidades adecuadas de potasio lo cual limita la productividad de los cultivos.

La siguiente investigación se enfoca en la obtención de un biofertilizante elaborado a partir de harina obtenida de cáscaras de cacao y plátano, dos subproductos comunes y desaprovechados que a menudo generan problemas ambientales al descomponerse sin una gestión adecuada. Estas cáscaras contienen potasio, por lo que aprovechar estos subproductos para producir un fertilizante orgánico contribuirá a enriquecer el suelo con este nutriente.

El objetivo de la investigación es comprobar la capacidad y validez de este biofertilizante en la fijación de potasio dentro del suelo. La metodología empleada en esta investigación incluye el procesamiento de las cáscaras para la elaboración de la harina, seguida la formulación del biofertilizante que incluye otros componentes orgánicos. Posteriormente, se aplicará este biofertilizante en diversas dosificaciones en un suelo bajo en nutrientes y se realizarán análisis para determinar los niveles de potasio en el suelo antes y después de la aplicación del biofertilizante para evaluar el impacto del tratamiento en el suelo.

Con esta investigación se espera no solo demostrar la viabilidad del uso de residuos agroindustriales como las cáscaras de plátano y cacao en la producción de biofertilizantes, sino también a explotar nuevas soluciones agrícolas sostenibles con el medio ambiente.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación del suelo engloba todos los procedimientos asociados a la erosión, acidez del suelo, fertilidad baja y otros aspectos que conlleva la contaminación del suelo y dan como resultado la baja calidad de los suelo y por ende su capacidad de producción ineficiente (Bazán, 2023). Esta degradación puede desembocar una desertificación total o de índole parcial de numerosas zonas las cuales quedan improductivas para cualquier actividad agrícola, generando problemas de índole social, ambiental y económica (Montatixe, 2018).

En la finca ubicada en el recinto llamado “El Vergel” ubicado dentro de Valencia - Los Ríos - Ecuador, existe una parte del terreno donde se presenta un crecimiento deficiente e incluso la incapacidad de algunos cultivos para desarrollarse como es el caso de las plantas de cacao.

El potasio es esencial para numerosos procesos fisiológicos en las plantas, como la regulación osmótica y la activación enzimática, y su carencia puede dar lugar a un rendimiento agrícola deficiente. En el Ecuador anualmente se produce y exporta gran cantidad de plátano y de cacao. En las industrias alimenticias donde se utilizan como materia prima, se genera una alta cantidad de desechos, que en su mayoría no se manejan adecuadamente y generan un grave problema ambiental por su alta carga orgánica y contaminación del aire por la generación de gas metano (Riera, 2018).

Debido al alto contenido de potasio y demás nutrientes que contienen éstas cascaras, se propone su aprovechamiento a través de la elaboración de un biofertilizante con harina de cáscaras de cacao y plátano para mejorar la fijación de potasio como una alternativa sostenible y ecoamigable. Su aplicación como enmienda del suelo busca no solo restablecer los niveles

adecuados de nutrientes sino también proporcionar una alternativa ecológica a los fertilizantes químicos evitando así la contaminación ambiental asociada a su uso.

1.1.1 MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO

Síntomas

- Rendimiento deficiente de cultivos inducido por falta de nutrientes del suelo
- Coloración anormal de las hojas y desarrollo deficiente de los cultivos
- Desgaste o degradación del suelo a raíz de la disminución de su fertilidad.

Causas

- Incapacidad de retención de nutrientes en el suelo
- Presencia de un suelo desgastado por lixiviación de nutrientes
- El exceso del uso de fertilizantes químicos

Pronóstico

- Déficit en el crecimiento de cultivos por desgaste del suelo.
- Cultivos con mayor vulnerabilidad a enfermedades.
- Deterioro continuo de la fertilidad y contaminación en el suelo

Control del pronóstico

- Desarrollar un crecimiento sano en los cultivos mejorando la retención de nutrientes.
- Promover un suelo con mayor contenido nutricional de potasio contemplando un cambio observable en los cultivos.
- Mejorar las condiciones fisicoquímicas del suelo promoviendo una agricultura sostenible con el uso de fertilizantes orgánicos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo la aplicación de un biofertilizante con harina de cáscaras de cacao y plátano influye en la fijación de potasio en el suelo?

1.2.1 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿De qué manera se presentan las propiedades fisicoquímicas del suelo antes de la aplicación del biofertilizante?
- ¿Qué dosificación del biofertilizante con harina de cáscaras de plátano y cáscara de cacao permite incrementar la fijación de potasio en el suelo?
- ¿Cuál es la diferencia en los niveles de potasio presentes en el suelo antes y después de la dosificación con el biofertilizante

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

- Obtener un biofertilizante a partir de harina de cáscaras de cacao y cáscaras de plátano evaluando su capacidad para mejorar la nutrición de potasio en el suelo

1.3.2 Objetivos específicos

- Efectuar un análisis inicial del suelo que determine las propiedades fisicoquímicas antes de la aplicación del biofertilizante
- Determinar la dosificación del biofertilizante que mejore la concentración de potasio en el suelo.
- Comparar los niveles fijados de potasio en el suelo antes y después de la aplicación del biofertilizante.

1.4 JUSTIFICACIONES

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La justificación del presente estudio no solo es crucial para comprender la dinámica de nutrientes en los suelos agrícolas, sino que también aborda la necesidad de aprovechar los residuos agrícolas para promover la sostenibilidad ambiental y económica. Actualmente el manejo de los desechos o residuos agrícolas representa un desafío considerable, con toneladas de subproductos como las cáscaras de cacao y plátano que se desechan anualmente. Según varias investigaciones donde se evaluaron las composiciones nutricionales de las cáscaras de *Musa Paradisiaca* y *Theobroma cacao* L se logró identificar que la cáscara de plátano según (Vásquez, 2017) contiene entre un 3.4% a un 4.9% de potasio, mientras que la cáscara de cacao posee un contenido de potasio que oscila entre un 2.8% y un 3.8% (Lu, 2018).

Transformar estos desechos en enmiendas naturales para el suelo no solo disminuye la cantidad de residuos que impactan nuestro entorno, sino que también ofrece una fuente renovable de nutrientes esenciales para nuestras plantas. Este enfoque tiene el potencial de disminuir la dependencia de fertilizantes químicos y, en consecuencia, dar paso al mejoramiento y productividad de los cultivos (Thangarajan, 2021). De este modo, esta investigación además de estudiar la fijación de potasio en el suelo a través de un biofertilizante a partir de residuos agrícolas, también busca impulsar cambios significativos hacia prácticas agrícolas más eco-sostenibles a largo plazo.

La justificación teórica se apoya en lo aprendido durante nuestra formación en la carrera de Ingeniería Química. La materia de Tratamiento de Residuos Sólidos, que aborda estrategias para gestionar de manera eficaz los desechos orgánicos, proporciona una base esencial dada la generación de residuos asociada a la obtención de la harina a partir de las cáscaras de cacao y de plátano. Asimismo, las materias de Operaciones Unitarias brindan una comprensión

profunda de los procesos de obtención del biofertilizante. Por otro lado, las materias de Química Analítica y Análisis Instrumental ofrecen las herramientas necesarias para realizar análisis detallados del suelo, permitiendo evaluar con precisión los cambios en su composición antes y después de la aplicación de la harina, centrándose especialmente en los efectos de la fijación de potasio en el suelo. Este enfoque multidisciplinario destaca la importancia de la ingeniería química dentro de la resolución de desafíos agrícolas y medioambientales específicos.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Se enfoca en la experimentación para evaluar la eficacia del biofertilizante a partir de las cáscaras de cacao y plátano en la fijación de potasio en suelos degradados. Se realizará la subdivisión de una pequeña porción del suelo de estudio en un arreglo de 4x4 metros, creando así cuatro partes de igual tamaño.

En la primera parcela se realizará la toma de las muestras para los análisis iniciales y establecer el contenido nutricional del suelo antes de cualquier intervención. Las tres parcelas restantes se destinarán a la aplicación de diferentes dosificaciones del biofertilizante. Para la obtención del biofertilizante se llevarán a cabo los procesos de secado, molienda, tamizado correspondiente a la elaboración de harina. Seguido de una formulación en base a desperdicios orgánicos como melaza, estiércol bovino y la harina de cáscaras de cacao y plátano.

La variación en las dosis permitirá observar de manera sistemática como el biofertilizante influye en la adhesión de potasio en el suelo. Después de la aplicación de cada dosis, se realizarán análisis para cuantificar y comparar la concentración de potasio en el suelo. Este proporcionará datos precisos sobre la relación dosis efecto y permitirá identificar la proporción

óptima de biofertilizante para maximizar la fijación de potasio en condiciones de suelos degradados.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El enfoque radica hacia la fijación de potasio utilizando un biofertilizante con la harina de las cáscaras de cacao y de plátano responde a la búsqueda necesaria de opciones sostenibles y factibles para el mejoramiento nutricional de los suelos a raíz de desperdicios o residuos orgánicos.

Al tener un biofertilizante con una composición promedio con rangos de entre 1 a 5 % en Nitrógeno, 0.5 a 2 % en fósforo y potasio se hace necesario aumentar la concentración de K, y lo conseguiremos incorporando las harinas de banano y cacao.

Al aprovechar un recurso local como la cáscara de plátano y del cacao, que son subproductos comúnmente desaprovechados, se promueve así no solo la recuperación del suelo, sino también el manejo sostenible desechos agrícolas, reduciendo la generación de residuos y contribuyendo a prácticas más responsables ambientalmente.

Este estudio tiende a buscar soluciones prácticas y accesibles para los agricultores locales, ayudándolos a enfrentar los desafíos asociados con los suelos degradados y contribuyendo a la disminución del uso de fertilizantes químicos que al paso del tiempo generan problemas ambientales significativos.

1.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

Delimitación espacial del estudio

País: Ecuador

Región: Costa

Provincia: Los Ríos

Cantón: Valencia

Parroquia: El Vergel, 8Q24+6HM La Planada

Área: Agricultura



Ilustración 1 Ubicación geográfica de la Finca: 0°41'57.9"S 79°14'36.9"W

Delimitación temporal

La investigación engloba desde el mes de mayo del 2024 al mes de septiembre del 2024, durante este tiempo se realizó la obtención y la aplicación del biofertilizante con harina de cáscaras de cacao y plátano para mejorar la fijación de potasio en el suelo con sus respectivos análisis.

Delimitación del Universo

El universo del estudio se limita a un sector agrícola del cantón Valencia donde se llevó el estudio de suelos desgastados desarrollando una base firme para la implementación de biofertilizantes a partir de residuos orgánicos como es el caso de las cáscaras de cacao y plátano como alternativa al uso de fertilizantes inorgánicos.

1.6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

- H0: La aplicación del biofertilizante con la harina de cáscaras de cacao (*Theobroma cacao*) y cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca* L.) al suelo como fertilizante aumentará significativamente los niveles de potasio disponibles en el suelo demostrado mediante análisis fisicoquímicos.
- H1: La aplicación del biofertilizante con la harina de cáscaras de cacao (*Theobroma cacao*) y cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca* L.) al suelo como fertilizante no aumentará los niveles de potasio disponibles en el suelo demostrado mediante análisis fisicoquímicos.

VARIABLE INDEPENDIENTE

- Fijación de potasio en el suelo

VARIABLE DEPENDIENTE

- Obtención de un biofertilizante con harina de cáscaras de cacao y plátano

1.6.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1 Operacionalización de las variables del estudio

Variable	Tipo de variable	Indicador	Unidades
Biofertilizante con harina de cáscaras de cacao y plátano	Independiente	Dosis aplicada en el suelo	mL/m ²
Calidad del suelo (Fijación de potasio)	Dependiente	<ul style="list-style-type: none">• pH• Conductividad eléctrica• Potasio• Otros nutrientes	<ul style="list-style-type: none">• pH• mS/cm• meq/100g K• ppm

Elaborado por: (Vélez & Gastezzi, 2024)

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO REFERENCIAL

En la investigación de (Arzube & Pintado, 2023) titulada **“Estudio nutricional del suelo a partir de la harina de alfalfa como fuente de nitrógeno”** se demostró que la harina de alfalfa puede actuar como un fijador de nitrógeno en el suelo al ser la alfalfa rica en nitrógeno. Este hallazgo proporciona un precedente para explorar otras fuentes de nutrientes agrícolas que puedan mejorar el contenido nutricional del suelo de manera similar como en el caso de nuestro trabajo de investigación que busca la fijación de potasio en el suelo a través de un biofertilizante que contiene harina de cáscaras de cacao y cáscaras de plátano siendo estos dos residuos agroindustriales fuentes de potasio.

Según (Lu, 2018) en su experimentación concluye que dentro de la cáscara de cacao rica de minerales los que destacan son el potasio (K) con un contenido de 2.8 a 3.8%. Por otro lado, (Torres-Oblitas, 2019) investigó la harina obtenida a partir de cáscaras de plátano, encontrando un contenido de potasio (K) del 4.2% destacándola como una prometedora fuente de este nutriente para biofertilizantes.

(Olid, 2022) en su trabajo de investigación donde se usó harina de cáscaras de plátano como fertilizante natural comparándolo con un fertilizante químico (Urea) demostró con sus resultados que la harina de cáscaras de plátano mejora el crecimiento y el color de las plantas demostrando así su potencial como alternativa sostenible ante los fertilizantes convencionales.

Finalmente, estudios como el de (Romero, 2023) titulado **“Efecto de biofertilizantes como complemento de la nutrición del suelo en la productividad del cultivo de maíz”** respalda el uso de biofertilizantes evaluando el efecto de biofertilizantes a diferentes dosis como complemento en la nutrición del suelo en la productividad del cultivo de maíz; este

estudio demuestra que los biofertilizantes pueden mejorar de manera significativa las propiedades o condiciones de los suelos agrícolas haciendo evidente la importancia que tienen los biofertilizantes en la agricultura sostenible.

La relevancia de este estudio para la presente investigación radica en la validación del uso de fertilizantes orgánicos como una herramienta efectiva para mejorar la nutrición del suelo, siendo uno de los objetivos de esta investigación además de resaltar la importancia de la dosificación del biofertilizante que resulta crucial para asegurar la eficiencia y optimización del mismo.

Otro trabajo de investigación de (Muñoz, 2019) titulado “Producción de biofertilizante a partir de la descomposición de biomasa a través de biodigestores” concluye en que los biofertilizantes que se degradan en biodigestores ofrecen un equilibrio favorable en la nutrición del suelo pues al ser un producto a base de microorganismos promueve un correcto desarrollo de cultivos obteniendo alimentos sanos libres de agroquímicos. Este estudio resultó particularmente relevante ya que también se realizó utilizando la ayuda de un biodigestor para la producción del biofertilizante con harinas de cáscaras de cacao y plátano.

La investigación de (Muñoz, 2019) proporciona una base sólida sobre la eficacia de los biodigestores en la producción de los biofertilizantes y sus hallazgos apoyando la hipótesis de que los biofertilizantes obtenidos a partir de la descomposición de residuos orgánicos como lo son las cáscaras de cacao y plátano, el estiércol y la melaza mejoran la calidad y salud del suelo. Todas las anteriores investigaciones referenciadas contribuyen una base sólida en la obtención y aplicación del fertilizante orgánico propuesto.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Biofertilizantes

Los biofertilizantes (Conocidos también como bioles) son una alternativa a los fertilizantes químicos que fomentan acciones agrícolas sostenibles y consideradas con el medio ambiente (Olanrewaju, 2017). El biofertilizante se define según (Vessey, 2013) como un compuesto que contiene microorganismos benéficos y otros ingredientes orgánicos que al ser aplicados a semillas, superficies o suelo promueven el crecimiento y la disponibilidad de los nutrientes. El termino biofertilizante también se refiere a un fertilizante orgánico que contiene microorganismos que al aplicarse al suelo ayudan al desarrollo y calidad del suelo (Soumare, 2020).

2.2.2 Beneficios del uso de los biofertilizantes en la agricultura

Los beneficios del uso de los biofertilizantes en la agricultura incluyen el aumento de la captación y absorción de nutrientes, fertilización y bioremediación de suelos para cultivos eficientes. Los biofertilizantes también tienen la capacidad de poder controlar o evitar diversas enfermedades de las plantas como pudrición de la raíz provocada por bacterias como *Pythium*, *Rhizoctonia*, entre otras (Mahimaraja, 2018), y este control de enfermedades se atribuye a varios mecanismos posibles impulsados por el biofertilizante como la absorción y fijación de nutrientes, fabricación de antibióticos, y estimulación de genes que protegen contra enfermedades al suelo (Liu, 2017).

2.2.3 Clasificación de biofertilizantes

Tabla 2 Clasificación de los biofertilizantes

Tipo de biofertilizantes	Microorganismos	Actividad y/o efecto
Fijadores de nitrógeno	Rhizobius, Azospirillum y Azotobacter spp	Capturan nitrógeno del aire y lo transforman en formas orgánicas que las plantas pueden utilizar.
Solubilizan fosfatos	Bacillus spp., Pseudomonas spp. y Herbaspirillum	Solubilizan y mineralizan formas insolubles de fosforo en el suelo.
Movilizan fósforo	Micorrizas	Promueven la movilización del fósforo insoluble en el suelo.
Promueven crecimiento de las plantas	Pseudomonas y Azospirillum	Crean metabolitos que impulsan la captación de nutrientes en el suelo
Solubilizadores de K	Bacillus spp. y Aspergillus niger	Solubilizan silicatos y produciendo ácidos orgánicos, permitiendo disponibilidad de K para las plantas.
Movilizadores de K	Bacillus spp	Liberan el potasio que se halla en formas inalcanzables dentro del suelo.
Oxidantes de azufre	Thiobacillus spp	Oxidan el azufre transformándolas en sulfatos en las plantas.
Fermentación de residuos orgánicos	Digestato de biodigestores	Aportar nutrientes y mejoran la calidad del suelo

Fuente: Elaboración propia con base en (Itelima, 2018)

2.2.4 Consideraciones en el uso de biofertilizantes

La selección del biofertilizante debe basarse en el microorganismo, el cultivo, las condiciones del suelo y clima, y las prácticas agrícolas. Este producto biológico debe usarse antes de su fecha de vencimiento y aplicarse según las instrucciones, adicionalmente deben almacenarse en un lugar fresco.

La eficacia de los biofertilizantes también está influenciada por el material portador, que afecta la vida útil del producto y la persistencia de los microorganismos durante el ciclo del cultivo o la etapa de interés.

Comprender los requisitos nutricionales y ambientales de los microorganismos en los biofertilizantes es esencial para su efectividad. Además, su capacidad para colonizar las plantas, adaptarse al suelo e interactuar con los microorganismos nativos es crucial. El stock de nutrientes, el pH y la salinidad del suelo influyen en la supervivencia de los microorganismos; tanto la deficiencia como el exceso de ciertos compuestos químicos pueden reducir rápidamente la población de microorganismos inoculados (Moreno, 2018).

2.2.5 Ventajas del uso de los biofertilizantes

Los biofertilizantes ofrecen numerosas ventajas, entre las que destacan el aprovechamiento de residuos orgánicos, la mejora en la productividad de los cultivos y el apoyo a una gestión sostenible de los recursos que mejoran la textura y regeneran la materia permitiendo la sujeción de carbono y de otros nutrientes esenciales (N, P, K) incrementando de esta forma la vida útil y las condiciones del suelo para previos cultivos.

Tabla 3 Ventajas y limitaciones de los biofertilizantes

Ventajas	Limitaciones
Las plantas adaptan habilidad de autodefensa frente a ataques de patógenos	Falta de conocimiento de los agricultores
Mejora de la fertilidad del suelo	Restricciones ambientales, la eficacia varía según las condiciones del suelo
Reducción del uso de fertilizantes químicos	Requieren condiciones específicas de almacenamiento y tienen una vida útil limitada.
Restauración del ciclo natural de nutrientes del suelo	Incompatibilidad con prácticas agrícolas convencionales como en el uso de pesticidas y herbicidas.

Fuente: Elaboración propia basada en (Pedraza, 2020)

2.2.6 Proceso de producción de biofertilizante

El biol o biofertilizante es un líquido que se produce a partir de la fermentación anaeróbica de una mezcla de desechos orgánicos, como estiércol, plantas verdes y frutas. Este proceso genera un líquido rico en nutrientes que las plantas pueden absorber fácilmente.

Los biofertilizantes se elaboran dentro de biodigestores, dispositivos cerrados donde se produce la fermentación anaeróbica de los residuos orgánicos. En estos biodigestores, los microorganismos descomponen la materia prima sin oxígeno, liberando el biol como un valioso subproducto líquido. El biol obtenido mediante este proceso de digestión anaeróbica se distingue por su elevada concentración de nutrientes además de una variedad de compuestos orgánicos y fitohormonas (Varnero, 2011).

La producción del biol se ve afectada por las características que posee el biodigestor utilizado en el proceso anaeróbico. El biofertilizante se debe fermentar aproximadamente 30 días. No obstante, la elaboración de biofertilizantes enriquecidos con minerales puede llevar hasta 45 días. La categorización como biofertilizante se basa en la composición bioquímica de las materias primas empleadas. Si estas materias primas tienen elevados niveles de nutrientes, producirán productos con propiedades ideales para la aplicación en el suelo (Wong, 2023).

2.2.7 Métodos de aplicación de biofertilizantes

Los métodos de aplicación de biofertilizantes más comúnmente utilizados se encuentran la inoculación de semillas, la inoculación por inmersión de plántulas, la aplicación a través del sistema de riego, la aplicación directa al suelo y otros métodos emergentes como la aplicación foliar y la aplicación en el compost.

2.2.8 Inoculación de semillas

Este método, conocido como inoculación de semillas, permite que estos microorganismos estén presentes desde el inicio del crecimiento de la planta, estableciendo una simbiosis temprana y efectiva.

En resumen, consiste en brindar un recubrimiento que evite enfermedades y soporte nutricional a la semilla durante la germinación. Los biofertilizantes utilizados en la inoculación contienen una amplia variedad de microorganismos, cada uno con funciones específicas como fijadoras de nitrógeno, potasio, o fósforo (Martinez, 2018).

2.2.9 Aplicación en fertirrigación

La aplicación del biol, un biofertilizante, a través del sistema de riego es un método altamente efectivo y conveniente para distribuir uniformemente los nutrientes y microorganismos beneficiosos en la zona radicular de los cultivos. Este método se integra fácilmente en los sistemas de riego logrando una dispersión homogénea a lo largo de toda la superficie cultivada. Esto se ha traducido en un mejor rendimiento y calidad de los cultivos, reflejándose en un mayor crecimiento, desarrollo más robusto de las plantas y una producción final más abundante (Cherlinka, 2021).

2.2.10 Aplicación foliar

Es una técnica que permite una absorción rápida de nutrientes y microorganismos, proporcionando un suplemento nutricional inmediato. Los nutrientes y compuestos bioactivos presentes en el biol estimulan la producción de pigmentos fotosintéticos, promoviendo una mayor captación de luz solar y una mejor asimilación de carbono. La aplicación de biol sobre las hojas fortalece los sistemas naturales de defensa de los cultivos. Los microorganismos beneficiosos en el biofertilizante compiten con los patógenos, estimulan las barreras físicas y químicas de la planta, y activan sus respuestas inmunológicas (Morales, 2023).

2.2.11 Componentes principales del biofertilizante

Residuos orgánicos: Son desechos biodegradables de origen biológico ya sea de naturaleza animal o vegetal que pueden descomponerse de manera natural y transformarse en otro tipo de materia orgánica (Repsol, 2023).

Estiércol: Es una valiosa fuente de nutrientes para la producción de biol, ya que aporta los elementos esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. El estiércol es rico en microorganismos beneficiosos que favorecerá al proceso de fermentación del biofertilizante.

Agua: Es un elemento fundamental ya que permite la mezcla y la fermentación eficaz de los materiales orgánicos. El agua contribuye a mantener una consistencia apropiada para el proceso de fermentación y la posterior aplicación del biol.

Melaza: La melaza es un jarabe viscoso que resulta como residuo orgánico durante la fabricación del azúcar de caña. Durante la obtención del biol se la utiliza para potenciar la fermentación y proporcionar nutrientes adicionales al producto final, su incorporación al biol tiene un impacto notable en la actividad microbiana y en la calidad del biofertilizante.

2.2.12 Agroindustria

La agroindustria tiene un papel sumamente importante en la economía mundial, esta industria no solo genera productos de valor agregado, sino que también crea empleo y contribuye al desarrollo de las zonas rurales. Además, la agroindustria está en constante evolución, adoptando nuevas tecnologías y prácticas sostenibles para mejorar la eficiencia y reducir su impacto ambiental. Según (Quevedo, 2013) la agroindustria se define como un grupo de actividades manufactureras que dan como resultado productos mediante el uso de materias primas que provienen de las actividades agropecuarias.

En términos de industrias específicas, podemos destacar la relevancia de las industrias alimentarias como la láctea, cárnica y hortofrutícola. Por otro lado, las industrias no

alimentarias como la textil y maderera también resaltan dentro de la economía, proporcionando materiales de productos de consumo diario.

La agroindustria es un sector clave que combina la producción agrícola con la manufactura sin embargo al ser una industria con alta demanda genera una gigantesca cantidad de desechos o subproductos que sin un adecuado manejo o gestión traen consigo problemas ambientales convirtiéndose en agentes contaminantes (Aguiar, 2022).

2.2.13 Residuos agroindustriales

En base a la investigación de (Riera, 2018) en Ecuador se producen un aprox de 2 millones de toneladas de desechos agroindustriales cada año, mayormente compuestos por residuos de frutos. Esta abundante materia prima ofrece la oportunidad de crear nuevos productos con un enfoque sostenible, innovador y biotecnológico. En el país, se destacan las cáscaras de cacao, y plátano como los principales desechos agroindustriales. La gestión inadecuada de estos residuos por parte de las empresas afecta directamente el equilibrio ambiental, generando contaminación en el suelo, agua y otros entornos naturales al ser quemados o arrojados en lugares inapropiados. Esta contaminación impacta negativamente la flora, fauna, así como la salud y economía social. Es importante destacar que, debido a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, los residuos agroindustriales tienen un gran potencial para diversas aplicaciones (Yarián, 2020).

Actualmente existen muchas investigaciones cuyo objetivo es examinar cómo estos residuos pueden ser gestionados de manera efectiva para mejorar el medio ambiente y generar beneficios económicos como por ejemplo en la creación de energías renovables, bioplásticos, biocombustibles, entre otros (Victoria, 2017).

2.2.13.1 Tipos de residuos agroindustriales

Existen dos tipos de residuos agroindustriales: los residuos agrícolas y los industriales. Los residuos agrícolas se separan en residuos de campo y residuos de proceso. Los residuos de campo son aquellos que quedan en el terreno luego de la cosecha, como hojas, tallos, vainas de semillas y otros desechos vegetales.

Por otro lado, los residuos de proceso son los que permanecen después de que el cultivo ha sido procesado para obtener un producto final, como melaza, cáscaras, bagazo y otros subproductos. Estos residuos pueden tener diversas aplicaciones, como alimento para animales, en la fabricación de fertilizantes y en la mejora del suelo (Pardeep, 2008).

2.2.13.2 Aprovechamiento de residuos agroindustriales

El aprovechamiento y la gestión de residuos agroindustriales es una estrategia clave para optimizar la sostenibilidad en el sector agroalimentario, además de ofrecer una oportunidad única para fomentar la economía y la innovación. La reutilización de residuos generados en la agroindustria, como las cáscaras de frutas, los desechos de vegetales y los subproductos de la molienda, permite la creación de nuevos productos y la disminución significativa de contaminación generada durante la producción agroindustrial.

Ejemplos de esto son la transformación de las cáscaras de frutas en bioplásticos, carbones activados para tratamiento de agua residual, o residuos que generan biomasa para obtener biocombustibles o energía son solo algunas de las varias posibilidades que ofrece la gestión sostenible de los desechos agroindustriales.

Tabla 4 Alternativas para el aprovechamiento de residuos agroindustriales

Residuo	Alternativa	Descripción	Fuente
Estiércol de bovinos, porcinos u otros rumiantes.	Biogás, compostaje, fertilizantes orgánicos	Usado como abono natural por su gran cantidad de nutrientes importantes. Transformado a través de un proceso de descomposición sin oxígeno (digestión anaerobia) para generar biogás (el biogás obtenido por lo general es gas metano) y un biofertilizante. Convertido en compost para crear un abono sólido y disminuir organismos nocivos. Contribuye a fortalecer la textura del suelo y su habilidad para retener agua.	(Aguilar, 2021)
Residuos de industrias azucareras, y aceites vegetales	Biodiesel	El biodiesel es un tipo de biocombustible fabricado mediante un proceso llamado transesterificación donde se obtiene un 85% de este combustible eco-amigable	(Villabona, 2017)
Bagazo de caña de azúcar y de café	Biocombustibles, compost, resinas, elaboración de carbón activado	Se usan para producir biocombustibles, biogás, compostaje para mejorar la estructura del suelo por sus componentes nutricionales	(González, 2019)

Residuos de industrias azucareras y cereales	Biocombustible	Se obtiene biocombustible producido al fermentar azúcares sobrantes de la caña de azúcar y cebada con compuestos de celulosa.	(Cando, 2019)
Cascarillas de cereales (Arroz, café, etc)	Bloques de concreto	Bloques de concreto ecológicos obtenidos a partir del aprovechamiento de residuos como la cascarilla de arroz y ceniza	(Zuluaga, 2019)
Residuos de producción bananera	Biofertilizante, biogás, bioplásticos, y papel.	La cascaras y el raquis de plátano al ser ricas en potasio se procesan para su aplicación en biofertilizantes que dan paso también a la producción del biogás. Sirven como suplemento alimenticio para animales. Se puede obtener bioplásticos, cartón, papel, fibras para cemento hidráulico, entre otros.	(Cevallos, 2020)

Residuos de la producción cacaotera	Biofertilizante, biogás, compostaje, alimentación animal, extracción de compuestos bioactivos y obtención de carbón activado	Las cáscaras de cacao se aprovechan de varias maneras debido a su valioso contenido nutricional. Se utilizan como biofertilizante, aprovechando sus nutrientes esenciales. Se fermentan para la producción de biogás y se compostan para generar abono orgánico. También se emplean como materia prima en alimentos para animales.	(Vera, 2021) (Macias, 2021)
-------------------------------------	--	--	--------------------------------

Fuente: Elaboración propia basada en (Aguiar, 2022)

2.2.13.2.1 Melaza

La melaza es un subproducto resultante del proceso del azúcar refinado. Este proceso comienza con la molienda de la caña y la adición de agua caliente, lo que extrae el jugo rico en sacarosa. Posteriormente, este jugo pasa por una minuciosa purificación, donde se eliminan las impurezas mediante calentamiento, decantación y filtración (Gabra, 2019) . El producto final es un líquido espeso, de color oscuro y brillante, con una elevada concentración de azúcares, principalmente sacarosa. Esta alta densidad de azúcares hace que la melaza sea un excelente sustrato para procesos de fermentación, ya que proporciona a los microorganismos una abundante fuente de nutrientes y energía (Ahmed, 2017).



Ilustración 2 Melaza

Fuente: (Díaz, 2023)

2.2.13.2.2 Estiércol animal y la digestión anaeróbica

El estiércol animal, además de ser una valiosa fuente de nutrientes y energía renovable, también puede ser utilizado como biocombustible. La gestión adecuada de los desechos animales es fundamental para prevenir la contaminación del suelo y del agua, así como para evitar la proliferación de enfermedades transmitidas por los desechos (Salman, 2023).

La implementación de tecnologías como la digestión anaeróbica no solo ayuda a reducir los impactos ambientales negativos asociados con el estiércol animal, sino que también promueve la agricultura ecoamigable. Además, la producción de fertilizante orgánico a partir de los residuos de la digestión anaeróbica puede contribuir a incrementar la fertilización del suelo y a reducir la necesidad del uso de fertilizantes químicos (Salman, 2023).

2.2.13.2.3 Cáscaras de cacao (*Theobroma cacao*)

La cáscara de la mazorca de cacao constituye el subproducto principal de la cosecha de este cultivo, que tiene una importancia económica significativa en muchos países en desarrollo. Esta cáscara representa aproximadamente entre el 70% y 75% del peso total del fruto de cacao recién cosechado. Es una fuente rica en diversos nutrientes y compuestos beneficiosos, contiene una variedad de minerales esenciales donde se destaca el potasio, también incluye

componentes como lignina, celulosa, hemicelulosa y pectina (Adjin, 2018). En la actualidad, existen algunas aplicaciones de menor valor para este subproducto, como su uso en alimentación animal o en la producción de jabones y carbón activado. No obstante, debido a su riqueza en nutrientes y propiedades funcionales, hay un gran potencial para desarrollar nuevos usos de mayor valor añadido para este recurso natural subutilizado (Lu, 2018).



Ilustración 3 Cáscaras de la mazorca de cacao

Composición nutricional

Tabla 5 Composición química de la cáscara de cacao y de la harina de cáscaras de cacao

Composición	% en cáscaras (Lu, 2018)	% en harina de CC (Murillo, 2020)
Celulosa	19,7 a 26,1	-
Lignina	14 a 28	-
Pectina	6,0 a 12,6	-
Potasio (K)	2,8 a 3,8	3,0 a 3,70
Calcio (Ca)	0,25 a 0,46	-
Magnesio (Mg)	0,11 a 0,25	-
Fósforo (P)	0,19	-

Elaborado por: (Vélez & Gastezzi, 2024)

2.2.13.2.4 Cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca*)

Las cáscaras de plátano son la cubierta exterior de la pulpa que representan el 40% del peso total del plátano. Son residuos o subproductos con un potencial aprovechamiento debido a sus compuestos químicos bioactivos, fibra, y almidón al igual que por su contenido de nutrientes y minerales como el potasio, fósforo, magnesio, entre otros (Souza, 2021).



Ilustración 4 Cáscaras de plátano verde

Composición nutricional

Tabla 6 Composición de la cáscara de *Musa paradisiaca* L. según varios autores

Composición	% (Arcilla, 2002)	% (Vásquez, 2017)
Fibra	8,6	6,37
Almidón	52	
N	1,4	
P	0,18	
K	3,4	4,93
Ca	0,21	
Mg	0,08	0,13

Elaborado por: (Vélez & Gastezzi, 2024)

2.2.14 El suelo

El suelo es considerado un mecanismo complejo y dinámico que resulta primordial para la vida en la Tierra. Si bien tradicionalmente se ha asociado la fertilidad del suelo con su capacidad para suministrar nutrientes esenciales para las plantas, según (Ramírez, 2012) reconoce que su calidad depende de una intrincada interacción de propiedades físicas, químicas y biológicas. Esta visión integral permite evaluar su capacidad para sostener la vida, regular el agua y mitigar el cambio climático, más allá de su función como medio de cultivo.

2.2.14.1 Suelos arcillosos

Son caracterizados por su alta proporción de partículas finas, poseen un conjunto de características exclusivas que moldean su comportamiento y determinan su eficacia en la producción agrícola. Su alto poder para retener agua se debe a su alta concentración de partículas de arcilla en su superficie. Mientras que esta propiedad puede ser beneficiosa en regiones secas, en zonas con alta pluviosidad puede conducir a problemas de encharcamiento y limitar el desarrollo de las raíces.

La facilidad de moldear estos suelos cuando están húmedos puede dificultar las labores agrícolas y provocar que la creación de una capa en la superficie que bloquea el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, los suelos arcillosos también tienen un gran potencial. Su alta capacidad de intercambio catiónico los convierte en excelentes reservorios de nutrientes, lo que puede traducirse en una alta fertilidad natural (Montaño, 2018).

2.2.14.2 Suelos arenosos

Los suelos arenosos, compuestos principalmente por partículas grandes, presentan características únicas que los hacen un desafío y una oportunidad para la agricultura. Su textura gruesa les confiere una alta porosidad, lo que mejora la permeabilidad del suelo. Esta misma característica los vuelve muy susceptibles a la sequía, ya que el agua se filtra rápidamente y las partículas de arena no la retienen. Además, la poca o nula capacidad de retener nutrientes de estos suelos obliga a los agricultores a realizar fertilizaciones frecuentes para mantener los cultivos productivos. La baja cohesión entre las partículas de arena también los vuelve propensos a la erosión en zonas con fuertes vientos (Aguilera et al., 2023)

A pesar de estas limitaciones, los suelos arenosos ofrecen algunas ventajas. Su facilidad de trabajo y su buena aireación los hacen ideales para cultivos que requieren un suelo suelto y bien drenado, como ciertas hortalizas de raíz. Asimismo, su baja capacidad de retención de sales los hace adecuados para cultivos sensibles a la salinidad. La implementación de cultivos de cobertura también es beneficioso, ya que ayuda a proteger el suelo de la erosión, enriquece el suelo con materia orgánica y reduce la lixiviación de nutrientes.

2.2.14.3 Suelos orgánicos

Los suelos orgánicos, son un tipo de suelo caracterizado por su alta concentración de materia orgánica en descomposición o parcialmente descompuesta. Esta materia orgánica proviene principalmente de restos vegetales acumulados en condiciones de humedad y anaerobiosis, como turberas y ciénagas (Aguilera et al., 2023).

Los suelos orgánicos destacan por su alta capacidad para retener agua, de esta forma la materia orgánica se comporta como una esponja, absorbiendo grandes cantidades de líquido y liberándolo gradualmente. Esta propiedad los convierte en importantes reguladores del ciclo

hidrológico, ya que actúan como reservorios de agua y ayudan a prevenir inundaciones y sequías.

Sin embargo, su alta humedad y baja densidad los hacen muy susceptibles a la compactación y a la degradación si se someten a prácticas agrícolas intensivas. Además, al descomponerse la materia orgánica, se liberan gases de efecto invernadero, el cual los convierte en importantes reservorios de carbono (Burbano, 2018).

2.2.14.4 Suelos ácidos

Los suelos ácidos se caracterizan por presentar un pH inferior a 5,5, lo que limita su capacidad para sustentar la vida vegetal. Esta acidez puede ser generada por diversos factores, como la precipitación ácida, la desintegración de materia orgánica, la remoción de cationes básicos por parte de las plantas y el uso de fertilizantes ácidos. El potasio puede ser fijado por otros cationes como el aluminio y el hierro lo que ayuda a corregir la acidez y a optimizar la nutrición de las plantas (FAO, 2024).

Desventajas de los suelos ácidos

- **Toxicidad por aluminio:** En suelos ácidos, el aluminio se disuelve y se vuelve nocivo para las raíces de las plantas, impidiendo su crecimiento y desarrollo.
- **Deficiencias nutricionales:** Los niveles elevados de acidez en el suelo inhiben la solubilización de nutrientes esenciales como calcio, magnesio y molibdeno, lo que a su vez desencadena una serie de trastornos fisiológicos en las plantas, incluyendo clorosis (amarilleamiento de las hojas), necrosis (muerte de tejidos) y un desarrollo vegetativo deficiente.

- **Disminución de la actividad microbiana:** La acidez en el suelo compromete negativamente a los microorganismos del suelo reduciendo la posibilidad de descomponer la materia orgánica.

2.2.14.5 Suelos alcalinos

Los suelos alcalinos se caracterizan por presentar un pH superior a 7.5, lo que los hace básicos o alcalinos. Esta condición limita el crecimiento de muchas plantas debido a diversos factores, como la toxicidad de algunos iones, la baja disponibilidad de nutrientes esenciales y la afectación a procesos microbianos beneficiosos. En suelos alcalinos, el potasio puede ser fijado por el sodio, lo que afecta su disponibilidad para las plantas (Ballesteros et al., 2023).

Desventajas de los suelos alcalinos

- **Toxicidad por sodio:** El exceso de sodio puede dispersar las partículas del suelo reduciendo la aireación
- **Deficiencias nutricionales:** La alcalinidad limita la existencia de nutrientes como el hierro, el manganeso, etc.
- **Fitotoxicidad:** Algunos iones, como el boro, pueden acumularse en niveles tóxicos para las plantas en suelos alcalinos

2.2.14.6 Propiedades físicas de los suelos

Son fundamentales para comprender su comportamiento y su capacidad para sustentar la vida vegetal y se pueden identificar visualmente y por medio del tacto (FAO, 2024)

Textura: Condiciona propiedades fundamentales como la capacidad de retención hídrica, la aireación y la facilidad de trabajo del suelo, aspectos cruciales para el desarrollo de las plantas.

Estructura: La estructura del suelo hace referencia a la manera en que las partículas se unen formando agrupamientos, lo cual afecta la cantidad de poros, la facilidad con la que el agua y el aire circulan y la estabilidad del suelo.

Densidad aparente: Es una medida de la masa del suelo por unidad de volumen, y un valor alto sugiere un suelo compacto con pocos espacios vacíos, limitando así la aireación y la infiltración.

Porosidad: Es la proporción de espacio poroso en el suelo. Los poros pueden ser macroscópicos (visible a simple vista) o microscópicos (no visibles a simple vista), influye en la aireación, el volumen de almacenamiento de agua y la capacidad de intercambio de gases.

Conductividad hidráulica: La conductividad hidráulica representa la facilidad con la que el agua se desplaza a través de los espacios porosos del suelo. Esta propiedad, fundamental en procesos hidrológicos como la infiltración y el escurrimiento, está condicionada por la textura, la estructura y el grado de saturación del suelo.

Resistencia a la penetración: Es la fuerza requerida para penetrar en el suelo con un instrumento específico. Esta se encuentra relacionada con la densidad aparente, la humedad y la fuerza de los enlaces entre las partículas del suelo.

2.2.14.7 Propiedades químicas de los suelos

Son fundamentales para establecer su fertilidad y habilidad para sustentar la vida vegetal. Estas propiedades se identifican en análisis de laboratorio y se relacionan con la presencia de diversos elementos y compuestos, y su capacidad para retener e intercambiar iones (FAO, 2024).

pH: El pH del suelo es una propiedad fundamental que determina si un suelo es ácido o alcalino. Esta característica influye en la concentración y fijación de nutrientes, y en la actividad microbiana.

Capacidad de intercambio catiónico: Es la cantidad total de cationes que un suelo capta o retiene en sus sitios de intercambio. Estos cationes, como el calcio, magnesio, potasio y sodio, son nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. La CIC es sumamente importante en la fertilidad y la capacidad para amortiguar cambios en el pH.

Materia orgánica: Consiste en restos de seres vivos en distintos niveles de descomposición en el suelo. Contribuye con nutrientes, potencia la estructura del suelo e incrementa la retención de nutrientes.

Nutrientes: Los nutrientes son esenciales para el crecimiento de las plantas o desarrollo de los cultivos, estos que se encuentran en el suelo en diferentes formas y cantidades y se clasifican en micronutriente y macronutrientes.

Salinidad: Es la cantidad de sales solubles, principalmente sodio y cloro, presentes en la solución del suelo.

Toxicidad: Elementos tóxicos como el aluminio, el hierro y el manganeso en concentraciones elevadas puede limitar el crecimiento de las plantas.

2.2.14.8 Propiedades biológicas del suelo

Esta propiedad es esencial para mantener la productividad de los ecosistemas terrestres. La biota edáfica, compuesta por una amplia gama de organismos, protagoniza un papel fundamental en la regulación de los ciclos biogeoquímicos y en la formación y estructura del suelo (FAO, 2024).

Microorganismos: Estos organismos (bacterias, hongos, etc.) son los encargados de la degradación de la materia, fijación de nutrientes en el suelo, producir sustancias húmicas y regular enfermedades en las plantas.

Mesofauna: Nematodos, rotíferos y tardígrados. Estos organismos se alimentan de bacterias, hongos y materia orgánica.

Macrofauna: Lombrices de tierra, artrópodos y otros invertebrados. Estos organismos mezclan el suelo, crean poros y aceleran la descomposición de la materia orgánica.

2.2.15 Nutrición de los suelos

Es un procedimiento complejo y dinámico que sustenta la vida vegetal. Es a través del suelo que las plantas obtienen los nutrientes esenciales para crecer, desarrollarse y producir frutos. Comprender los mecanismos de la nutrición de los suelos es fundamental para optimizar la producción agrícola y proteger el medio ambiente (Cesar, 2019). Los nutrientes esenciales se clasifican en macronutrientes y micronutrientes según la cantidad requerida por las plantas.

2.2.15.1 Clasificación en macronutrientes

Nitrógeno (N): Fundamental para el desarrollo vegetativo y la síntesis de proteínas

Fósforo (P): Crucial para el crecimiento o desarrollo de raíces y en la floración

Potasio (K): Mejora la resistencia a enfermedades, la calidad de los frutos y la eficiencia en el uso del agua.

Calcio (Ca): Es fundamental para la formación de paredes celulares y la estructura de las plantas.

Magnesio (Mg): Es un componente de la molécula de clorofila y resulta vital para el proceso de fotosíntesis.

Azufre (S): Componente de aminoácidos y vitaminas.

2.2.15.2 Clasificación en micronutrientes

Hierro (Fe): Fundamental en la producción de clorofila y el transporte de electrones.

Manganeso (Mn): Interviene en el proceso de fotosíntesis y en la respiración celular.

Boro (B): Es necesario para el transporte de azúcares y la división celular.

Zinc (Zn): Participa en la síntesis de auxinas y en la formación de enzimas.

Cobre (Cu): Esencial para la respiración y la fotosíntesis.

Cloro (Cl): Interviene en el balance osmótico y en la fotosíntesis.

Níquel (Ni): Esencial para algunas enzimas involucradas en la fijación del nitrógeno.

2.2.16 Fijación del potasio en el suelo

El potasio dentro del suelo se encuentra en varios estados diferentes, cada uno con distinto grado de accesibilidad para los cultivos. En orden descendente de disponibilidad van desde el potasio soluble en el suelo (1 a 2%), el potasio intercambiable (1 a 2%), el potasio fijo no intercambiable (1 a 9%) y el potasio mineral (90 a 98%).

Estos distintos tipos de potasio se diferencian en cuán fácilmente pueden ser absorbidos y utilizados por las plantas (García & Quinke, 2012). El potasio se encuentra en el suelo retenido a través de cargas de capacidad de intercambio catiónico medido en meq/100g (miliequivalencias por 100 gramos) (Reicks, 2021).

Tabla 7 Clasificación del K en el suelo

Tipo de potasio	Descripción
Potasio en solución de suelo	Accesible para la absorción de los cultivos, este estado se encuentra en equilibrio con el potasio intercambiable, potasio fijo y el potasio mineral, pues a medida que se va agotando se reabastece continuamente
Potasio intercambiable	Cuando la concentración de potasio disuelto en suelo disminuye, el de forma intercambiable se libera rápidamente hacia la solución del suelo.
Potasio fijo o no intercambiable	Se encuentra retenido en materiales arcillosos, lo que significa que no está disponible de inmediato para las plantas. Sin embargo, cuando se agota el suministro soluble de potasio, el K que se encuentra atrapado se traslada a formas más accesibles para la absorción de las plantas.
Potasio mineral	Se encuentra dentro de las rocas de feldespato y mica. No se mide en los análisis de suelo comunes.

Fuente: Obtenida de (Reicks, 2021)

Ciclo del potasio dentro del suelo



Ilustración 5 Ciclo del potasio en el suelo.
Fuente: (Intagri, 2017)

Factores que afectan la disponibilidad del potasio

La concentración de potasio disponible en el suelo se debe a varios aspectos clave como la textura del suelo, su potencia de intercambio iónico, y la materia orgánica son factores determinantes. La alta capacidad de intercambio iónico y pH equilibrado en suelos tienden a retener mejor el potasio. Asimismo, la competencia con otros nutrientes y el lavado por la lluvia pueden reducir la disponibilidad de este elemento afectan el contenido de potasio accesible en el suelo (Reicks, 2021).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Biofertilizante: Son productos compuestos por microorganismos vivos que se aplican tanto al suelo como a la zona foliar de las plantas para estimular el crecimiento vegetal y regenerar su nutrición. Su uso busca reducir la aplicación de productos químicos sintéticos mejorando la solubilidad y la conductividad de los nutrientes (Sarmiento, 2019).

Calidad del suelo: Se puede entender como la habilidad natural de un suelo para cumplir funciones cruciales que preservan ecosistemas y facilitan el desarrollo de las plantas en condiciones fisicoquímicas y biológicas aptas que destaquen su calidad del mismo (Burbano, 2017).

Residuos orgánicos: Son restos de alimentos, desechos de cultivos, animales, empaques biodegradables entre otros, siempre que cumpla con la característica que se puedan descomponer naturalmente. Este tipo de residuos son ricos en proteína, minerales y azúcares, lo que los hace aptos para su gestión mediante procesos como la alimentación animal, el depósito en vertederos o la incineración (Wamuci Kanja, 2020).

Tratamiento de residuos: Se refiere a procesos y tecnologías que se utilizan para gestionar y procesar desechos generados por los seres vivos, este tipo de tratamiento busca reducir el impacto ambiental y aprovechar recursos (Sikhakhane, y otros, 2024).

Cáscara de cacao: Son los residuos obtenidos tras la extracción de los granos de cacao. Este subproducto agrícola es rico en nutrientes y compuestos bioactivos, y puede ser utilizado en la fabricación de abonos orgánicos y en investigaciones para su uso como biomasa.

Cáscara de plátano: Son los restos que quedan después de consumir o extraer la pulpa del plátano. Considerados residuos agrícolas, estas cáscaras son una fuente valiosa por su composición química y nutricional (Destacando la presencia de K, Ca y Mg).

Dosificación: Consiste en medir y controlar la cantidad exacta de una sustancia para garantizar el uso correcto o ideal de la misma.

Biodigestor: Se trata de un dispositivo o equipo cerrado diseñado para la descomposición en condiciones anaeróbicas generando biogás que suele ser empleado como fuente de energía renovable.

Biogás: Se genera a través del proceso de digestión anaerobia convirtiendo los residuos orgánicos en gas metano y/o dióxido de carbono a lo que se le denomina biogás. Se caracteriza por ser una fuente de energía renovable para generar calor y electricidad (Dadrasnia, y otros, 2021).

Descomposición anaeróbica: Proceso biológico que trabaja en condiciones de ausencia de oxígeno. Se lleva a cabo por microorganismos anaeróbicos, este proceso es indispensable en la elaboración de fertilizantes y biogás.

Estiércol: Es un residuo producido por la digestión de animales, comúnmente llamado excremento, que contiene nutrientes esenciales para mejorar la fertilidad del suelo. Este material orgánico es altamente valioso porque, al descomponerse, libera nutrientes que contribuyen a enriquecer el suelo.

Fijación de potasio: La fijación de potasio (K) juega un papel importante dentro de la interacción del suelo y la planta e influye en la eficacia de la fertilización. Entre los factores que controlan la capacidad de fijación de los suelos, la mineralogía de las arcillas y la humedad del suelo son de primordial importancia (Sardi, 2019).

Harina: Es un polvo fino obtenido mediante la molienda de granos y otros materiales vegetales que han sido secados antes de ser procesados. Su composición y características varían según el tipo de materia prima empleada. (Augustyn, 2024).

Secado: Es un proceso importante en la elaboración de la harina de cáscaras de residuos agroindustriales. Existe dos tipos de secado: Al natural (luz solar) durante 5 días y por inducción en una estufa o horno a 60°C.

Trituración: Consiste en hacer que un material se vuelva más pequeño al aplicar fuerzas mecánicas. Este proceso es para convertir trozos grandes en partículas más pequeñas. La trituración se realiza en diferentes etapas, incluyendo la primaria, secundaria y, a veces, terciaria, utilizando máquinas como las trituradoras de mandíbulas, giratorias y de impacto.

Molienda: Consiste en hacer más pequeñas las partículas tras la trituración, para lograr un polvo fino o una harina. Se usa molinos de bolas, martillos o rodillos para llevar a cabo la operación. El propósito es obtener un material con el tamaño de partícula necesario para la siguiente fase de procesamiento o su uso definitivo.

Tamizado: Es un proceso de separación y clasificación de partículas sólidas basado en su tamaño mediante el uso de una malla o tamiz. Este procedimiento consiste en hacer pasar un material a través de una serie de tamices con diferentes tamaños de malla con el fin de dividirlo en fracciones de distintos tamaños (Valarmathi, y otros, 2017).

2.4 MARCO CONTEXTUAL

Ecuador es un país productor y exportador de banano, café y cacao. Sin embargo, el manejo de los residuos generados por estas industrias no siempre se maneja de manera adecuada generando consecuencias adversas para el medio ambiente. Frecuentemente, estos residuos son incinerados de forma incontrolada o desechados inapropiadamente en vertederos o terrenos vacíos. (Gavilanez, 2016).

Las cáscaras de cacao y de plátano, son subproductos que a menudo son desaprovechados por los agricultores y las fábricas agroindustriales. Estas cáscaras tienen una

capacidad significativa para ser usadas en la elaboración de fertilizantes, pero debido al desconocimiento, con frecuencia este material se desecha incorrectamente, ya que se considera un residuo y se desecha en basureros, se quema o se arroja a los cuerpos de agua, lo que conlleva a diversos problemas ambientales (Riera, 2018).

Los fertilizantes orgánicos, provenientes de la descomposición de estiércol animal, restos de cultivos agrícolas y desperdicios de alimentos, poseen la habilidad de incrementar significativamente la producción y la resistencia de los cultivos. Su uso constituye una práctica sostenible que promueve la salud del suelo y a la vez fomenta la reducción de desechos orgánicos y la conservación del medio ambiente (Noh, 2015).

El valor nutricional significativo de las cáscaras de plátano y cacao en cuanto a su contenido de potasio pueden aportar al suelo la fijación de este nutriente una vez convertidas en harina como parte de la formulación de un biofertilizante. A través de la dosificación controlada del biofertilizante, se pretende evaluar su efectividad en la fijación y liberación gradual de potasio, así como su influencia en la disponibilidad de este nutriente para los cultivos.

2.5 MARCO LEGAL

El presente trabajo investigativo titulado “Obtención de un biofertilizante con harinas de cáscaras de cacao y plátano para mejorar la fijación de potasio en el suelo” biofertilizante se fundamenta en base a la (Constitución de la República del Ecuador, 2008) que asegura firmemente el derecho de un ambiente saludable. El Artículo 14 asegura que los ecuatorianos tenemos derecho a vivir en un entorno saludable, promoviendo la preservación evitando daños ambientales. La producción de biofertilizantes apoya este derecho al reducir la dependencia de

fertilizantes químicos que pueden perjudicar el suelo y el medio ambiente. Además, el Artículo 71 reconoce los derechos de la naturaleza, exigiendo que se respete su existencia y conservación por esto utilizar harinas de cáscaras de plátano y cacao para fabricar biofertilizantes apoya estos ciclos naturales y promueve la sostenibilidad del suelo (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El Artículo 281 de la Constitución aborda la soberanía alimentaria, obligando al Estado a garantizarla mediante la promoción de una producción agrícola saludable y ambientalmente adecuada. Los biofertilizantes orgánicos son una respuesta a esta obligación, ya que fomentan una agricultura ecoamigable. Asimismo, el Artículo 395 de la Constitución promueve un modelo de desarrollo sostenible que equilibra el respeto ambiental con la diversidad cultural. La obtención de biofertilizantes a partir de cáscaras de plátano y cacao es un ejemplo de desarrollo sostenible que utiliza recursos orgánicos y promueve la biodiversidad del suelo.

Leyes secundarias refuerzan estos principios constitucionales. La Ley Ecuatoriana de la Gestión Ambiental y de Soberanía Alimentaria fomentan utilizar tecnologías y prácticas que disminuyan la contaminación ambiental, y promover la producción agroecológica y el uso de insumos orgánicos respectivamente. La implementación de biofertilizantes con cáscaras de plátano y cacao contribuye a reducir el índice de suelos contaminados por fertilizantes químicos, y apoya prácticas agroecológicas sostenibles (Congreso, 2004).

Finalmente, algunas de las normas del instituto ecuatoriano de normalización (INEN) que respaldan y guían esta investigación son las siguientes: NTE INEN 211 1998-07 Fertilizantes – Abonos al establecer los rangos (Min. y Max.) tolerables de los fertilizantes o abonos. NTE INEN ISO 10381 Calidad del Suelo – Muestreo que brinda un instructivo para la toma y manipulación de muestras.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 MARCO METODOLÓGICO

Este trabajo explora la obtención de un biofertilizante enriquecido con harina de cáscaras de cacao y plátano con el propósito de mejorar la fijación de potasio en el suelo, empezando por la investigación sobre residuos orgánicos que contengan potasio en su composición nutricional. Esto permitirá establecer una base teórica sólida para la implementación de las harinas de cáscaras de cacao y plátano como fuente de potasio en el biofertilizante.

Para la elaboración del biofertilizante, se recolectaron, secaron, molieron y tamizaron las cáscaras de cacao y plátano hasta obtener las harinas. Estas harinas se mezclaron con estiércol bovino, melaza y agua. La mezcla resultante se colocó en un biodigestor para iniciar un proceso de descomposición anaeróbica por 30 días.

Antes de la aplicación del biofertilizante, se realizaron análisis iniciales del suelo para determinar su composición nutricional. Posteriormente, la parcela experimental se dividió en cuatro secciones iguales. Una sección se mantuvo como control (sin tratamiento), mientras que las otras tres recibieron aplicaciones del biofertilizante en concentraciones de 30%, 40% y 50% respectivamente.

Después de un período de tres semanas de aplicación del biofertilizante, se recolectaron muestras de suelo de cada una de las secciones tratadas y del control. Estas muestras fueron enviadas a un laboratorio para análisis con el fin de evaluar la fijación de potasio en el suelo.

3.2 TÉCNICAS A EMPLEARSE

Se lleva a cabo una metodología de carácter experimental y cuantitativa ya que implica la creación de un biofertilizante a partir de harina de cáscaras de plátano y cacao, así como la evaluación de los resultados por medio del análisis del suelo antes y después de aplicar el biofertilizante obtenido.

La presente investigación pretende fijar potasio al suelo mediante la aplicación de diferentes dosificaciones de un biofertilizante enriquecido con harina de cáscaras de plátano y cacao para determinar las cantidades fijadas de potasio en el suelo. Donde el diseño de los bloques está representado por: M0, M1, M2 y M3. Siendo M0 el blanco (sin tratamiento), M1 cuadrante al 30% de biofertilizante, M2 cuadrante al 40% de biofertilizante, y M3 cuadrante al 50% de biofertilizante.

Toma de muestras

Con la ayuda de una excavadora manual se hicieron hoyos en los cuatro puntos de estudio. Según (Sela, 2020) y lo establecido en el instructivo INT/SFA/10 muestreo de análisis de suelo establecido por (Agrocalidad, 2018) las muestras se toman de 15 a 20 centímetros de profundidad, por esto la toma de las muestras se realizarán a 20 cm de profundidad y realizando un corte en V de las paredes inclinadas en el hoyo sacando una tajada de suelo de 5 cm de grosor, eliminando los extremos laterales para luego homogenizar todo lo anterior siguiendo la norma INEN ISO 10381-2 (Calidad del suelo. Muestreo). Se recolectó 1 kg de la muestra en una funda plástica para realizar los respectivos análisis.



Ilustración 6 Hoyo realizado con excavadora manual para el muestreo de suelo



Ilustración 7 Profundidad para toma de muestra

Análisis inicial de suelo del área de estudio

Se tomó una muestra inicial del suelo de un 1 Kg empacado en una funda plástica cumpliendo con los requerimientos solicitados por el laboratorio. En dicha muestra se realizaron análisis fisicoquímicos para determinar la clase del suelo, y parámetros tales como pH, Mat.Org. y nutrientes disponibles como K, P, Mg, Mn, Zn.



Ilustración 8 Muestra inicial (M0)

Recolección y selección de los residuos agrícolas

Las cáscaras de plátano se recolectaron de un restaurante cuya materia prima principal es el plátano verde usando alrededor de diez racimas diarias sin una gestión adecuada de este residuo. Mientras que las cáscaras de cacao fueron recogidas vía al Empalme donde también se encontraban acumuladas sin previa gestión adecuada de desechos a un costado de la calle.



Ilustración 9 Recolección de los residuos orgánicos (Cáscaras)

Elaboración del biodigestor

Se diseñó un biodigestor utilizando un taque de plástico de 100 Litros al cual se le implementó una tapa hermética con su respectivo suncho para que se genere una fermentación anaerobia. Al tanque se le adecuó una manguera que posibilitó el escape del biogás que se

formó en el interior conectada en el otro extremo a una botella con agua para evitar que ingrese oxígeno.



Ilustración 10 Biodigestor

Materiales y equipos

Tabla 8 Materiales y equipos para la obtención del biofertilizante

Materiales	Equipos	Materia prima
Tanque de plástico	Molino de martillo	Cáscaras de plátano
Manguera de 1 m	Molino de bolas	Cáscaras de cacao
Accesorios de tuberías	Balanza	Melaza
Botella de plástico	Tamiz	Estiércol bovino
Jarra medidora	Estufa	Agua potable
Suncho metálico		
Bombas de aspersión de 4 L		
Atomizadores de 1 L		

Elaborado por: (Vélez & Gastezzi, 2024)

Preparación de las harinas de cáscaras de cacao y plátano:

Las cáscaras se sometieron a un proceso de selección, limpieza para eliminar cualquier impureza y secado al sol para disminuir la humedad a un nivel apto para su posterior

procesamiento de molienda en un molino de bolas hasta reducir su tamaño, luego se secaron en una estufa a 65 °C durante 2 horas en el caso de las cáscaras de plátano y por 4 horas en las cáscaras de cacao. Una vez secas las cáscaras pasaron al molino de bolas, se procedió a tamizar y se obtuvo la harina para su aplicación como ingrediente para el biofertilizante.

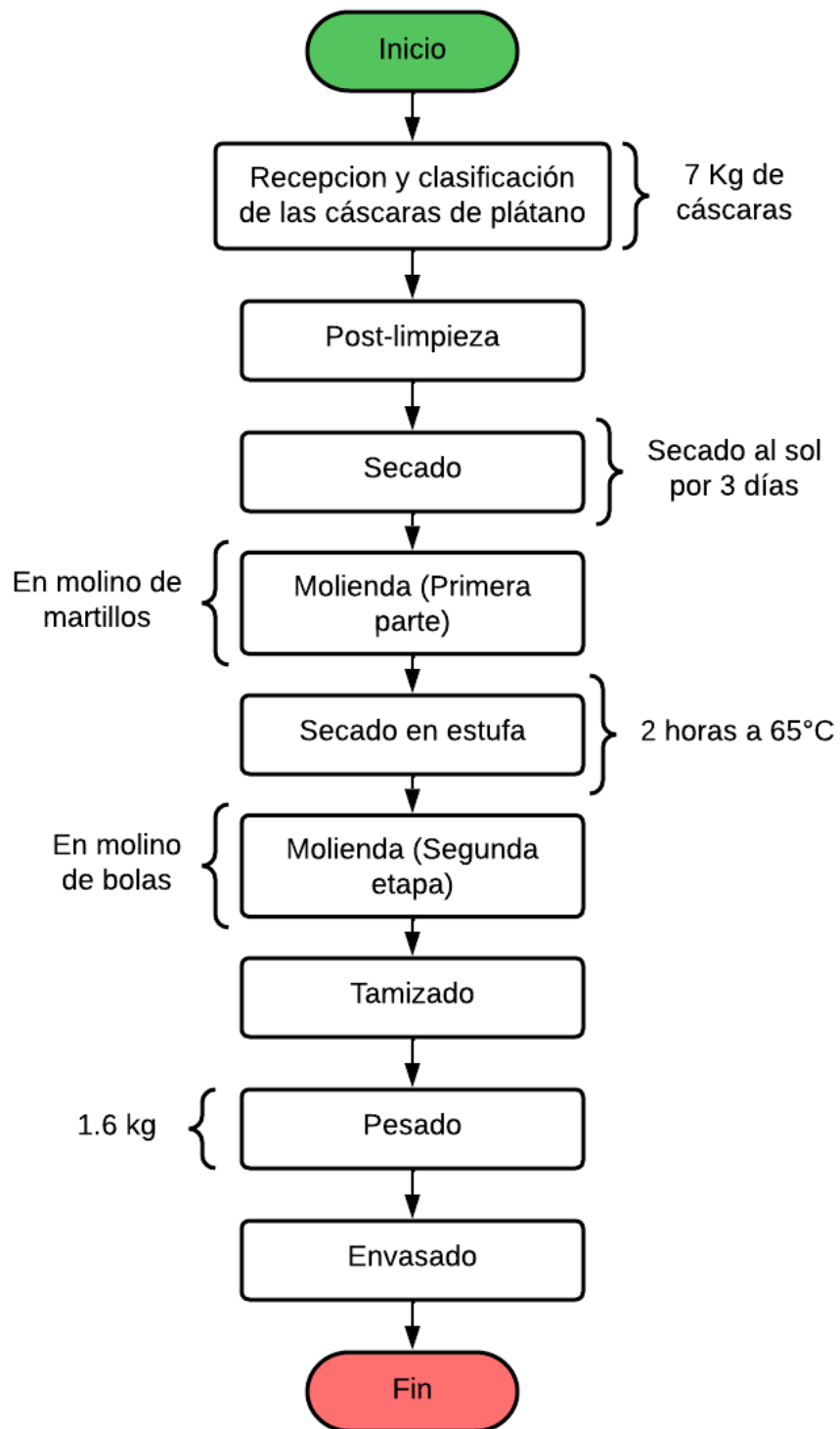


Ilustración 11 Obtención de harina de CC (Cáscara de cacao)



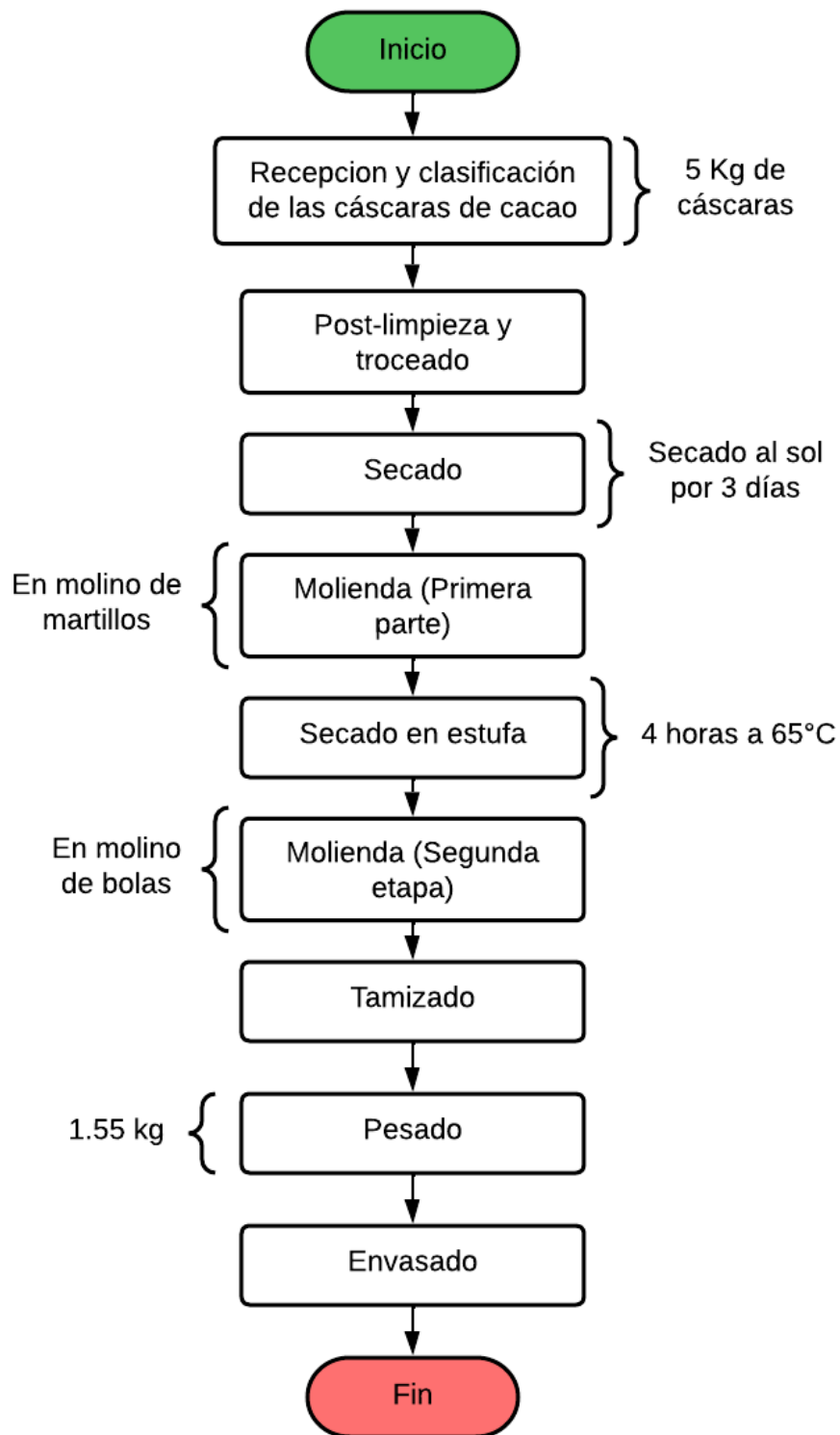
Ilustración 12 Obtención de harina CP (Cáscara de plátano)

Ilustración 13 Proceso de obtención de la harina de cáscaras de plátano (*Musa Paradisiaca*)



Elaborado por: (Vélez & Gastezzi, 2024)

Ilustración 14 Diagrama de flujo de la elaboración de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*)



Elaborado por: (Vélez & Gastezzi, 2024)

Ingredientes del biofertilizante

Materia prima	Cantidad
Estiércol bovino	1000 g
Melaza	1000 ml
Agua	2000 ml
Harina de cáscara de plátano	1500 g
Harina de cáscara de cacao	1500 g

Procedimiento de la elaboración del biofertilizante combinado

En el tanque de 100 litros se le añadió 1 kg de estiércol bovino, 1 Litro de melaza, 1.5 Kg de la harina de cacao y 1.5 Kg de harina de plátano para luego mezclar todo homogéneamente. Finalmente se cerró el biodigestor herméticamente para la fermentación anaeróbica durante un lapso de 30 días.

Análisis del biofertilizante obtenido en laboratorio certificado

Una vez transcurrido los 30 días del proceso de fermentación anaeróbica se tomó una muestra de 500 ml del biofertilizante en una botella de plástico y se envió a analizar al laboratorio certificado para su respectivo análisis fisicoquímico: K (%p/p), Mg (%p/p), Na (%p/p), Ca (%p/p), MatOrg, pH, densidad, etc.

Aplicación del biofertilizante al suelo

Las dimensiones de la parcela de estudio fue de $2 m^2$, misma que se dividió en cuatro partes. La primera parte (M1) es la muestra inicial sin aplicación del biofertilizante con la que se comparó los resultados. La segunda parte (M2) tuvo una dosificación de 30% de

biofertilizante diluido en una solución de agua, la tercera parte (M3) 40% de biofertilizante por litro de agua y la cuarta parte (M4) una dosificación de 50% de biofertilizante. El proceso de riego se realizó mediante bombas de aspersión manual cada 7 días aplicando 400 ml de cada solución. Después de 21 días se tomó las muestras de suelo para los análisis respectivos.

Tabla 9 Diseño experimental de la aplicación del biofertilizante obtenido

Muestras	Biofertilizante combinado	Dilución del BC en Agua
M0	0%	0:0
M1	30 %	30:70
M2	40 %	40:60
M3	50 %	50:50

Elaborado por: (Vélez & Gastezzi, 2024)



Ilustración 15 Parcela de 4 m2 donde se realizó la experimentación



Ilustración 16 Bombas de aspersión y atomizadores con biofertilizante a diferentes dosificaciones

Análisis final de suelo del área de estudio

Al finalizar la aplicación del biofertilizante por 3 semanas, se procedió a tomar muestras de los tres puntos tratados se mandaron a un laboratorio certificado llamado “Agro Análisis” donde se determinó el pH, materia orgánica y los nutrientes disponibles como K, P, Mg, Mn, Zn que fueron fijados.

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS							
Muestra	Peso	Id Campo	Color	Olor	Humedad	Estado	Empaque
AASUE202402914	1.60	M0 (0%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.	Café	Sin olor	Húmedo	Suelto	Funda plástica
AASUE202402915	1.12	M1 (30%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.	Café	Sin olor	Húmedo	Suelto	Funda plástica
AASUE202402916	1.16	M2 (40%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.	Café	Sin olor	Húmedo	Suelto	Funda plástica
AASUE202402917	1.30	M3 (50%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.	Café	Sin olor	Húmedo	Suelto	Funda plástica

Ilustración 17 Acta de la entrega de muestras

3.3 Tabulación de resultados

3.3.1 Porcentaje de pérdida de humedad de las cáscaras de plátano

Tabla 10 Peso inicial de las cáscaras de plátano y peso final de la harina obtenida

Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)
7.1	1.6

$$\%H = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

$$\%H = \frac{7.1 - 1.6}{7.1} * 100 = 77.46\%$$

3.3.2 Porcentaje de pérdida de humedad de las cáscaras de cacao

Tabla 11 Peso inicial de las cáscaras de cacao y peso final de la harina obtenida

Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)
5.4	1.55

$$\%H = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

$$\%H = \frac{5.4 - 1.55}{5.4} * 100 = 71.16\%$$

3.3.3 Identificación de las muestras

Tabla 12 Muestras enviadas al laboratorio acreditado

ID Muestras	Peso de la muestra	Concentración (%)
M0	1000 g	0
M1	1000 g	30
M2	1000 g	40
M3	1000 g	50

B1	500 ml	100
-----------	--------	-----

3.3.4 Caracterización del suelo de estudio

Tabla 13 Caracterización del suelo de estudio

ID Muestra	Parámetro	Unidad	Rango	Resultado
M0	pH	1:10	5 – 8	6.1
	Fósforo disponible	ppm		10
	Potasio disponible	meq/100g	Bajo (<0.4) Medio (0.4 – 0.6) Alto (0.6 – 2.0)	0.20
	Calcio disponible	meq/100g		4.0
	Magnesio disponible	meq/100g		1.7
	Conductividad eléctrica	dS/m		0.29
	Clase textural	-		Franco-Arenoso
	Arcilla	%		56.0
	Limo	%		36.0
	Arena	%		8.0
M.O	%		3.36	

Niveles de potasio en el suelo

Tabla 14 Niveles de potasio disponible en el suelo

Potasio disponible (meq/100g)	Nivel
<0.40	Bajo
0.40 – 0.60	Medio
0.60 – 1.0	Alto

3.3.5 Composición química del biofertilizante (B1)

Tabla 15 Composición química del biofertilizante

Parámetro	Unidad	Resultado
Densidad	g/mL	1.00
Fe	Mg/kg	140.80
K[^]	%p/p	5.70
N[^]	%P/P	0.29
P[^]	%p/p	0.08
pH	-	5.55
Salinidad	mS/cm	10.08
Materia orgánica	%	1.11
C/N		2.26
Corg-WB	%p/p	0.64

Nota: El potasio (K) es un nutriente clave para las plantas, y un contenido del 5.70% p/p es elevado. Este biofertilizante tiene un buen potencial para mejorar la fijación de potasio en el suelo.

CAPITULO IV: LA PROPUESTA

4.1 Análisis inicial del suelo antes de la aplicación del biofertilizante

Tabla 16 Resultados del análisis inicial del suelo

ID Muestra	Unidad	Parámetro	Rango	Resultado
M0	1:10	pH	5-8	6.1
	Ppm	NH ₄	-	13
	meq/100g	K ⁺	0.6 – 1.0 meq/100g	0.20
	%	MatOrg	-	3.36
	Ppm	P	-	10
	Meq/100 g	Ca	-	4
	Meq/100 g	Mg	-	1.7
		Ca/Mg	-	2.3
		Mg/K	-	8.50
		Ca+Mg/K	-	28.50

Interpretación del análisis de suelo inicial

- La muestra inicial de suelo muestra un pH de 6.1, que está dentro del rango ligeramente ácido, adecuado para la mayoría de los cultivos.
- El amonio (NH₄) se encuentra en 13 ppm, lo que sugiere una disponibilidad moderada de nitrógeno en forma de amonio.
- El potasio (K) está muy bajo, en 0.2 ppm, lo cual es insuficiente para un adecuado crecimiento de las plantas, lo que indica una necesidad crítica de suplementación.

- El calcio (Ca) se presenta en 4 meq/100g y el magnesio (Mg) en 1.7 meq/100g, ambos en niveles adecuados, lo que asegura una buena estructura del suelo y disponibilidad de estos nutrientes.
- La conductividad eléctrica de 0.29 dS/m indica que el suelo tiene una baja salinidad, favorable para el crecimiento de plantas.
- Las relaciones entre cationes (Ca/Mg de 2.3, Mg/K de 8.5, y Ca+Mg/K de 28.5) sugieren un desequilibrio, especialmente con un exceso de magnesio en relación con el potasio, lo cual podría interferir en la absorción de potasio por parte de las plantas.
- Este perfil de suelo indica una necesidad urgente de corrección en la disponibilidad de potasio para mejorar la fertilidad del suelo y optimizar el rendimiento de los cultivos.

4.2 Dosificación del biofertilizante (B1) para incrementar la concentración del potasio en el suelo.

Tabla 17 Resultados del análisis final del suelo con B1 al 30% (M1)

ID Muestra	Unidad	Parámetro	Rango	Resultado
M1	1:10	pH	5 – 8	6.18
	meq/100g	K ⁺	0.6 – 1.0 meq/100g	0.68
	%	MatOrg	-	4.50
		Ca/K		15.49
		Ca/Mg		7.37
		Mg/K		2.10

Tabla 18 Resultados del análisis final del suelo con B1 al 40% (M2)

ID Muestra	Unidad	Parámetro	Rango	Resultado
M2	1:10	Ph	5 – 8	6.45
	meq/100g	K ⁺	0.6 – 1.0 meq/100g	0.52
	%	MatOrg	-	5.16
		Ca/K		23.45
		Ca/Mg		7.37
		Mg/K		3.18

Tabla 19 Resultados del análisis final del suelo con B1 al 50% (M3)

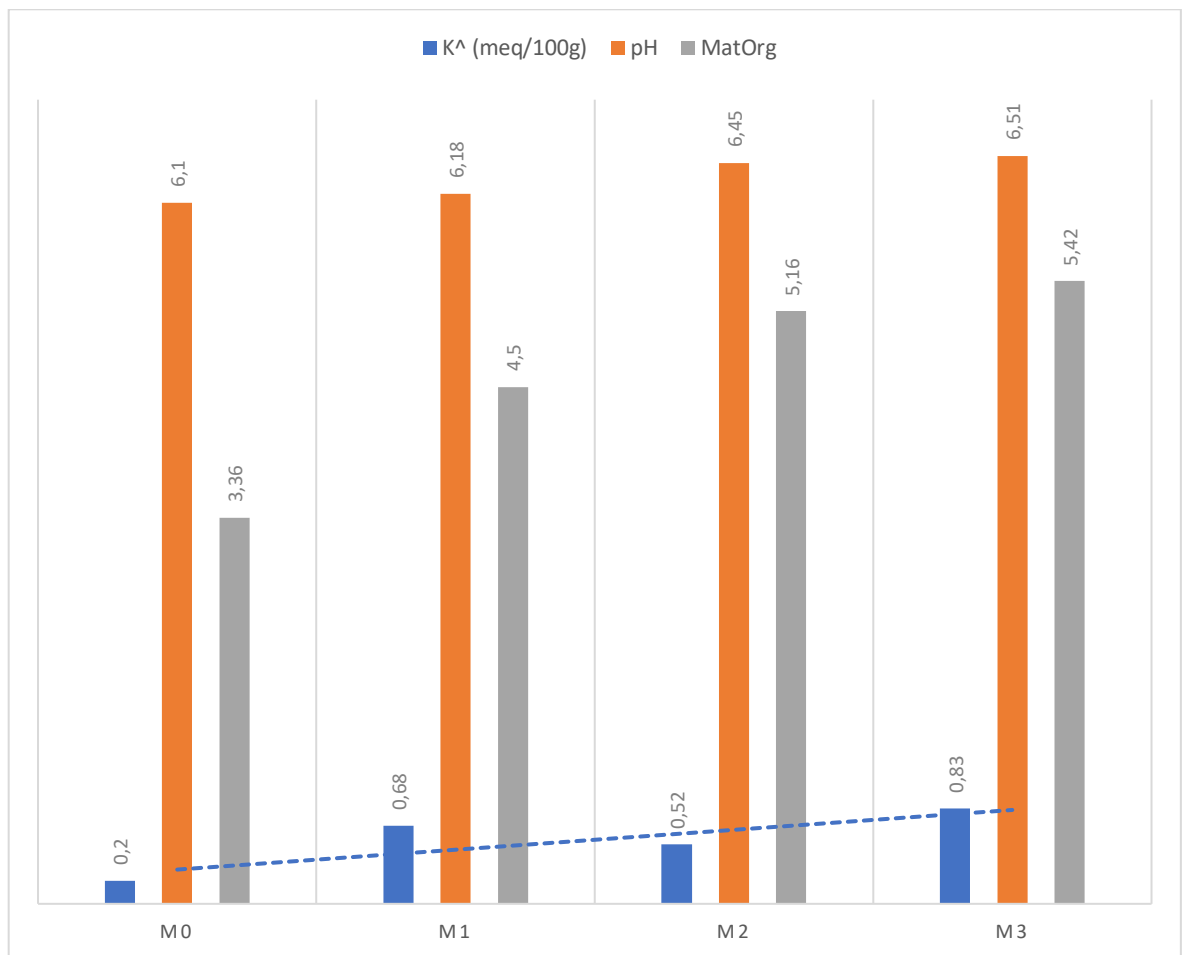
ID Muestra	Unidad	Parámetro	Rango validado	Resultado
M3	1:10	Ph	5 – 8	6.51
	meq/100g	K ⁺	0.6 – 1.0 meq/100g	0.83
	%	MatOrg	-	5.42
		Ca/K		17.66
		Ca/Mg		10.38
		Mg/K		1.70

- Con la aplicación de B1 al 30% (M1), el potasio aumentó significativamente a 0.68 meq/100g, lo que lo sitúa dentro del rango adecuado (0.6 – 1.0 meq/100g), y la relación Mg/K se redujo considerablemente a 2.10, mejorando la disponibilidad de potasio para las plantas. El pH se mantuvo estable en 6.18, y la materia orgánica aumentó a 4.50%, lo que sugiere una mejora en la fertilidad del suelo.

- En la dosificación del 40% (M2), el potasio fue de 0.52 meq/100g, lo que representa una leve disminución respecto a M1, pero una mejora respecto a la condición inicial. El pH se incrementó ligeramente a 6.45, y la materia orgánica aumentó a 5.16%. Sin embargo, la relación Ca/K se elevó a 23.45, y Mg/K subió a 3.18, lo que podría indicar un desbalance que podría afectar la absorción de potasio.
- Finalmente, con B1 al 50% (M3), el potasio alcanzó 0.83 meq/100g, consolidando una buena fijación de este nutriente. El pH continuó subiendo ligeramente a 6.51, y la materia orgánica alcanzó 5.42%, mostrando una mejora constante en la calidad del suelo. Las relaciones Ca/K (17.66) y Mg/K (1.70) sugieren una mejoría en el equilibrio de cationes comparado con M2, lo que favorecería una mayor disponibilidad de potasio para las plantas.
- La aplicación del biofertilizante mejoró significativamente la disponibilidad de potasio y la materia orgánica en el suelo, especialmente con las dosificaciones del 30% y 50%, donde se observó un mejor equilibrio de nutrientes y una mayor capacidad de fertilidad del suelo

4.3 Comparación de los niveles fijados de potasio en el suelo antes y después de la aplicación del biofertilizante.

Ilustración 18 Comparación del contenido de Potasio, pH y Materia Orgánica en diferentes muestras de suelo



CONCLUSIONES

- El análisis inicial del suelo reveló una deficiencia crítica de potasio, con una concentración de 0.20 meq/100g, lo cual es insuficiente para el crecimiento óptimo de las plantas.
- Los niveles de pH (6.1), nitrógeno amoniacal (13 ppm), y nutrientes como calcio (4 meq/100g) y magnesio (1.7 meq/100g) estaban en rangos adecuados, pero el desbalance en la relación Mg/K sugiere que el exceso de magnesio podría estar interfiriendo con la absorción de potasio.
- La baja conductividad eléctrica (0.29 dS/m) y el contenido de materia orgánica (3.36%) también indicaron un suelo con baja salinidad y una necesidad de incremento en la materia orgánica para mejorar la fertilidad.
- Tras la aplicación del biofertilizante B1 en diferentes dosificaciones, se observó una mejora significativa en la disponibilidad de potasio. Con la dosificación al 30%, el potasio aumentó a 0.68 meq/100g, mejorando la relación Mg/K y aumentando el contenido de materia orgánica a 4.50%.
- La dosificación al 50% mostró el mayor incremento en potasio, alcanzando 0.83 meq/100g, con una mejora en la relación Ca/K y Mg/K, y un aumento continuo en la materia orgánica (5.42%).
- La hipótesis de investigación se cumplió con el incremento de potasio en el suelo, llevándolo de un contenido bajo (<0.40) a un contenido alto de potasio (0.60 – 1 meq/100 g).

RECOMENDACIONES

Se sugiere emplear la dosificación del 50%, ya que ha mostrado ser la más eficaz para incrementar los niveles de potasio y equilibrar los nutrientes en el suelo. La opción del 30% también resulta adecuada y puede ser beneficiosa para suelos que requieren ajustes menos significativos. Es fundamental llevar a cabo análisis regulares del suelo para ajustar con precisión las dosis del biofertilizante, garantizando así un equilibrio nutricional óptimo y previniendo desequilibrios. Además, es esencial seguir promoviendo el aumento del contenido de materia orgánica en el suelo, ya que esto mejora tanto la estructura del suelo como su capacidad para retener nutrientes esenciales. Se recomienda ajustar la formulación del biofertilizante para una mayor fijación.

Es crucial vigilar las relaciones entre cationes, como Ca/K y Mg/K, para evitar desequilibrios que puedan restringir la disponibilidad de potasio. Finalmente, se recomienda documentar exhaustivamente los efectos a largo plazo del biofertilizante para perfeccionar las técnicas de fertilización y maximizar la productividad de los cultivos. Este enfoque no solo mejorará la calidad del suelo, sino que también optimizará la salud y el rendimiento de las plantas, contribuyendo a una agricultura más eficaz y sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, A., Bautista, F., & Aguilera. (2023). *Propiedades del suelo y procesos: hacia un conocimiento global y multidisciplinario del recurso suelo*. https://www.researchgate.net/publication/376685536_Propiedades_del_suelo_y_procesos_hacia_un_conocimiento_global_y_multidisciplinario_del_recurso_suelo
- Ballesterero, J., Pino, A., & Barbazán, M. (2023). Aplicación de sulfato de calcio a un suelo con alta concentración de sodio de origen natural. *Ciencia y Tecnología*, 16(2), 1–8. <https://doi.org/10.18779/CYT.V16I2.549>
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82–96. <https://doi.org/10.22267/RCIA.183501.85>
- Cesar, E. (2019). *Fertilidad del suelo y nutrición vegetal*. <https://uls.edu.sv/sitioweb/component/k2/item/1062-libro-la-fiestas-es-abajo-fertilidad-del-suelo-y-nutricion-vegetal>
- FAO. (2024). *Propiedades de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Ramírez, W. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125–138. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Adjin, M. A. (2018). Thermochemical conversion and characterization of cocoa pod husks a potential agricultural waste from Ghana. *Industrial Crops and Products*, 304-312. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.060>

- Agri, U. C. (2022). Physiological response of maize plants and its rhizospheric microbiome under the influence of potential bioinoculants and nanochitosan. *Plant and Soil*, 474(1-2), 451-468. doi:10.1007/s11104-022-05351-2
- Agrocalidad. (2018). *Instructivo INT/SFA/10 Muestreo para análisis de suelos*. Quito: Agencia de regulación y control fito y zoosanitario. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/agua8.pdf>
- Aguilar, N. S. (11 de 10 de 2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Tierra*. doi:<https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Aguilar, G. C. (2021). Biocombustibles mediante residuos agroindustriales. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1410 p 14443
- Ahmed, A. A.-A. (12 de 2017). Conversion of food processing wastes to biofuel using clostridia. *Anaerobes in the environment*, 48, 135-143. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2017.08.011>
- Arcilla, M. I. (2002). Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano. *Corpoica Regional Nueve*.
- Arzube, A., & Pintado, A. (2023). *Estudio nutricional del suelo a partir de la harina de alfalfa (Medicago Sativa) como fuente de nitrógeno*. Milagro: Repositorio Universidad de Guayaquil.
- Augustyn, A. (04 de 07 de 2024). *Britannica*. Obtenido de <https://www.britannica.com/topic/flour>

- Bazán, R. A. (2023). *Recuperación de suelos degradados mediante el uso de residuos orgánicos de origen urbano*. Lambayaque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Burbano, H. (08 de 11 de 2017). Quality and soil health influence on the nature and society. *Tendencias*. doi:<https://doi.org/10.22267/rtend.171801.68>
- C. N. (2004). *Ley de gestión ambiental*. Quito: Constitución del Ecuador. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Cando, P. S. (2019). Los biocombustibles: análisis de los cultivos energéticos y la biomada. *Universidad Ciencia y Tecnología*. Obtenido de <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/>
- Cevallos, A. H. (2020). Utilización de la fibra de banano (*Musa sapientum*) proveniente de los pseudotallos para la elaboración de papel y el aprovechamiento de residuos agrícolas. *Avances en Ciencias e Ingenierías*. doi:<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.18272/aci.v13i1.1772>
- Cherlinka, V. (31 de 05 de 2021). *EOS Data Analytics*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/fertirrigacion/>
- Constitución de la República. (2008). *Art. 281, Art. 395, Art. 396*. Quito: República del Ecuador. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Corwin, D. L. (2020). Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. *British Society of Soil Science*, 842-896. doi:<https://doi.org/10.1111/ejss.13010>

- Dadrasnia, A., Bona Muñoz, I., Hernandez Yáñez, E., Uald Lamkaddam, I., Mora, M., Ponsá, S., . . . Oatley-Radcliffe, D. (15 de Septiembre de 2021). Sustainable nutrient recovery from animal manure. *Journal of Cleaner Production*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128106>
- Díaz, M. (2023). Melaza. *Caña de azúcar y junto un cuenco con melaza mostrando su color negro característico*. Obtenido de <https://sacher.com.mx/blog/post/que-es-la-melaza-como-se-obtiene-y-los-sus-en-pasteleria-y-reposteria>
- Ecuador, R. d. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: República del Ecuador.
- Gabra, F. A.-A.-B. (24 de 01 de 2019). Production of biofuel from sugarcane molasses by diazotrophic Bacillus and recycle of spent bacterial biomass as biofertilizer inoculants for oil crops. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101112>
- García, L. A., & Quinke, A. (2012). El Potasio (K) en la Producción de Cultivos de Invierno. *Serie Actividad de Difusion No. 677*, 9-14.
- Gavilanez, I. J. (2016). *Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador mediante el compostaje de sus residuos y el uso agrícola de los materiales obtenidos*. Quito: Universidad Miguel Hernández de Elche.
- González, J. (13 de 02 de 2019). Los residuos del café, la pesca y la caña de azúcar se pueden convertir en energía. *Agronegocios*. Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-residuos-del-cafe-la-pesca-y-la-cana-de-azucar-se-pueden-convertir-en-energia-2827214>

- Intagri. (2017). Fijación de Potasio en el Suelo. *Serie Suelos Núm. 31*, 3. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- Itelima, J. U. (2018). Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *Research Journal of Agriculture and Food Science*, 73-83. Obtenido de <https://directresearchpublisher.org/>
- Kant, S. K. (2017). *Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos*. Rehovot, Israel: Faculty of Agricultural Food and Environmental Quality Sciences.
- Liu, K. M.-H. (2017). Mixtures of plant-growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens. *Plant Disease*, 67-72.
- Lu, F. R. (23 de 07 de 2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. doi:<https://doi.org/10.1016/J.COGSC.2018.07.007>
- Macias, C. G. (2021). Aprovechamiento de residuos de cáscara de cacao en la obtención de carbón activado para ser usado como medio filtrante. *Repositorio Uteq*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6208>
- Mahimaraja, S. D. (2018). Composting technology and organic waste utilization. *Journal of Science*, 332-560.
- Martinez, L. A. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 26-37. doi:<https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1425>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos* (Libro VI Anexo 2 ed.). Ecuador: Republica del Ecuador.

- Montaño, N. M. (2018). El suelo y su multifuncionalidad. *Ciencia ErgoSum*.
doi:<https://doi.org/10.30878/CES.V25N3A9>
- Montatixe, C. (2018). *Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la arroquia Emilio María Terán, Pillaro-Tungurahua 2018*. Quito: Universidad Central Del Ecuador.
- Morales, A. T. (2023). *Efecto de la aplicación de biol de forma edáfica y foliar con dos concentraciones en el cultivo de fréjol*. Cotopaxi: Universidad técnica de Cotopaxi .
- Moreno, A. C. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Rev. Colombiana Biotecnol*, 68-83.
doi:<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Muhammad, S. F. (2021). Assessment of Soil Quality: A Review. *Journal of Environmental Management*.
- Muñoz, M. W. (2019). *Producción de biofertilizante a partir de la descomposición de Babahoyo*: Universidad técnica de Babahoyo.
- Murillo, S. P. (2020). Physicochemical characteristics, bioactive compounds and minerals content in cocoa fruit (*Theobroma cacao* L.) shell flour. *Revista de investigación científica Manglar*. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.011>
- Noh, M. A. (2015). *Rosa Bitamina (organic fertilizer) effects in enhancing Rosa centifolia resistancy and flowering process*. Procedia Social and Behavioral Sciences. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.282>
- NTP 339.089. (2014). *SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI. Obtenido de

<https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3390891998-revisada-el-2014-cuarteo/34415151>

NTP 339.089. (2014). *SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3390891998-revisada-el-2014-cuarteo/34415151>

Ojeda, L. (2017). *Evaluación del biofertilizante foliar a base de frutas en la asimilación de nutrientes en la lechuga*. Ambato: Universidad técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26752/1/Tesis-183%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20538.pdf>

Olanrewaju, O. G. (2017). Mecanismos de acción de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Mundial de Microbiología y Biotecnología*, 197. doi:<https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9>

Olid, M. D. (2022). Eco-friendly development: Exploring the effectiveness of using banana peel fertilizer. *Science and Education*, 3(9), 49-62.

Pardeep, K. S. (02 de 01 de 2008). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation. *Bioresources and Bioprocessing*. doi:<https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>

- Pedraza, R. E. (2020). Los biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad agrícola. *Sistemas Agropecuarios Sostenibles*. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36977/>
- Pilco, G. B. (2018). Caracterización bromatológica y evaluación de la actividad. *Caracterización bromatológica y evaluación de la actividad. Sistema de Información Científica Redalyc*, 3-12. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.297>
- Quevedo, T. (2013). Agroindustria y concentración de la propiedad de la tierra. *Agroindustria y concentración*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/54959.pdf>
- Reicks, S. (25 de 07 de 2021). Potassium Behavior in Soil. *Pioneer*. Obtenido de <https://www.pioneer.com/us/agronomy/potassium-behavior-soil.html>
- Repsol. (11 de 11 de 2023). *Repsol Global*. Obtenido de https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/residuos-organicos/index.cshtml?utm_campaign=rep-botoncompartirrepsolcom-all_2311_corpl&utm_medium=social&utm_source=copy
- Riera, M. M. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*. doi:<https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>
- Rodríguez, J. V. (12 de 2018). Estrategias de valorización de la cáscara de la mazorca de cacao y sus fracciones. *La opinión actual sobre la química verde y sostenible*, 80-88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>
- Romero, T. J. (2023). *Efecto de biofertilizantes como complemento de la nutrición en la productividad del cultivo de maíz*. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador.
- Salman, Z. (01 de 07 de 2023). *Anaerobic Digestion of Animal Manure*. Obtenido de <https://www.bioenergyconsult.com/anaerobic-digestion-of-cow-manure/>

- Sardans, J. (2015). Potassium: a forgotten nutrient in global change. *MDPI*, 261-275.
doi:<https://doi.org/10.1111/geb.12259>
- Sardi, K. G. (2019). Potassium fixation from different soil types and nutrient levels. *Taylor y Francis Online*, 1845-1850. doi:<https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1619176>
- Sarmiento, G. (17 de Julio de 2019). *Biofertilizantes*. Obtenido de Portal fruticola:
[/https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/07/17/biofertilizantes-definicion-funcion-y-tipos/?pdf=304374](https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/07/17/biofertilizantes-definicion-funcion-y-tipos/?pdf=304374)
- Sela, G. (07 de Dic de 2020). *Cropaia*. Obtenido de El análisis de suelo:
<https://cropaia.com/es/blog/el-analisis-de-suelo/>
- Sikhakhane, Z. Q., Ayorinde Dada, M., Henry Daraojimba, O., Sunday Oliha, J., Tega Majemite, M., & Obaigbena, A. (16 de Enero de 2024). A review of advanced wastewater treatment technologies: USA vs. Africa. *International Journal of Science and Research Archive*, 8. doi:<https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.1.0071>
- Soumare, A. D. (2020). Exploiting biological nitrogen fixation: a route towards a sustainable agriculture. *Plants*, 1011. doi:<https://doi.org/10.3390/plants9081011>
- Souza, R. S. (2021). Aprovechamiento de cenizas de cáscara de Musa x paradisiaca L. variedad Valery como catalizador heterogéneobásico en la obtención de biodiesel. *Revista Ciencia y Tecnología*, 63-69. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/rev.cyt.2021.04.05>
- Suarez, D. V. (2019). Evaluación de la adsorción del carbón obtenido del mesocarpio de cacao (*Theobroma cacao* L.) modificado por ultrasonido. *SciELO*, 216 - 230. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200009

- Temilomo, F. T. (2022). The use of soil microbial potassium solubilizers in potassium nutrient availability in soil and its dynamics. *Annals of Microbiology*, 12. doi:<https://doi.org/10.1186/s13213-022-01701-8>
- Thangarajan, R. B. (2021). *A review of biochar and soil nitrogen dynamics*. Bioresource Technology.
- Torres-Oblitas, K. e. (2019). Physicochemical characterization of peel banana flour (*Musa paradisiaca*) and its acceptability in gluten-free puddings. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 22.
- Umesha, S. S. (2018). Microbial Biotechnology and Sustainable Agriculture. *Biotechnology for Sustainable Agriculture*, 185-205. doi:10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4
- Valarmathi, Sekar, Purushothaman, MaddelaRamaSharath, R., Kancham, & Naveen Kumar. (2017). Recent developments in drying of food products . doi:<http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/197/1/012037>
- Vargas, H. (2018). Caracterización nutricional de abonos orgánicos compostados con residuos agropecuarios. *Repositorio Institucional*, 36. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1470>
- Varnero, M. M. (2011). Manual de biogas. *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/as400s/as400s.pdf>
- Vásquez, T. L. (2017). Caracterización química y biológica de la cáscara de plátano dominico hartón. En *EVALUACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE MELAZA POR MEDIO DE HIDROLISIS ÁCIDA DE CÁSCARAS DE PLÁTANO DOMINICO-HARTÓN (MUSA AABSIMMONDS) A NIVEL LABORATORIO*. Bogotá: Fundación Universidad de América. Obtenido de

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6046/1/6112815-2017-I-IQ.pdf>

Vásquez, T. L. (2017). *Evaluación de la obtención de melaza por medio de hidrólisis acida de cáscaras de plátano dominico Harton a nivel laboratorio*. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de América. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6046/1/6112815-2017-I-IQ.pdf>

Vera, R. J.-M.-M.-C.-Q.-M.-C.-V.-L. (2021). Residuos de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa alimenticia para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. doi:<https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.839>

Vessey, J. (2013). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 571-586. doi:<https://doi.org/10.1023/a:1026037216893>

Victoria, L. G. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 141-150. Obtenido de <file:///D:/USUARIO/Downloads/Dialnet-AprovechamientoDeResiduosAgroindustrialesEnColombi-6285350.pdf>

Villabona, O. A. (2017). Alternativa para el aprovechamiento integral de residuos grasos de procesos de fritura. *Teknos revista científica*. doi:<https://doi.org/10.25044/25392190.890>

Villamizar, Y., Rodríguez, J., & León, L. (27 de Enero de 2017). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51. *Cuaderno Activa*. Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/568/Caracterizaci%c3%b3n%20f>

isicoqu%20admica%20microbiol%20y%20funcional%20de%20h
arina%20de%20caca%20de%20cacao%20%28Theobroma%20cacao%20L
.29%20variedad%20CCN-51..pdf?sequence=1&

Wamuci Kanja, C. (2020). *Organic solid waste management in Nairobi country*. Obtenido de http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/157271/Kanja_Organic%20Solid%20Waste%20Management%20in%20Nairobi%20County.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Westwood, N. S. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 80-88. doi:<https://doi.org/10.1016/J.COGSC.2018.07.007>

Wong, C. A. (26 de enero de 2023). Obtención de biofertilizantes enriquecidos en biodigestores semicontinuos a nivel laboratorio. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 6. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4827

Yarián, I. S. (2020). Valoración del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su empleo como biocombustible. *Ingeniería Agrícola*, 37-44. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5862/586263256006/html/>

Zhou, Z., Zhang, S., Xiu, W., Jiang, N., Zhao, J., & Yang, D. (16 de Noviembre de 2022). Effects of organic fertilizer incorporation practices on crops yield, soil quality, and soil fauna feeding activity in the wheat-maize rotation system. *Front. Environ. Science*, 10, 13. doi:<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1058071>

Zuluaga, R. O. (2019). Compendio de las alternativas para el desarrollo de materiales que brindan las estructuras celulósicas aisladas de residuos de la agroindustria. *Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*, 119-130.

ANEXOS

Ilustración 19 Preparación de cuadrantes previo al tratamiento



Ilustración 20 Biofertilizante después de 30 días de fermentación



Ilustración 21 Preparación de las dosificaciones respectivas



Ilustración 22 Biofertilizante en diferentes dosificaciones



Ilustración 23 Aplicación del biofertilizante en los diferentes cuadrantes



Ilustración 24 Suelo después de la aplicación



Ilustración 25 Muestras de suelo para análisis de laboratorio



Ilustración 26 Secado de las cáscaras en estufa



Ilustración 27 Molino de bolas para la reducción de tamaño de las cáscaras



Ilustración 28 Harinas de cáscaras de plátano y cacao



Ilustración 29 Resultado de análisis del suelo inicial (M0) enviado a INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre	: VELEZ COELLO LIA FERNANDA		Nombre	: Hnos. Velez		Cultivo Actual	: 12019	
Dirección	: LOS RÍOS / QUEVEDO		Provincia	: Los Ríos		N° Reporte	: 12019	
Ciudad	: QUEVEDO		Cantón	: Valencia		Fecha de Muestreo	: 13/5/2024	
Teléfono	: 0981047888		Parroquia	: Valencia		Fecha de Ingreso	: 17/5/2024	
Fax	: liahvelez@gmail.com		Ubicación	: El Vergel		Fecha de Salida	: 31/5/2024	

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
112281	M1 Lia Velez		6,1 LAc	13 B	10 M	0,20 M	4 M	1,7 M							

La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados



INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				pH		Obsen Modificado	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	N,P,B = Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino	M = Medio	S = Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico		
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino	A = Alto	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	BS		

X. W. [Signature]
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

A. Virginia [Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre	: VELEZ COELLO LIA FERNANDA		Nombre	: Hnos. Velez		Cultivo Actual	: 12019	
Dirección	: LOS RÍOS / QUEVEDO		Provincia	: Los Ríos		N° de Reporte	: 12019	
Ciudad	: QUEVEDO		Cantón	: Valencia		Fecha de Muestreo	: 13/5/2024	
Teléfono	: 0981047888		Parroquia	: Valencia		Fecha de Ingreso	: 17/5/2024	
Fax	: liahvelez@gmail.com		Ubicación	: El Vergel		Fecha de Salida	: 31/5/2024	

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
112281				0,29 NS		2,3	8,50	28,50	5,90			56	36	8	Franco-Arenoso

La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados



INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	B = Bajo
M = Medio	S = Salino	M = Medio
T = Tóxico	LS = Lig. Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

X. W. [Signature]
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductímetro
M.O. = Titulación de Welkley Blac
Al+H = Titulación con NaOH

A. Virginia [Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

Ilustración 30 Resultados de análisis del biofertilizante (B1)

RESULTADO DE ANALISIS													
Sustrato:		FERTILIZANTE		Servicio: Abono Liquido Premium									
		Metodo:		POE51	AA-POE-202	POE03	AA-POE-202		AA-POE-202	AA-POE-011	AA-POE-202	AA-POE-202	
Código Interno	Identificación De Muestra*	Parametro:		B	Ca	Corg-WB	Cu	Densidad	Fe	K [^]	Mg	Mn	Na
		Unidad:		mg/kg	%p/p	%p/p	mg/kg	g/mL	mg/kg	%p/p	%p/p	mg/kg	%p/p
AAFRT202400118	Biofertilizante B1.			13.60	0.06	0.64	6.00	1.00	140.80	5.70	0.06	49.80	0.01
Sustrato:		FERTILIZANTE		Servicio: Abono Liquido Premium									
		Metodo:		AA-POE-010	AA-POE-021		POE51		AA-POE-202				
Código Interno	Identificación De Muestra*	Parametro:		N [^]	P	pH	S	Salinidad	Zn	MatOrg	K2O	P2O5	CaO
		Unidad:		%p/p	%p/p		%p/p	mS/cm	mg/kg	%	%	%	%
AAFRT202400118	Biofertilizante B1.			0.29	0.08	5.55	0.05	10.08	34.00	1.11	0.60	0.19	0.08
Sustrato:		FERTILIZANTE		Servicio: Abono Liquido Premium									
		Metodo:											
Código Interno	Identificación De Muestra*	Parametro:		MgO	SO4	C/N							
		Unidad:		%	%								
AAFRT202400118	Biofertilizante B1.			0.11	0.14	2.26							

Ilustración 31 Resultados de análisis de suelo al finalizar el tratamiento



INFORME
AAINF202410122

Versión: 01
Emisión: 2017-05-11
Pagina: 1 de 5

Lugar de Emisión:	Oramas Gonzáles Mz5, S12 - Durán	Fecha de Emisión:	25/7/2024 17:48:12
-------------------	----------------------------------	-------------------	--------------------

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social:	Lia Velez Coello	Fecha de Recepción:	11/7/2024 16:08:30
Ruc:	1250235825	Fecha de Aprobación:	11/7/2024 16:47:15
Dirección:	Abel Gilbert Ponton 116, Kennedy Vieja	Fecha Inicio de Ensayo:	12/7/2024 14:19:56
Ciudad:	24 DE MAYO	Fecha Final de Ensayo:	25/7/2024 16:32:33
Contacto:	Lia Velez Coello	Fecha de Informe:	25/7/2024 17:48:02
Teléfono:	098 104 7888		
Email:	liahvelez@gmail.com		

RESULTADO DE ANALISIS

Sustrato:		SUELO		Servicio: Básico									
		Metodo:		AA-POE-007	AA-POE-001	AA-POE-008	AA-POE-008	AA-POE-007	AA-POE-007	AA-POE-008	AA-POE-002	AA-POE-003	AA-POE-008
Código Interno	Identificación De Muestra*	Parametro:		Ca-AcAm	Corg [^] -WB	Cu-DTPA+ CaCl2	Fe [^] -DTPA+ CaCl2	K [^] -AcAm	Mg-AcAm	Mn-DTPA+ CaCl2	pH [^] -H2O 1:10	P [^] -Olsen	Zn-DTPA+ CaCl2
		Unidad:		meq/100g	%p/p	mg/kg	mg/kg	meq/100g	meq/100g	mg/kg		mg/kg	mg/kg
AASUE202402914	M0 (0%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.			6.46	1.95	4.31	80.36	0.43	0.39	12.93	6.35	2.91	3.11
AASUE202402915	M1 (30%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.			10.60	2.61	4.04	83.13	0.68	1.44	9.93	6.18	1.85	1.60
AASUE202402916	M2 (40%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.			12.31	2.99	3.34	92.42	0.52	1.67	8.38	6.45	5.65	2.30
AASUE202402917	M3 (50%), Hnos. Velez, Sector Los Rios.			14.67	3.14	4.04	96.26	0.83	1.41	5.34	6.51	3.40	1.45

Lugar de Emisión: Oramas Gonzáles Mz5, S12 - Durán	Fecha de Emisión: 25/7/2024 17:48:12
---	---

Sustrato:	SUELO	Servicio:	Básico							
Código Interno	Identificación De Muestra*	Metodo:								
		Parametro:	MatOrg	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K				
		Unidad:	%							
AASUE202402914	M0 (0%), Hnos. Velez, Sector Los Ríos.		3.36	14.96	16.44	0.91				
AASUE202402915	M1 (30%), Hnos. Velez, Sector Los Ríos.		4.50	15.49	7.37	2.10				
AASUE202402916	M2 (40%), Hnos. Velez, Sector Los Ríos.		5.16	23.45	7.37	3.18				
AASUE202402917	M3 (50%), Hnos. Velez, Sector Los Ríos.		5.42	17.66	10.38	1.70				