UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA

Efecto de la actividad microbiana en la biotransformación de hojas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga del Cantón Patate

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Autor: Barrera Guevara Diego Sebastián

Tutor: Ing. Pérez Salinas Marco Oswaldo

Cevallos - Ecuador

2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: "**Efecto de la actividad microbiana en la biotransformación de hojas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga del Cantón Patate**" del alumno Barrera Guevara Diego Sebastián, estudiante de la carrera de Agronomía, expongo que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en su totalidad, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo, ante el organismo pertinente para ser sometido a la evaluación de los profesores calificadores designado por el Consejo Directivo de la Facultad.

Cevallos, junio 2026



Ing. Pérez Salinas Marco Oswaldo

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Barrera Guevara Diego Sebastián**, portador de cédula de ciudadanía número: 1805258629, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: "**Efecto de la actividad microbiana en la biotransformación de hojas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga del Cantón Patate**" es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

Cevallos, junio de 2026



.....

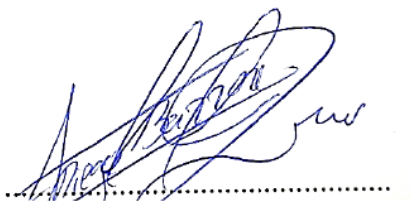
Barrera Guevara Diego Sebastián

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "**Efecto de la actividad microbiana en la biotransformación de hojas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga del Cantón Patate"** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad. Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial. Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato publicación de este Informe Final, o de parte de él.

Cevallos, junio de 2026



Barrera Guevara Diego Sebastián

AUTOR

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado del Trabajo de Titulación, "**Efecto de la actividad microbiana en la biotransformación de hojas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga del cantón Patate"**, de Barrera Guevara Diego Sebastián, estudiante de la carrera de Agronomía, de la Facultad Ciencias Agropecuarias de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado

Cevallos, junio de 2026

REVISADO POR

Ing. Pérez Salinas Marco Oswaldo

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

Para constancia firman:

Ing. Vásquez Freytez Carlos, PhD.

PRESIDENTE

Ing. Curay Quispe Segundo Euclides, PhD.

MIEMBROS DE GRADO

Ing. Pallo Paredes Edwin Leonardo, Mg.

MIEMBROS DE GRADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer a Dios, por darme la fuerza, la paciencia y la sabiduría para seguir adelante, incluso en los momentos en los que el camino se volvió difícil. Gracias a Él hoy puedo cerrar una etapa muy importante en mi vida y dar un paso más dentro de mi formación en la carrera de Agronomía.

Con todo mi corazón, dedico este logro a mis padres, William Barrera y Deysi Guevara, porque ellos han sido mi mayor apoyo desde el inicio. Gracias por cada sacrificio, por cada consejo, por confiar en mí y por estar presentes en todo momento. Sé que este logro no es solo mío, también es de ustedes, porque detrás de esta meta alcanzada está todo el esfuerzo y amor que me han dado.

A ustedes, papá y mamá, les dedico esta tesis con mucho cariño, respeto y gratitud. Gracias por enseñarme que con humildad, trabajo y perseverancia se pueden alcanzar los sueños. Este es apenas el primer logro de muchos, y me alegra poder compartirlo con las personas que más han creído en mí.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida académica, por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar esta etapa y alcanzar este logro tan significativo como lo es la realización de mi tesis.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor, Ing. Marco Pérez, por su guía, paciencia, orientación y apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos y recomendaciones fueron fundamentales para cumplir con los objetivos planteados y fortalecer mi formación profesional.

De manera muy especial, agradezco a mis padres, William Barrera y Deysi Guevara, quienes han sido el pilar más importante en mi vida. Gracias por su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional. Sin ustedes, este primer logro de muchos no habría sido posible. Cada consejo, cada palabra de aliento y cada sacrificio realizado han sido una motivación constante para seguir adelante y no rendirme.

También quiero agradecer a mi novia, Emily Núñez, por acompañarme en todo momento durante este proceso. Gracias por estar presente en cada noche, en cada desvelo y en cada momento difícil, brindándome tu apoyo, comprensión y cariño. Has sido una persona muy importante en mi vida y una fuente de motivación para continuar luchando por mis metas.

A todos quienes formaron parte de este camino, gracias por contribuir de una u otra manera a la culminación de esta etapa. Este logro representa esfuerzo, dedicación y amor, y lo comparto con cada una de las personas que me apoyaron durante este proceso.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA ..... **i**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... **iii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iv**

TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xiv**

ABSTRACT ..... **xv**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I **3**

MARCO TEÓRICO **3**

1.1 Antecedentes investigativos 3

1.2 Bases conceptuales 6

1.2.1 Biomasa vegetal 6

1.2.2 Ciclaje de nutrientes 7

1.2.3 Biotransformación 7

1.2.4 Mineralización 7

1.2.5 Microorganismos descomponedores 8

1.2.6 Materia orgánica del suelo (MOS) 8

1.2.7 Capacidad de intercambio catiónico (CIC) 8

1.2.8 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) 8

1.2.9 Actimax compost 9

1.2.10 Digestor SC 9

1.2.11 Fases de Descomposición 10

1.3 Objetivos 11

1.3.1 Objetivo general 11

1.3.2 Objetivos específicos 11

CAPÍTULO II **12**

METODOLOGÍA **12**

2.1 Ubicación del estudio 12

2.2 Equipos y materiales 12

2.2.1 Material experimental 12

2.2.2 Material complementario 12

2.2.3 Herramientas y equipos 12

2.3 Tipo de investigación 13

2.4 Hipótesis 13

2.5 Población o muestra 13

2.6 Variables de respuesta 13

2.7 Diseño experimental 14

2.7.1 Factores de estudio 14

2.7.2 Tratamientos 15

2.7.3 Características de la unidad experimental 15

2.7.4 Esquema del diseño experimental 16

2.8 Manejo del experimento 17

2.8.1. Preparación de los productos a base de microorganismos biotransformadores 17

2.8.2. Dosis y Frecuencia de aplicación 17

2.8.3. Forma de aplicación de los microorganismos 18

2.8.4. Control de plagas y enfermedades 18

2.8.5. Riego 18

2.8.6. Fertilización 18

2.9 Recolección de la información 19

2.10 Procesamiento de la información y análisis estadístico 19

CAPÍTULO III **20**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN **20**

3.1 Tiempo de bio-transformación de las hojas de *Persea americana* 20

3.2 Relación Carbono / Nitrógeno 21

3.3 Temperatura de las hojas en bio-transformación de *Persea americana* 22

3.4 Conductividad Eléctrica de hojas 23

3.5 pH de hojas 25

CAPÍTULO IV **27**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **27**

4.1 Conclusiones 27

4.2 Recomendaciones 27

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **28**

ANEXOS **32**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del aguacate *6*

Tabla 2 Descripción de factores *14*

Tabla 3 Descripción de los tratamientos *15*

Tabla 4 Prueba de Tukey al 5 % para la variable tiempo de bio-transformación de las hojas de Persea americana. *20*

Tabla 5 Prueba de Tukey al 5 % para la variable temperatura de hojas en bio-transformación de Persea americana. *22*

Tabla 6 Prueba de Tukey al 5 % para la variable conductividad eléctrica de hojas en bio-transformación de Persea americana. *24*

Tabla 7 Prueba de Tukey al 5 % para la variable pH de hojas en bio-transformación de Persea americana *26*

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Esquema del diseño experimental *16*

Figura 2 Relación Carbono / Nitrógeno inicial y final de los tratamientos..... *21*

RESUMEN EJECUTIVO

La bio-transformación de las hojas de aguacate constituye un proceso natural que puede influir significativamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En este proceso la actividad microbiana desempeña un papel fundamental ya que diversos microorganismos presentes en productos biológicos agrícolas, como bacterias y hongos descomponedores, pueden acelerar la degradación de la materia orgánica y facilitar la mineralización de estos nutrientes. El presente experimento se efectuó con la finalidad de evaluar el efecto de la actividad microbiana en las hojas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga, Cantón Patate. El presente experimento se realizó en el cultivo de aguacate en en el sector Tunga, Cantón Patate, en plantas de 16 años, distanciadas entre plantas e hileras cada ocho metros. Se aplicaron productos biológicos descomponedores de material orgánico (hojarasca de aguacate) Actimax compost y Digestor SC. Se realizó un Análisis de varianza y de las fuentes de variación que resultaron significativas, se efectuó la prueba de Tukey al 5%. Los datos de campo se procesaron mediante el programa Statistic 10. Los resultados obtenidos evidencian que los tratamientos utilizados favorecieron significativamente el proceso de bio-transformación de las hojas de *Persea americana* especialmente con una frecuencia de cada 15 días en comparación con el testigo que presentó menor actividad microbiológica y menor eficiencia en la degradación de hojas de aguacate. Los productos aplicados destacaron como eficientes al alcanzar las mayores temperaturas, menor relación C/N durante el proceso lo que indica condiciones óptimas para la actividad microbiana y una mayor intensidad en la degradación de la materia orgánica.

Palabras clave: Aguacate, descomponedores, degradación, microorganismos.

ABSTRACT

The decomposition of avocado leaves is a natural process that can significantly influence the physical, chemical, and biological properties of the soil. Microbial activity plays a fundamental role in this process, as various microorganisms present in agricultural biological products, such as decomposing bacteria and fungi, can accelerate the degradation of organic matter and facilitate the mineralization of these nutrients. This experiment was conducted to evaluate the effect of microbial activity on avocado (*Persea americana*) leaves in the Tunga sector of the Patate Canton. The experiment was carried out on 16-year-old avocado trees planted in the Tunga sector of the Patate Canton, with rows spaced eight meters apart. The biological decomposers Actimax Compost and Digestor SC were applied to the organic material (avocado leaf litter). An analysis of variance (ANOVA) was performed, and Tukey's test at the 5% significance level was conducted for the sources of variation that were found to be significant. Field data were processed using Statistic 10 software. The results show that the treatments used significantly enhanced the decomposition process of *Persea americana* leaves, especially when applied every 15 days, compared to the control, which exhibited lower microbiological activity and less efficient avocado leaf degradation. The applied products stood out as efficient, achieving the highest temperatures and lowest C/N ratio during the process, indicating optimal conditions for microbial activity and greater intensity in the degradation of organic matter.

KEYWORDS: Avocado, decomposers, degradation, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana*) es un cultivo de gran relevancia económica y ecológica en las regiones tropicales y subtropicales, debido a su alta demanda y a la generación de residuos orgánicos provenientes de la poda y la caída natural de hojas. Sin embargo, en muchas zonas productoras, estos residuos vegetales no son aprovechados adecuadamente, siendo común su quema o eliminación, lo que contribuye a la pérdida de materia orgánica y al deterioro de la fertilidad del suelo **(Rodríguez et al., 2019).** En los últimos años, se ha incrementado el interés por el uso de productos biológicos de uso agrícola que contienen microorganismos descomponedores, los cuales permiten transformar estos residuos orgánicos en fuentes de nutrientes disponibles para el suelo y las plantas, promoviendo así sistemas de producción más sostenibles.

La bio-transformación de las hojas de aguacate constituye un proceso natural que puede influir significativamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Estas hojas presentan un alto contenido de compuestos fenólicos, lignina y taninos, los cuales regulan la velocidad de bio-transformación y la liberación de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio **(Ramírez & Méndez, 2021).** En este proceso, la actividad microbiana desempeña un papel fundamental, ya que diversos microorganismos presentes en productos biológicos agrícolas, como bacterias y hongos descomponedores, pueden acelerar la degradación de la materia orgánica y facilitar la mineralización de estos nutrientes. No obstante, la influencia de estos compuestos puede variar según las condiciones ambientales, el manejo agrícola y el tipo de microorganismos aplicados, generan efectos tanto positivos como limitantes sobre el microbiota y la disponibilidad de nutrientes del suelo **(Torres et al., 2020).**

En este contexto, el estudio del proceso de bio-transformación de hojas de aguacate adquiere especial importancia para comprender su papel en el ciclaje de nutrientes y en la mejora de la estructura edáfica. El aprovechamiento de estos residuos como enmienda orgánica, especialmente mediante la aplicación de productos microbiológicos utilizados en la agricultura, representa una alternativa sostenible que

contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, mejorar la retención de humedad y aumentar la actividad biológica del suelo **(Molina & Ortega, 2022).** De esta manera, los residuos de hojas pueden reincorporarse al sistema productivo, favoreciendo el reciclaje natural de nutrientes que posteriormente pueden ser aprovechados por el mismo cultivo de aguacate.

En este sentido, la presente investigación se enfoca en evaluar el efecto de la actividad microbiana en la biotransformación de hojas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga del Cantón Patate, mediante la utilización de productos biológicos que contienen microorganismos capaces de descomponer material orgánico. Los resultados permitirán establecer bases científicas para el manejo adecuado de los residuos de poda y de la hojarasca del cultivo de aguacate, fomentando prácticas agroecológicas que favorezcan el reciclaje de nutrientes, la sostenibilidad del sistema productivo y la conservación del equilibrio de los suelos agrícolas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Molina (2014) realizó una investigación cuyo objetivo fue analizar la producción y bio-transformación de la hojarasca y su papel en el reciclaje de nutrientes dentro de los ecosistemas. El estudio correspondió a una investigación de tipo experimental de campo, en la cual se evaluó el proceso de degradación de residuos vegetales mediante la colocación de bolsas de bio-transformación sobre el suelo para monitorear la pérdida de biomasa y los cambios químicos durante el tiempo. La muestra estuvo conformada por diferentes tipos de hojarasca vegetal recolectada en ecosistemas tropicales, la cual fue analizada en función de variables ambientales como temperatura, humedad y disponibilidad de nutrientes. Los resultados demostraron que la actividad microbiana es uno de los principales factores que regula la velocidad de bio-transformación de la materia orgánica, influyendo directamente en la mineralización de nutrientes como nitrógeno y fósforo. En conclusión, el autor determinó que los microorganismos del suelo desempeñan un papel esencial en el proceso de degradación de la hojarasca y en el ciclaje de nutrientes, favoreciendo la fertilidad del suelo y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y forestales.

Zhang et al. (2023) realizaron una investigación con el objetivo de analizar cómo la mezcla de residuos vegetales influye en la bio-transformación de la hojarasca y en la estructura de las comunidades microbianas responsables de este proceso. El estudio se desarrolló mediante un diseño experimental utilizando el método de litterbag (bolsas de bio-transformación) en condiciones controladas, evaluando el proceso durante diferentes periodos de incubación. La muestra estuvo conformada por residuos vegetales de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) combinados con residuos de maíz (*Zea mays*) y soya (*Glycine max*), los cuales fueron incorporados al suelo para analizar su degradación y el

comportamiento de las comunidades microbianas asociadas. Los resultados mostraron que la mezcla de residuos incrementó significativamente la tasa de bio-transformación de la hojarasca después de 56 días, además de modificar la estructura de las comunidades microbianas, aumentando la diversidad y abundancia de hongos y bacterias descomponedoras como *Fusarium*, *Aspergillus* y *Stachybotrys*. Asimismo, se observó un incremento en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, particularmente nitrógeno y fósforo, lo que favoreció el crecimiento de las plantas. En conclusión, los autores determinaron que la actividad de los microorganismos del suelo es un factor determinante en la bio-transformación de residuos vegetales y en la liberación de nutrientes, demostrando que el manejo adecuado de la materia orgánica puede mejorar la fertilidad del suelo y el desarrollo de los cultivos.

Bruno et al. (2022) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la bio-transformación y liberación de nutrientes de la hojarasca en sistemas de pastizales con árboles dispersos. La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental utilizando bolsas de bio-transformación durante un periodo de 32 semanas, con un diseño de bloques al azar que permitió analizar la influencia de diferentes condiciones ambientales sobre el proceso de degradación. La muestra estuvo conformada por hojarasca de las especies arbóreas *Vachellia pennatula* y *Lysiloma acapulcense*, las cuales fueron colocadas en diferentes condiciones de sombra y exposición ambiental. Los resultados evidenciaron que la calidad química de la hojarasca, particularmente la relación carbono/nitrógeno (C/N), así como el contenido de lignina y celulosa, influyen significativamente en la velocidad de bio-transformación. Asimismo, se observó un incremento en la concentración de nitrógeno y fósforo durante el proceso, asociado a la actividad de microorganismos descomponedores presentes en el suelo. En conclusión, el estudio demostró que la actividad microbiana desempeña un papel fundamental en la degradación de residuos vegetales y en la dinámica de nutrientes del suelo.

Rodríguez, Hernández y Pino (2019) realizaron una investigación cuyo objetivo fue analizar el impacto del manejo de residuos agrícolas sobre la calidad y fertilidad del suelo en sistemas productivos tropicales. El estudio se desarrolló bajo un enfoque

experimental y descriptivo, evaluando diferentes prácticas de manejo de residuos vegetales en parcelas agrícolas durante varios ciclos productivos. La muestra estuvo constituida por residuos orgánicos provenientes de cultivos frutales y agrícolas, los cuales fueron incorporados al suelo para evaluar su proceso de bio-transformación y su efecto sobre las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo. Los resultados evidenciaron que la incorporación de residuos vegetales favorece el incremento de la materia orgánica, mejora la estructura del suelo y estimula la actividad microbiana responsable de la mineralización de nutrientes. En conclusión, los autores señalaron que el manejo adecuado de residuos agrícolas permite transformar estos materiales en fuentes importantes de nutrientes, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y promoviendo sistemas de producción más sostenibles.

Ramírez y Méndez (2021) realizaron un estudio con el objetivo de analizar el proceso de bio-transformación de la materia orgánica y su efecto en la fertilidad del suelo. La investigación se desarrolló mediante un diseño experimental en el que se evaluó la degradación de diferentes residuos vegetales en condiciones controladas de laboratorio y campo. La muestra estuvo constituida por diversos materiales orgánicos provenientes de residuos agrícolas, los cuales fueron sometidos a procesos de bio-transformación con monitoreo de variables como temperatura, humedad y relación carbono/nitrógeno (C/N). Los resultados mostraron que la actividad de microorganismos del suelo, especialmente bacterias y hongos descomponedores, acelera significativamente la degradación de la materia orgánica y la liberación de nutrientes disponibles para las plantas. En conclusión, el estudio determinó que la actividad microbiana es un factor clave en los procesos de mineralización y reciclaje de nutrientes, contribuyendo a mejorar la fertilidad del suelo y el aprovechamiento de los residuos vegetales.

Torres, Viera y Loor (2020) desarrollaron una investigación con el objetivo de evaluar la influencia de los residuos vegetales sobre las propiedades químicas y microbiológicas del suelo. El estudio se llevó a cabo mediante un diseño experimental en parcelas agrícolas donde se incorporaron diferentes tipos de residuos orgánicos para analizar su efecto sobre la dinámica de nutrientes y la actividad biológica del suelo. La

muestra estuvo conformada por suelos agrícolas tratados con residuos vegetales en diferentes niveles de incorporación, evaluando parámetros como materia orgánica, actividad microbiana y disponibilidad de nutrientes. Los resultados indicaron que la presencia de residuos vegetales favorece el desarrollo de comunidades microbianas que participan activamente en la degradación de la materia orgánica y en la liberación gradual de nutrientes esenciales. En conclusión, los autores establecieron que la incorporación de residuos vegetales en el suelo constituye una estrategia importante para mejorar la fertilidad y estimular los procesos biológicos responsables del reciclaje de nutrientes en los sistemas agrícolas.

1.2 Bases conceptuales

Tabla 1

Taxonomía del aguacate

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Laurales
Familia	Lauraceae
Género	*Persea*
Especie	*Persea americana* Mill.

1.2.1 Biomasa vegetal

Se define como la fracción biodegradable de los productos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrícolas. En el cultivo de aguacate (*Persea americana*), esta biomasa está constituida principalmente por rastrojos, hojas y restos de poda que, aunque son considerados residuos, poseen un alto potencial energético y

nutricional si son reintegrados correctamente al sistema productivo **(ResearchGate, 2014; Repsol, 2026).**

1.2.2 Ciclaje de nutrientes

Es el proceso biogeoquímico mediante el cual los elementos esenciales (como nitrógeno, fósforo y potasio) son transformados de formas orgánicas a minerales para volver a ser absorbidos por las plantas. En cultivos de frutales, un manejo nutricional basado en análisis de suelo y foliares permite predecir este retorno de nutrientes, optimizando la productividad y minimizando el impacto ambiental **(Intagri, 2023).**

1.2.3 Biotransformación

Representa la técnica de valorización biotecnológica donde los residuos agroindustriales o agrícolas son modificados mediante procesos biológicos (como el compostaje o la fermentación) para generar nuevos productos de interés, como biofertilizantes. Este proceso permite enfrentar la problemática de la inadecuada disposición final de los residuos vegetales, transformándolos en enmiendas útiles **(UCT, 2022).**

1.2.4 Mineralización

Se describe como el proceso de bio-transformación oxidativa de la materia orgánica fresca, realizado por la actividad microbiana, que resulta en la formación de compuestos inorgánicos simples como agua, CO_2, nitratos y fosfatos. Es un paso crítico para que los nutrientes contenidos en las hojas de aguacate pasen de una forma compleja a una forma iónica que pueda ser asimilada por las raíces **(Gallardo Lancho, 2012).**

1.2.5 Microorganismos descomponedores

Son los agentes biológicos (principalmente bacterias y hongos) que secretan enzimas hidrolíticas extracelulares para degradar polímeros vegetales complejos. En el suelo, estos organismos actúan como descomponedores primarios que transforman la biomasa en sustancias más simples, facilitando el recambio microbiano y la salud del ecosistema edáfico **(Asociación Gremial Agrícola Central, 2021).**

1.2.6 Materia orgánica del suelo (MOS)

Es la fracción del suelo compuesta por residuos vegetales y animales en diferentes estados de bio-transformación. Para el cultivo de aguacate, se recomienda mantener niveles de materia orgánica entre el 2% y el 5%, ya que su aporte es fundamental para mejorar la retención de humedad y servir como reserva nutricional **(INTA/MAG, 2019).**

1.2.7 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es una propiedad química que mide la cantidad total de cargas negativas disponibles en las superficies de los minerales y la materia orgánica del suelo. Una alta CIC, favorecida por la incorporación de materia orgánica biotransformada, indica una mayor habilidad del suelo para retener e intercambiar cationes esenciales, evitando su pérdida **(Intagri, 2023; FAO, 2026).**

1.2.8 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Es el cociente utilizado para evaluar el estado de la materia orgánica y su velocidad de bio-transformación. Mientras que los microorganismos como bacterias tienen una relación aproximada de 5:1, los residuos vegetales frescos tienen relaciones mucho más altas; a medida que la actividad microbiana consume el carbono como fuente de energía, esta relación disminuye hasta alcanzar un estado de equilibrio o estabilidad **(Global Seafood Alliance, 2018).**

1.2.9 Actimax compost

El uso de inoculantes biológicos especializados, como el Actimax Compost, constituye una estrategia clave para optimizar la degradación de residuos sólidos. Este producto se distingue por su alta densidad microbiana, compuestas principalmente por consorcios de bacterias termofílicas y aerobias del género *Bacillus* (específicamente *B. subtilis*, *B. subtilis var. mycoides* y *B. cereus*). La eficacia de estos microorganismos radica en su capacidad para secretar una amplia gama de enzimas extracelulares, tales como celulasas, proteasas y amilasas, las cuales catalizan la ruptura de polímeros complejos en la materia orgánica. Una ventaja operativa significativa de este formulado es su capacidad de aplicación directa, eliminando la necesidad de una fase de activación previa y permitiendo una intervención inmediata en el proceso de estabilización del compost **(BIOSEB-ORGANICS, 2023).**

1.2.10 Digestor SC

Inoculante biotecnológico de alta actividad enzimática diseñado para la estabilización y biotransformación de materia orgánica fresca dispuesta en pilas. Su función principal es la digestión acelerada y ordenada de una amplia diversidad de sustratos, que incluyen residuos vegetales de cosecha y postcosecha (raquis, pulpas, brozas, fruta de rechazo), subproductos agroindustriales, materiales lignocelulósicos (aserrín y cascarillas), podas y estiércoles. El mecanismo de acción de este producto se basa en la sinergia de un consorcio microbiológico especializado, compuesto por bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras de crecimiento como *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter chroococcum*, junto con microorganismos fermentadores como *Lactobacillus acidophilus* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Esta interacción biológica garantiza la conversión de residuos frescos o fermentados en un abono orgánico de alta calidad y sanidad, caracterizado por su rápida asimilación en el suelo y su inocuidad frente al desarrollo de los cultivos **(ORIUS-BIOTECH, 2022)**

1.2.11 Fases de Descomposición

El proceso de compostaje implica varias etapas en las que distintos microorganismos descomponen la materia orgánica. Al inicio, la fase mesófila dura unos días y se caracteriza por la acción de bacterias que degradan compuestos sencillos, lo que eleva la temperatura hasta unos 45 °C; es crucial mantener un nivel adecuado de humedad, ya que la falta de agua ralentiza el proceso y el exceso provoca malos olores y pudrición. A continuación, se produce la fase termófila, en la que bacterias termófilas descomponen materiales más complejos como la celulosa y la lignina; las altas temperaturas eliminan patógenos y contribuyen a un compost más seguro, aunque es necesario airear la pila para asegurar el oxígeno. Por último, en la fase de enfriamiento, la temperatura desciende al agotarse los nutrientes, y hongos y bacterias mesófilas reaparecen, continuando la transformación de los restos orgánicos en compuestos más simples **(Contreras, 2022).**

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la actividad microbiana en las hojas defoliadas de aguacate (*Persea americana*) en el sector Tunga, Cantón Patate.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la influencia de las frecuencias de aplicación sobre la actividad microbiana.

- Determinar el tiempo más propicio de biotransformación en base al producto aplicado.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del estudio

Provincia: Tungurahua
Cantón: Patate
Sector: Tunga
Latitud: 1.3026° S
Longitud: 78.51206° O
Altitud: 2600 m.s.n.m.

2.2 Equipos y materiales

2.2.1 Material experimental

- Actimax compost *(Bacillus subtilis, Bacillus subtillis var. mycoides* y *Bacillus cereus)*
- Digestor (*Azosporillum brasilense, Azotobacter chroococcum, Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae*)

2.2.2 Material complementario

- Libreta de campo
- Laptop
- Cámara digital

2.2.3 Herramientas y equipos

- Ph metro

- Conductímetro
- Termómetro

2.3 Tipo de investigación

La presente investigación experimental se realizó en campo abierto. Se tomaron datos y se recolectó material vegetativo que fueron enviados al laboratorio para su análisis y, posteriormente, para la interpretación, y descripción de los resultados.

2.4 Hipótesis

- Hipótesis nula: La aplicación de productos a base de microorganismos no influye en el tiempo de biotransformación de las hojas de aguacate.
- Hipótesis alternativa: La aplicación de productos a base de microorganismos, si influye en el tiempo de biotransformación de las hojas de aguacate.

2.5 Población o muestra

El presente experimento se realizó en el cultivo de aguacate en en el sector Tunga, Cantón Patate, en plantas de 16 años, distanciadas entre plantas e hileras cada ocho metros. Se aplicaron productos biológicos descomponedores de material orgánico (hojarasca de aguacate): Actimax compost y Digestor SC.

2.6 Variables de respuesta

- Tiempo de biotransformación de las hojas de *Persea americana:* El tiempo de biotransformación se registró desde el día de aplicación de los microorganismos Actimax Compost y Digestor sobre la hojarasca de aguacate, hasta los 56 días de evaluación del experimento. Durante este periodo se observó el proceso de descomposición de las hojas y los cambios generados por la acción de los microorganismos aplicados.

- Relación C/N inicial y final: Se envió la hojarasca de aguacate al inicio del experimento para determinar la Relación C/N inicial y, posteriormente, a los 56 días, para determinar la Relación C/N final.
- Temperatura de las hojas de *Persea americana: Se* midió la temperatura de la hojarasca de aguacate cada ocho días, desde el inicio hasta la finalización del experimento, expresando los valores en grados Celsius (°C*).*
- pH de Hoja: Se midió el pH de las hojas cada ocho días, desde el inicio hasta la finalización del experimento utilizando un pHmetro
- CE de Hojas: Se midió la conductividad eléctrica de las hojas cada ocho días, desde el inicio hasta la finalización del experimento, utilizando un conductímetro los valores en mS

2.7 Diseño experimental

2.7.1 Factores de estudio

Tabla 2 *Descripción de factores*

Factor	**Nivel**
Producto biológico descomponedor	P1: Actimax compost P2: Digestor
Frecuencia de aplicación	F1: 8 días F2: 15 días

2.7.2 Tratamientos

Tabla 3 *Descripción de los tratamientos*

N° Tratamiento	Simbología	Descripción
1	P1F1	P1: Actimax compost: (50 ml/3L agua/planta) F1: Aplicación cada 8 días
2	P1F2	P1: Actimax compost: (50 ml/3L agua/planta) F2: Aplicación cada 15 días
3	P2F1	P2: Digestor: 1 ml/3L agua/planta) F1: Aplicación cada 8 días
4	P2F2	P2: Digestor: 1 ml/3L agua/planta) F2: Aplicación cada 15 días
5	T	T: Testigo relativo

2.7.3 Características de la unidad experimental

Número de plantas por parcela: 1

Número de plantas totales del experimento: 20

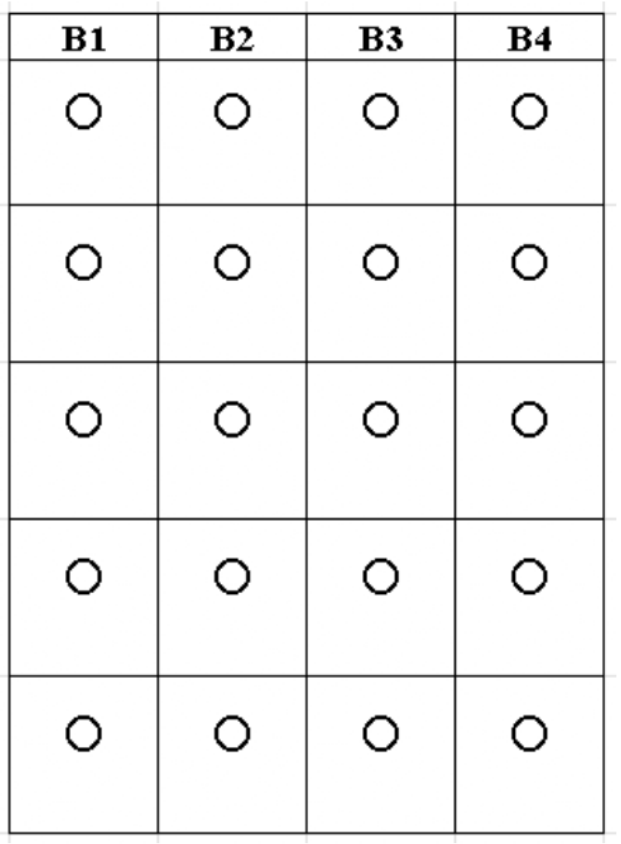
Repeticiones (organizadas en bloques): 4

Área de la parcela: 36 m^2

Área de la investigación: 720 m^2

2.7.4 Esquema del diseño experimental

Figura 1 Esquema del diseño experimental



B1	B2	B3	B4
Actimax compost cada 8 días	Digestor cada 8 días	Digestor cadas 15 días	Actimax compost cada 15 días
Actimax compost cada 15 días	Actimax compost cada 8 días	Digestor cada 8 días	Actimax compost cada 8 días
Digestor cada 8 días	Digestor cadas 15 días	Actimax compost cada 8 días	Digestor cadas 15 días
Digestor cadas 15 días	Actimax compost cada 15 días	Actimax compost cada 15 días	Digestor cada 8 días
Testigo	Testigo	Testigo	Testigo

2.8 Manejo del experimento

2.8.1. Preparación de los productos a base de microorganismos biotransformadores*:*

Los productos microbiológicos fueron preparados antes de su aplicación en campo, siguiendo las recomendaciones establecidas en las hojas técnicas de cada producto. Para ello, se utilizó agua limpia como medio de dilución y se realizó una mezcla homogénea, con el fin de garantizar una correcta distribución de los microorganismos en cada unidad experimental. La cantidad de agua utilizada para la preparación de las soluciones se determinó con base en el volumen ocupado por la copa de las plantas de aguacate y la hojarasca presente en el área de influencia de cada planta. Para ello, se realizó una estimación del volumen de hojarasca acumulada y posteriormente se calculó un promedio, el cual permitió definir el volumen de agua necesario para cubrir de manera uniforme las unidades experimentales. Para la aplicación de Actimax Compost, se utilizó una dosis de 50 mL, diluidos en 3 L de agua por planta , cantidad destinada para las cuatro repeticiones del experimento. La solución fue preparada antes de la aplicación, procurando una mezcla uniforme del producto en el volumen total de agua. En el caso del digestor biológico, se empleó una dosis de 1 mL, diluidos en 3 L de agua por planta, para las cuatro repeticiones del ensayo. Esta dosis fue establecida con base en el peso estimado de la materia orgánica presente en el área de aplicación.

2.8.2. Dosis y Frecuencia de aplicación

La dosificación de los productos biotransformadores se realizó considerando el área de influencia de cada planta, el volumen de materia orgánica disponible y las recomendaciones de aplicación de cada producto. Las aplicaciones fueron dirigidas principalmente a la zona donde se encontraba acumulada la hojarasca y demás residuos orgánicos presentes alrededor de las plantas de aguacate. Para aplicaciones de mayor volumen se mantuvo la misma proporción de dilución. Por ello, se consideró una preparación equivalente de 400 mL de Actimax Compost en 24 L de agua y 8 mL de

digestor biológico en 24 L de agua, conservando la relación de dosificación establecida para el experimento.

2.8.3. Forma de aplicación de los microorganismos

Los microorganismos se aplicaron mediante drench sobre la hojarasca de aguacate ubicada dentro del radio promedio de la planta, equivalente a 3 m, con el fin de cubrir uniformemente el material vegetal a biotransformar.

2.8.4. Control de plagas y enfermedades

Antes de iniciar el proyecto se realizó un control preventivo de plagas y enfermedades, con la finalidad de mantener el área experimental medianamente limpia. Para ello, se utilizó un volumen total de 20 L de agua. Para el control de plagas se aplicó Profenofos en dosis de 1 mL/L de agua, y para enfermedades se utilizó Cymoxanil + Propamocarb en dosis de 2,5 g/L de agua.

2.8.5. Riego

Se realizaron riegos mediante aspersión cada 15 días con el propósito de mantener una humedad adecuada en el suelo y favorecer la actividad de los microorganismos aplicados.

2.8.6. Fertilización

La fertilización se realizó cada dos meses, combinando como son fuentes orgánicas y químicas. Como fuente orgánica se utilizó gallinaza la cual aporto materia orgánica y nutrientes de liberación gradual al suelo mientras por el lado químico se utilizó Triple 15 a 3Kg/planta cada 3 meses con el objetivo de complementar los requerimientos nutricionales de las plantas durante el período experimental

2.9 Recolección de la información

Se llevó un seguimiento constante en las condiciones ambientales de la zona designada, registrando la temperatura y humedad con un higrómetro en cada ocasión, en un rango horario establecido de 07:00am y 17:00pm y su a ves la luminosidad cada 8 días. Al mismo tiempo, en cada actividad se determinó el pH y la conductividad eléctrica (CE) usando un pH metro, así como también la temperatura y las hojas con termómetros específicos. Después, se midió el tiempo de biotransformación de las hojas para evaluar la eficacia del procedimiento. Finalmente, se envió muestras al laboratorio de Agrocalidad en Latacunga, donde se efectuó un análisis inicial de la relación carbono/nitrógeno (C/N), que se tomó antes de aplicar los productos, y un análisis final, después de haber culminado el tratamiento, con el propósito de comparar y validar los resultados obtenidos.

2.10 Procesamiento de la información y análisis estadístico

Se realizó un Análisis de varianza y de las fuentes de variación que resultaron significativas, se efectuó la prueba de Tukey al 5%. Los datos de campo se procesaron mediante el programa Statistic 10.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Tiempo de bio-transformación de las hojas de *Persea americana*

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($p<0,05$). Los tratamientos con inoculantes microbiológicos redujeron el tiempo de degradación respecto al testigo. P2F2 y P1F2 presentaron los menores tiempos medios de bio-transformación con un valor compartido de 81,25 días, mientras que P2F1 y P1F1 registraron valores ligeramente superiores. El testigo no presenta degradación hasta la terminación del experimento por lo que se estimó el tiempo en que llegaría a tener una bio-transformación similar a los tratamientos.

Tabla 4 *Prueba de Tukey al 5 % para la variable tiempo de bio-transformación de las hojas de Persea americana.*

Tiempo de bio-transformación		
Tratamientos	Media	Rango
P2F2	81,25	A
P1F2	81,25	A
P1F1	86,25	A
P2F1	88,75	A
T	195,0	B
P	0,0000	
CV	7,12	

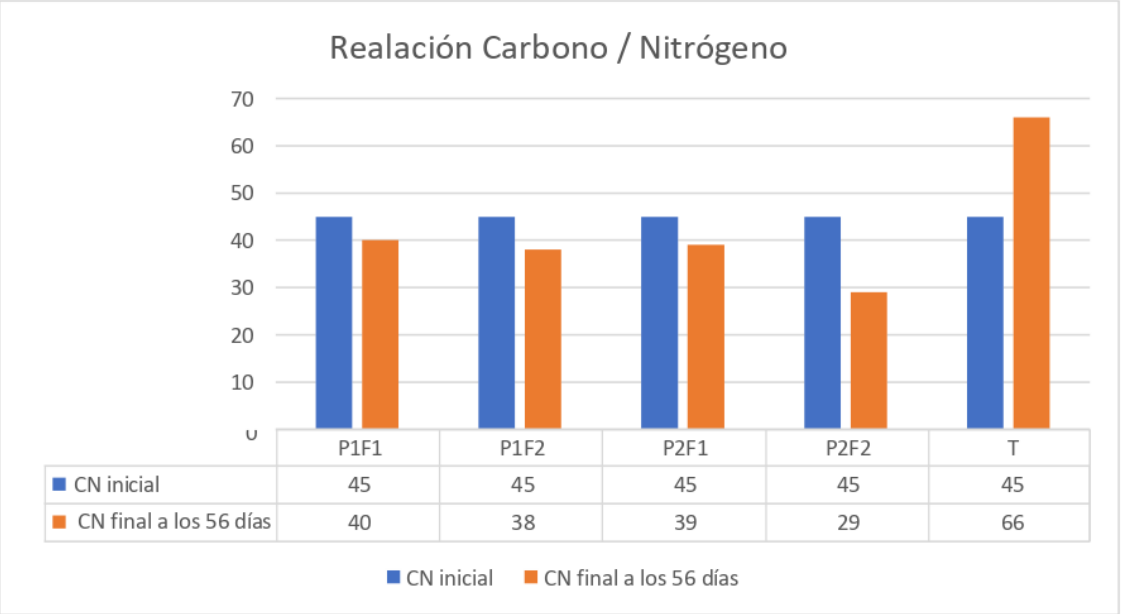
Estos resultados sugieren que la aplicación de microorganismos posiblemente favoreció la transformación de la hojarasca incrementando la degradación de compuestos orgánicos. Los microorganismos constituyen el principal factor biológico que controla el

tiempo de bio-transformación de la materia orgánica debido a su capacidad enzimática y su interacción con las condiciones ambientales. La actividad microbiana probablemente influye directamente en la velocidad y el tiempo de bio-transformación ya que regula la tasa de degradación de compuestos como la celulosa y la lignina.

3.2 Relación Carbono / Nitrógeno

En la figura 2 se aprecia que todos los tratamientos presentan una disminución de la Relación C/N, el tratamiento P2F2 tuvo una considerable disminución de la relación carbono/nitrógeno evidenciando que se produce una mejor bio-transformación de las hojas de *Persea americana*, no así el testigo que presenta un aumento en la relación C/N demostrando que las hojas tardan en comenzar a descomponerse.

Figura 2 *Relación Carbono / Nitrógeno inicial y final de los tratamientos*



Durante la bio-transformación de las hojas de aguacate (*Persea americana*) la relación carbono/nitrógeno disminuye progresivamente como resultado de la actividad microbiana que regula la mineralización de la materia orgánica. Inicialmente la hojarasca presenta una relación C/N alta, lo cual indica una bio-transformación relativamente lenta,

conforme avanza el proceso el carbono se pierde principalmente en forma de CO_2 debido a la respiración microbiana mientras que el nitrógeno tiende a conservarse o inmovilizarse en la biomasa microbiana reduciendo así dicha relación. Este comportamiento ha sido documentado en estudios sobre bio-transformación de hojarasca en ecosistemas tropicales y subtropicales donde la relación C/N inicial actúa como un indicador clave de la velocidad de bio-transformación y de la liberación de nutrientes **Xuluc et al. (2003)**. Otras investigaciones realizadas en sistemas agroforestales y pastizales han demostrado que durante el proceso de bio-transformación el contenido relativo de nitrógeno puede incrementarse debido a la inmovilización microbiana lo que contribuye a la reducción de la relación C/N y a la formación de materia orgánica más estabilizada en el suelo **Bruno et al. (2022)**. En el experimento realizado la disminución de la relación C/N en hojas de aguacate refleja el avance del proceso de bio-transformación y la mejora progresiva de la disponibilidad de nutrientes.

3.3 Temperatura de las hojas en bio-transformación de *Persea americana*

Tabla 5 *Prueba de Tukey al 5 % para la variable temperatura de hojas en bio-transformación de Persea americana.*

	Temperatura de hojas ºC					
Tratamiento	8 días	16 días	24 días	32 días	40 días	48 días
P1F1	14,17 A	25, 22 C	32,25 A	39,60 A	48,10 A	45,67 A
P1F2	14,17 A	24,35 D	30,47 A	38,20 A	46,25 A	45,67 A
P2F1	14,40 A	26,30 A	32,17 A	40,02 A	45,97 A	45,90 A
P2F2	13,57 B	25,72 B	32,05 A	39,07 A	45,82 A	45,75 A
T	13,52 B	13,70 E	17,50 B	15,55 B	17,05 B	26,17 B
P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CV	0,91	0,56	2,91	4,08	2,62	1,28

En la Tabla 4 se aprecia que existe un incremento progresivo de la temperatura tomada en las hojas de los tratamientos durante los días de evaluación, alcanzando valores

entre 45 °C y 48 °C a los 40 días. Este comportamiento indica una elevada actividad microbiológica durante la degradación de las hojas de *Persea americana*. Por el contrario, el testigo presentó temperaturas significativamente menores lo que sugiere una menor intensidad en los procesos de biodegradación.

El aumento de temperatura observado en los tratamientos puede atribuirse a la actividad metabólica de bacterias y hongos descomponedores los cuales liberan calor durante la oxidación de la materia orgánica. **Moreno et al. (2021)** señalan que el compostaje atraviesa fases mesófilas y termofílicas determinadas por la actividad microbiana y la disponibilidad de sustrato orgánico. Además, indican que temperaturas superiores a 40 °C reflejan una activa degradación aeróbica y una sucesión microbiana adaptada a condiciones termotolerantes.

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por **Quevedo et al. (2020)**, quienes señalan que mayores temperaturas durante la fase termofílica están asociadas con un incremento de la actividad microbiana y una mejor aireación del material compostado, en su estudio las temperaturas elevadas favorecieron la estabilización de la materia orgánica y aceleraron el proceso de bio-transformación. La mayor temperatura alcanzada por el tratamiento P1F1 indica que presentó mejores condiciones para el desarrollo microbiano posiblemente debido a una adecuada relación carbono/nitrógeno, humedad y aireación. Por su parte el testigo mostró temperaturas inferiores durante todo el ensayo, esto evidencia una limitada actividad microbiana y una menor eficiencia en la degradación de las hojas. De acuerdo con **Quevedo et al. (2020),** cuando no existen condiciones adecuadas de oxígeno, nutrientes o microorganismos activos, el incremento térmico es reducido y el proceso de compostaje se vuelve más lento.

3.4 Conductividad Eléctrica de hojas

Los resultados presentados en la Tabla 5 evidencian una variación temporal en la conductividad eléctrica (CE) durante el proceso de bio-transformación de hojas de *Persea americana*, lo que refleja cambios en la disponibilidad de nutrientes disueltos a lo largo

del tiempo. Se observa un incremento significativo de la CE hacia los 40 días en todos los tratamientos evaluados, seguido de una disminución progresiva en las siguientes observaciones.

Tabla 6 *Prueba de Tukey al 5 % para la variable conductividad eléctrica de hojas en biotransformación de Persea americana.*

	Conductividad Eléctrica mS					
Tratamiento	16 días	24 días	32 días	40 días	48 días	56 días
P1F1	0,72 B	0,70 B	0,38 B	1,67 A	0,30 B	0,34 C
P1F2	0,72 B	0,71 B	0,38 B	1,72 A	0,27 B	0,63 B
P2F1	0,72 B	0,70 B	0,38 B	1,47 A	0,29 B	0,44 C
P2F2	0,72 B	0,70 B	0,38 B	1,47 A	0,28 B	0,79 A
T	0,75 A	0,75 A	0,69 A	0,66 B	0,66 A	0,64 B
P	0,0001	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000
CV	0,91	0,53	0,97	20,03	6,98	10,00

Este comportamiento puede explicarse a partir de la dinámica de la bio-transformación de la hojarasca. Durante la fase intermedia del proceso, se produce una intensificación de la actividad microbiana y enzimática, lo que favorece la mineralización de la materia orgánica y la liberación de nutrientes. **Prescott et al. (2021)** señalan que esta etapa corresponde al periodo de mayor transformación bioquímica, donde se alcanza la mayor liberación de minerales, lo cual se ve reflejado en el aumento de la conductividad eléctrica.

Los resultados demuestran que la conductividad eléctrica está estrechamente relacionada con la liberación de nutrientes durante la bio-transformación de hojas de *Persea americana*, evidenciando que los tratamientos aplicados favorecen una mayor mineralización en comparación con el testigo. Este comportamiento confirma la

importancia de la bio-transformación de la hojarasca como mecanismo clave en el reciclaje de nutrientes y mantenimiento de la fertilidad del suelo.

La conductividad eléctrica constituye un indicador indirecto de la concentración de iones presentes en solución, tales como Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} y NO_3^{-}. De acuerdo con **Rhoades et al. (2021)** valores elevados de CE están asociados a una mayor disponibilidad de sales solubles las cuales provienen principalmente de la bio-transformación de la materia orgánica. Por lo tanto, el incremento registrado en los tratamientos sugiere una liberación activa de nutrientes en comparación con el testigo que presentó valores relativamente estables.

La disminución de la conductividad eléctrica observada después del día 40 puede atribuirse a procesos de lixiviación de nutrientes o a la inmovilización microbiana. **Cotrufo et al. (2022)** manifiestan que en las etapas finales de bio-transformación una fracción de los nutrientes liberados puede ser incorporada nuevamente a la biomasa microbiana o perderse por efecto del agua reduciendo así su concentración en la solución.

3.5 pH de hojas

En la Tabla 6 se presentan los valores de pH en hojas en bio-transformación de *Persea americana* evaluados en cinco tratamientos durante un periodo de 56 días. Los resultados muestran que a los 16 días el pH inicial de todos los tratamientos se encuentra cercano a la neutralidad, con valores entre 7,17 y 7,27. A los 32 días, el pH se mantiene relativamente estable, registrando valores ligeramente superiores en algunos tratamientos lo que indica una baja variación en esta fase inicial del proceso de bio-transformación . Sin embargo, a los 40 días se observa una disminución marcada del pH en los tratamientos alcanzando valores entre 3,85 y 3,90. Este descenso representa el cambio más significativo durante el experimento en contraste el testigo mantiene un pH considerablemente más alto en este mismo periodo de tiempo. Posteriormente a los 48 y 56 días, el pH tiende a volver a la neutralidad en los tratamientos, con valores que oscilan entre 6,30 y 7,17 mostrando posiblemente una tendencia hacia la estabilización del sistema.

Prueba de Tukey al 5 % para la variable pH de hojas en bio-transformación de Persea americana

	pH de hojas				
Tratamientos	A los 16 días	A los 32 días	A los 40 días	A los 48 días	A los 56 días
P1F1	7,17 A	7,67 B	3,85 A	6,75 C	7,17 B
P1F2	7,17 A	7,65 B	3,87 A	6,57 AB	6,65 AB
P2F1	7,20 AB	7,67 B	3,85 A	6,70 BC	6,82 AB
P2F2	7,20 AB	7,67 B	3,90 A	6,70 BC	6,57 AB
T	7,27 B	7,25 A	6,75 B	6,50 A	6,30 A
p	0,0150	0,0000	0,0000	0,0027	0,0124
CV	0,52	0,81	1,48	1,13	4,28

El descenso abrupto del pH registrado a los 40 días en la mayoría de los tratamientos podría atribuirse a una intensificación de la actividad microbiana. Durante esta fase microorganismos como hongos y bacterias degradan compuestos orgánicos complejos liberando ácidos orgánicos de bajo peso molecular como ácido acético, láctico y fórmico **(Kusel & Drake, 1999)**. Esta acumulación de compuestos genera una acidificación del medio explicando los valores registrados cercanos a 3,8.

El testigo presenta un menor valor de pH en comparación con los demás tratamientos, lo que sugiere una menor actividad biológica o una menor disponibilidad de compuestos fácilmente degradables. Esto podría indicar que las condiciones del tratamiento influyen directamente en la velocidad de bio-transformación y en la dinámica química del sistema.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se determinó que el mejor tiempo dentro del estudio de biotransformación se obtuvo con los tratamientos P2F2 y P1F2, correspondientes a Digestor y Actimax Compost aplicados cada 15 días, con una media de 81,25 días. Estos tratamientos redujeron el tiempo de degradación frente al testigo, demostrando mayor eficiencia en la biotransformación de la hojarasca de aguacate.

La frecuencia de aplicación cada 15 días presentó una mejor respuesta dentro del proceso de biotransformación de la hojarasca de aguacate. Esta frecuencia permitió que los microorganismos actúen de forma más equilibrada sobre la materia orgánica, favoreciendo su degradación sin requerir aplicaciones muy seguidas

4.2 Recomendaciones

Se recomienda la implementación de los tratamientos aplicados en futuros procesos de compostaje de hojas de *Persea americana* debido a su mayor eficiencia en la activación microbiana degradación del material y liberación de nutrientes.

Para futuras investigaciones se sugiere evaluar diferentes combinaciones de materiales orgánicos y condiciones de manejo con el fin de optimizar aún más el proceso de bio-transformación y mejorar la calidad del compost obtenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Molina, R. (2014). *Importancia de la Producción y Bio-transformación de Hojarasca en Ecosistemas de México.* [Tesis de grado]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. Obtenido de https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/2202

Asociación Gremial Agrícola Central. (2021). *Microorganismos del suelo: Los aliados invisibles de la agricultura*. Portal Frutícola. Obtenido de https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/05/12/microorganismos-del-suelo-los-aliados-invisibles-de-la-agricultura/

FAO. (2026). *Propiedades químicas del suelo: La capacidad de intercambio catiónico (CIC)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/es/

Gallardo Lancho, J. F. (2012). *La materia orgánica del suelo: Residuos orgánicos, humificación y mineralización*. Editorial Académica Española. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/315114517_Importancia_de_la_materia_organica_en_el_suelo

Global Seafood Alliance. (2018). *Importancia de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) en procesos de bio-transformación biológica*. Obtenido de https://www.globalseafood.org/advocate/relacion-carbono-nitrogeno/

INTA/MAG. (2019). *Guía técnica para el cultivo de aguacate (Persea americana)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria de Costa Rica. Obtenido de https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/biblioteca-index.html

Intagri. (2023). *Interpretación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)*. Serie Suelos, Artículos Técnicos de Intagri. Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo

Repsol. (2026). *Biomasa vegetal: Definición, tipos y aprovechamiento de residuos agrícolas*. Guía de Energía y Sostenibilidad. Obtenido de www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/biomasa/index.cshtml

ResearchGate. (2014). *Composición química y potencial de los residuos de aguacate (Persea americana) en la nutrición de suelos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/344200378_Genetic_and_chemical_characterization_of_avocado_commercial_cultivars_avocado_of_Risaralda_Colombia

BIOSEB-ORGANICS. (2023). *ACTIMAX COMPOST Ficha Técnica.* Obtenido de Evinco: https://www.evinco.com.ec/wp-content/uploads/2023/03/ACTIMAX-COMPOST.pdf

ORIUS-BIOTECH. (2022). *Digestor Ficha Técnica.* Obtenido de jwasociados: https://jwasociados.com.ec/wp-content/uploads/2021/04/Digestor-Ficha-Tecnica.pdf

Prescott, C. E. (2010). Bio-transformación de la hojarasca: ¿qué la controla y cómo se puede modificar para incrementar el secuestro de carbono en suelos forestales? *Biogeoquímica, 101*(1–3), 133–149.

Moreno, J., López-González, J. A., Arcos-Nievas, M. A., Suárez-Estrella, F., Jurado, M. M., Estrella-González, M. J., & López, M. J. (2021). *Revisiting the succession of microbial populations throughout composting: A matter of thermotolerance*. Science of the Total Environment, 773, 145587. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145587

Rodríguez, G., Hernández, A., & Pino, C. (2019). Manejo de residuos agrícolas y su impacto en la calidad del suelo. *Agroecología y Desarrollo Sostenible*, 15(2), 71–83.

Ramírez, L., & Méndez, A. (2021). Bio-transformación de materia orgánica y su efecto en la fertilidad del suelo. *Revista Latinoamericana de Ciencia y Tecnología*, 9(1), 33–42.

Torres, D., Viera, S., & Loor, C. (2020). Propiedades químicas y microbiológicas del suelo influenciadas por residuos vegetales. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 112–123.

Zhang, L., Li, J., Wang, Z., Zhang, D., Liu, H., Wang, J., Wu, F., Wang, X., & Zhou, X. (2023). Litter mixing promoted decomposition and altered microbial community in common bean root litter. *BMC Microbiology*, 23, 148. https://link.springer.com/article/10.1186/s12866-023-02871-4

Bruno-Eutimio, D. I., Avendaño-Yáñez, M. L., Perroni, Y., Salinas-Ruíz, J., Vargas-Mendoza, M. C., & López-Ortíz, S. (2022). Bio-transformación y liberación de nutrientes de la hojarasca de árboles en pastizales. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3), e3205. Obtenido de https://era.ujat.mx/rera/es/article/view/3205

Quevedo Beltrán, M. A., Bazán Tapia, L. R., & Rojas Rojas, V. L. (2020). *Evaluación de la aireación sobre la actividad microbiana del proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado*. Anales Científicos, 81(1), 136–151. https://doi.org/10.21704/ac.v81i1.1585

Cotrufo, M. F., & Lavallee, J. M. (2022). Soil organic matter formation, persistence and functioning. *Advances in Agronomy*, 172, 1–66.

Prescott, C. E., & Vesterdal, L. (2021). Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 498, 119522.

Kusel, K., & Drake, H. L. (1999). Transformación microbiana de ácidos orgánicos de bajo peso molecular durante la bio-transformación de la hojarasca. *Biología y Bioquímica del Suelo, 31*(13), 1905–1913.

Contreras, R. (28 de 08 de 2022). *Biología* . Obtenido de Biologían: https://biologia.laguia2000.com/microbiologia/fases-del-proceso-de-compostaje-como-se-hace-el-compost

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis de varianza

Statistix 10,0 16/5/2026; 16:07:13

Randomized Complete Block AOV Table for Tiempo de bio-transformación

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	385,0	128,33		
TRAT	4	39330,0	9832,50	171,00	0,0000
Error	12	690,0	57,50		
Total	19	40405,0			

Grand Mean 106,50
CV 7,12

Randomized Complete Block AOV Table for T

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,11800	0,03933		
TRAT	4	2,49200	0,62300	38,94	0,0000
Error	12	0,19200	0,01600		
Total	19	2,80200			

Grand Mean 13,970
CV 0,91

Randomized Complete Block AOV Table for T~01

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,048	0,016		
TRAT	4	446,243	111,561	6795,58	0,0000
Error	12	0,197	0,016		
Total	19	446,488			

Grand Mean 23,060
CV 0,56

Randomized Complete Block AOV Table for T~02

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	1,430	0,477		
TRAT	4	657,243	164,311	232,38	0,0000
Error	12	8,485	0,707		
Total	19	667,158			

Grand Mean 28,890
CV 2,91

Randomized Complete Block AOV Table for T~03

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	24,64	8,214		
TRAT	4	1801,03	450,258	227,76	0,0000
Error	12	23,72	1,977		
Total	19	1849,40			

Grand Mean 34,490
CV 4,08

Randomized Complete Block AOV Table for T~04

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	4,74	1,580		
TRAT	4	2795,83	698,958	617,86	0,0000
Error	12	13,57	1,131		
Total	19	2814,15			

Grand Mean 40,640
CV 2,62

Randomized Complete Block AOV Table for T~05

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	14,64	4,880		
TRAT	4	1226,31	306,578	1072,26	0,0000
Error	12	3,43	0,286		
Total	19	1244,39			

Grand Mean 41,835
CV 1,28

Randomized Complete Block AOV Table for T~06

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	8,5255	2,84183		
TRAT	4	6,1820	1,54550	2,46	0,1020
Error	12	7,5420	0,62850		
Total	19	22,2495			

Grand Mean 38,405
CV 2,06

Randomized Complete Block AOV Table for pH a los 16 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,00550	1,833E-03		

TRAT	4	0,02700	6,750E-03	4,76	0,0156
Error	12	0,01700	1,417E-03		
Total	19	0,04950			

Grand Mean 7,2050
CV 0,52

Randomized Complete Block AOV Table for pH a los 24 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,00550	0,00183		
TRAT	4	0,06000	0,01500	1,96	0,1656
Error	12	0,09200	0,00767		
Total	19	0,15750			

Grand Mean 7,1250
CV 1,23

Randomized Complete Block AOV Table for pH a los 32 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,01750	0,00583		
TRAT	4	0,56300	0,14075	37,53	0,0000
Error	12	0,04500	0,00375		
Total	19	0,62550			

Grand Mean 7,5850
CV 0,81

Randomized Complete Block AOV Table for pH a los 40 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,0055	0,00183		
TRAT	4	26,5720	6,64300	1533,00	0,0000
Error	12	0,0520	0,00433		
Total	19	26,6295			

Grand Mean 4,4450
CV 1,48

Randomized Complete Block AOV Table for pH a los 48 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,02950	0,00983		
TRAT	4	0,17200	0,04300	7,59	0,0027
Error	12	0,06800	0,00567		
Total	19	0,26950			

Grand Mean 6,6450
CV 1,13

Randomized Complete Block AOV Table for pH a los 56 días

Source	DF	SS	MS	F	P

REP	3	0,08550	0,02850		
TRAT	4	1,67700	0,41925	5,10	0,0124
Error	12	0,98700	0,08225		
Total	19	2,74950			

Grand Mean	6,7050
CV	4,28

Randomized Complete Block AOV Table for Ce

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	1,500E-05	5,000E-06		
TRAT	4	2,000E-05	5,000E-06	1,00	0,4449
Error	12	6,000E-05	5,000E-06		
Total	19	9,500E-05			

Grand Mean	0,7595
CV	0,29

Randomized Complete Block AOV Table for CE a los 16 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	1,200E-04	4,000E-05		
TRAT	4	3,150E-03	7,875E-04	17,83	0,0001
Error	12	5,300E-04	4,417E-05		
Total	19	3,800E-03			

Grand Mean	0,7300
CV	0,91

Randomized Complete Block AOV Table for CE a los 24 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	2,800E-04	9,333E-05		
TRAT	4	5,830E-03	1,458E-03	102,88	0,0000
Error	12	1,700E-04	1,417E-05		
Total	19	6,280E-03			

Grand Mean	0,7160
CV	0,53

Randomized Complete Block AOV Table for CE a los 32 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,00006	0,00002		
TRAT	4	0,31250	0,07812	4261,36	0,0000
Error	12	0,00022	0,00002		
Total	19	0,31277			

Grand Mean	0,4425
CV	0,97

Randomized Complete Block AOV Table for CE a los 40 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,20250	0,06750		
TRAT	4	2,93072	0,73268	9,27	0,0012
Error	12	0,94800	0,07900		
Total	19	4,08122			

Grand Mean 1,4030
CV 20,03

Randomized Complete Block AOV Table for CE a los 48 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,00198	0,00066		
TRAT	4	0,44708	0,11177	197,24	0,0000
Error	12	0,00680	0,00057		
Total	19	0,45585			

Grand Mean 0,3615
CV 6,58

Randomized Complete Block AOV Table for CE a los 56 días

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	0,00092	0,00031		
TRAT	4	0,51217	0,12804	39,17	0,0000
Error	12	0,03923	0,00327		
Total	19	0,55232			

Grand Mean 0,5720
CV 10,00

Randomized Complete Block AOV Table for Tiempo

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	3	170,0	56,67		
TRAT	4	23212,5	5803,13	122,71	0,0000
Error	12	567,5	47,29		
Total	19	23950,0			

Grand Mean 90,000
CV 7,64

Anexo 2.
Statistix 10,0

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of T for TRAT

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
3	14,400	A
1	14,175	A
2	14,175	A
4	13,575	B
5	13,525	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0894
Critical Q Value 4,515 Critical Value for Comparison 0,2856
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of T~01 for TRAT

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
3	26,300	A
4	25,725	B
1	25,225	C
2	24,350	D
5	13,700	E

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0906
Critical Q Value 4,515 Critical Value for Comparison 0,2893
All 5 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of T~02 for TRAT

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
1	32,250	A
3	32,175	A
4	32,050	A
2	30,475	A
5	17,500	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,5946
Critical Q Value 4,515 Critical Value for Comparison 1,8984
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of T~03 for TRAT

TRAT MeanHomogeneous Groups

3	40,025	A
1	39,600	A
4	39,075	A
2	38,200	A
5	15,550	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,9942
Critical Q Value 4,515 Critical Value for Comparison 3,1743
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of T~04 for TRAT

TRAT MeanHomogeneous Groups

1	48,100	A
2	46,250	A
3	45,975	A
4	45,825	A
5	17,050	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,7521
Critical Q Value 4,515 Critical Value for Comparison 2,4012
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of T~05 for TRAT

TRAT MeanHomogeneous Groups

3	45,900	A
4	45,750	A
1	45,675	A
2	45,675	A
5	26,175	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3781
Critical Q Value 4,515 Critical Value for Comparison 1,2072
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of T~06 for TRAT

TRAT MeanHomogeneous Groups

5	39,450	A
3	38,450	A
1	38,150	A

2	38,125 A
4	37,850 A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,5606
Critical Q Value 4,515 Critical Value for Comparison 1,7898
There are no significant pairwise differences among the means.

Anexo 3.
Temperatura tomada cada ocho días



Anexo 4.
Bio-transformación de hojarasca por aplicación de microorganismos



Anexo 5.
Medición cada ocho días de pH y CE de hojarasca



Anexo 6.
Colocación de 10 gramos de hojarasca en 100cc de agua destilada para medición de pH



Anexo 7.

Análisis foliar P1F1

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	**Laboratorio de Suelos, Foliares y Aguas** Eloy Alfaro y Federico González Suárez. Av. Interoceánica Km. 14 1/2, Sector La Granja Teléf.: (02) 382-8860 Ext. 2080	**PGT/SFA/09-FO01**
		Rev. 6
	INFORME DE ANÁLISIS DE FOLIAR	**Hoja 1 de 2**

Informe N°: LRN-SFA-17-26-00358
Fecha emisión informe: 2026-05-29

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante[1]: BARRERA GUEVARA DIEGO SEBASTIAN

Dirección[1]: Miraflores

Teléfono[1]: (00) 000-0000
Correo Electrónico[1]: diegobarreraguevara2003@gmail.com
N° Orden de Trabajo: OT-LRN-SFA-17-26-00187
N° Factura/Documento: 034-001-000449692

Provincia[1]: Tungurahua **Cantón[1]:** Patate

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra[1]: Suelo	**Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco	
Cultivo[1]: ---		
Provincia[1]: Tungurahua	**Coordenadas[1]:**	**X:** ---
Cantón[1]: Patate		**Y:** ---
Parroquia[1]: Patate		**Altitud:** ---
Muestreado por[1]: Diego Barrera		
Fecha de muestreo[1]: 2026-05-13	**Fecha de inicio de análisis:** 2026-05-15	
Fecha de recepción de la muestra: 2026-05-15	**Fecha de finalización de análisis:** 2026-05-29	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA[1]	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
016-26-00380	Hojarasca 1	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	31,06
016-26-00380	Hojarasca 1	Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	68,94
016-26-00380	Hojarasca 1	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/60	%	1,74
016-26-00380	Hojarasca 1	Fósforo (P)	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,16
016-26-00380	Hojarasca 1	Potasio (K)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,07
016-26-00380	Hojarasca 1	Calcio (Ca)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	3,45
016-26-00380	Hojarasca 1	Magnesio (Mg)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,74
016-26-00380	Hojarasca 1	Hierro (Fe)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	6308,74
016-26-00380	Hojarasca 1	Manganeso (Mn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	274,95
016-26-00380	Hojarasca 1	Cobre (Cu)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	64,99
016-26-00380	Hojarasca 1	Zinc (Zn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	59,99

Analizado por: Paulina Llivi, Paola Morocho, Edison Vega, Cristofer Sánchez

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Observaciones:

- Informe revisado por: Ing. Paola Morocho
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Error de ingreso de matriz suelo por parte del cliente, en correo manifiesta que es análisis de paq. foliar por ser hojarascas.

Firmado electrónicamente por:
MOROCHO PAOLA FERNANDA
1715933261

Ing. Paola Morocho
Analista de Suelos, Foliares y Aguas 3
Responsable Técnico
Laboratorio Suelos, Foliares y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 8.

Análisis foliar P1F2

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	**Laboratorio de Suelos, Foliares y Aguas** Eloy Alfaro y Federico González Suárez. Av. Interoceánica Km. 14 1/2, Sector La Granja Teléf.: (02) 382-8860 Ext. 2080	**PGT/SFA/09-FO01**
		Rev. 6
	INFORME DE ANÁLISIS DE FOLIAR	**Hoja 1 de 2**

Informe N°: LRN-SFA-17-26-00359
Fecha emisión Informe: 2026-05-29

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante[1]: BARRERA GUEVARA DIEGO SEBASTIAN

Dirección[1]: Miraflores

Teléfono[1]: (00) 000-0000
Correo Electrónico[1]: diegobarreraguevara2003@gmail.com

Provincia[1]: Tungurahua **Cantón[1]:** Patate

N° Orden de Trabajo: OT-LRN-SFA-17-26-00187
N° Factura/Documento: 034-001-000449692

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra[1]: Suelo		**Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco	
Cultivo[1]: ---			
Provincia[1]: Tungurahua	**Coordenadas[1]:**	**X:** ---	
Cantón[1]: Patate		**Y:** ---	
Parroquia[1]: Patate		**Altitud:** ---	
Muestreado por[1]: Diego Barrera			
Fecha de muestreo[1]: 2026-05-13		**Fecha de inicio de análisis:** 2026-05-15	
Fecha de recepción de la muestra: 2026-05-15		**Fecha de finalización de análisis:** 2026-05-29	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA[1]	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
016-26-00381	Hojarasca 2	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	32,23
016-26-00381	Hojarasca 2	Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	67,77
016-26-00381	Hojarasca 2	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/60	%	1,79
016-26-00381	Hojarasca 2	Fósforo (P)	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,13
016-26-00381	Hojarasca 2	Potasio (K)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	<0,03
016-26-00381	Hojarasca 2	Calcio (Ca)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	2,89
016-26-00381	Hojarasca 2	Magnesio (Mg)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,56
016-26-00381	Hojarasca 2	Hierro (Fe)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	6698,66
016-26-00381	Hojarasca 2	Manganeso (Mn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	317,44
016-26-00381	Hojarasca 2	Cobre (Cu)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	59,99
016-26-00381	Hojarasca 2	Zinc (Zn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	54,99

Analizado por: Paulina Llive, Paola Morocho, Edison Vega, Cristofer Sánchez

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Observaciones:

- Informe revisado por: Ing. Paola Morocho
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Error de ingreso de matriz suelo por parte del cliente, en correo manifiesta que es análisis de paq. foliar por ser hojarascas.

Firmado electrónicamente por:
MOROCHO PAOLA FERNANDA
1715933261

Ing. Paola Morocho
Analista de Suelos, Foliares y Aguas 3
Responsable Técnico
Laboratorio Suelos, Foliares y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 9.

Análisis foliar P2F1

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	**Laboratorio de Suelos, Foliares y Aguas** Eloy Alfaro y Federico González Suárez. Av. Interoceánica Km. 14 1/2, Sector La Granja Teléf.: (02) 382-8860 Ext. 2080	**PGT/SFA/09-FO01**
		Rev. 6
	INFORME DE ANÁLISIS DE FOLIAR	**Hoja 1 de 2**

Informe N°: LRN-SFA-17-26-00360
Fecha emisión Informe: 2026-05-29

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante[1]: BARRERA GUEVARA DIEGO SEBASTIAN

Dirección[1]: Miraflores

Teléfono[1]: (00) 000-0000
Correo Electrónico[1]: diegobarreraguevara2003@gmail.com

Provincia[1]: Tungurahua **Cantón[1]:** Patate

N° Orden de Trabajo: OT-LRN-SFA-17-26-00187
N° Factura/Documento: 034-001-000449692

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra[1]: Suelo	**Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco	
Cultivo[1]: ---		
Provincia[1]: Tungurahua	**Coordenadas[1]:**	**X:** ---
Cantón[1]: Patate		**Y:** ---
Parroquia[1]: Patate		**Altitud:** ---
Muestreado por[1]: Diego Barrera		
Fecha de muestreo[1]: 2026-05-13	**Fecha de inicio de análisis:** 2026-05-15	
Fecha de recepción de la muestra: 2026-05-15	**Fecha de finalización de análisis:** 2026-05-29	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA[1]	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
016-26-00382	Hojarasca 3	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	26,25
016-26-00382	Hojarasca 3	Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	73,75
016-26-00382	Hojarasca 3	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/60	%	1,88
016-26-00382	Hojarasca 3	Fósforo (P)	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,17
016-26-00382	Hojarasca 3	Potasio (K)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,02
016-26-00382	Hojarasca 3	Calcio (Ca)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	3,34
016-26-00382	Hojarasca 3	Magnesio (Mg)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,74
016-26-00382	Hojarasca 3	Hierro (Fe)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	5539,45
016-26-00382	Hojarasca 3	Manganeso (Mn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	302,47
016-26-00382	Hojarasca 3	Cobre (Cu)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	134,99
016-26-00382	Hojarasca 3	Zinc (Zn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	52,49

Analizado por: Paulina Llive, Paola Morocho, Edison Vega, Cristofer Sánchez

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Observaciones:

- Informe revisado por: Ing. Paola Morocho
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Error de ingreso de matriz suelo por parte del cliente, en correo manifiesta que es análisis de paq. foliar por ser hojarascas.

Firmado electrónicamente por:
MOROCHO PAOLA FERNANDA
1715933261

Ing. Paola Morocho
Analista de Suelos, Foliares y Aguas 3
Responsable Técnico
Laboratorio Suelos, Foliares y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 10.

Análisis foliar P2F2

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	**Laboratorio de Suelos, Foliares y Aguas** Eloy Alfaro y Federico González Suárez. Av. Interoceánica Km. 14 1/2, Sector La Granja Teléf.: (02) 382-8860 Ext. 2080	**PGT/SFA/09-FO01**
		Rev. 6
	INFORME DE ANÁLISIS DE FOLIAR	**Hoja 1 de 2**

Informe N°: LRN-SFA-17-26-00360
Fecha emisión Informe: 2026-05-29

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante[1]: BARRERA GUEVARA DIEGO SEBASTIAN

Dirección[1]: Miraflores

Teléfono[1]: (00) 000-0000
Correo Electrónico[1]: diegobarreraguevara2003@gmail.com

Provincia[1]: Tungurahua **Cantón[1]:** Patate

N° Orden de Trabajo: OT-LRN-SFA-17-26-00187
N° Factura/Documento: 034-001-000449692

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra[1]: Suelo	**Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco	
Cultivo[1]: ---		
Provincia[1]: Tungurahua	**Coordenadas[1]:**	**X:** ---
Cantón[1]: Patate		**Y:** ---
Parroquia[1]: Patate		**Altitud:** ---
Muestreado por[1]: Diego Barrera		
Fecha de muestreo[1]: 2026-05-13	**Fecha de inicio de análisis:** 2026-05-15	
Fecha de recepción de la muestra: 2026-05-15	**Fecha de finalización de análisis:** 2026-05-29	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA[1]	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
016-26-00382	Hojarasca 3	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	26,25
016-26-00382	Hojarasca 3	Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	73,75
016-26-00382	Hojarasca 3	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/60	%	1,88
016-26-00382	Hojarasca 3	Fósforo (P)	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,17
016-26-00382	Hojarasca 3	Potasio (K)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,02
016-26-00382	Hojarasca 3	Calcio (Ca)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	3,34
016-26-00382	Hojarasca 3	Magnesio (Mg)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,74
016-26-00382	Hojarasca 3	Hierro (Fe)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	5539,45
016-26-00382	Hojarasca 3	Manganeso (Mn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	302,47
016-26-00382	Hojarasca 3	Cobre (Cu)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	134,99
016-26-00382	Hojarasca 3	Zinc (Zn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	52,49

Analizado por: Paulina Llive, Paola Morocho, Edison Vega, Cristofer Sánchez

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Observaciones:

- Informe revisado por: Ing. Paola Morocho
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Error de ingreso de matriz suelo por parte del cliente, en correo manifiesta que es análisis de paq. foliar por ser hojarascas.

Firmado electrónicamente por:
MOROCHO PAOLA FERNANDA
1715933261

Ing. Paola Morocho
Analista de Suelos, Foliares y Aguas 3
Responsable Técnico
Laboratorio Suelos, Foliares y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 11.

Análisis foliar Testigo

AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	**Laboratorio de Suelos, Foliares y Aguas** Eloy Alfaro y Federico González Suárez. Av. Interoceánica Km. 14 1/2, Sector La Granja Teléf.: (02) 382-8860 Ext. 2080	**PGT/SFA/09-FO01**
		Rev. 6
	INFORME DE ANÁLISIS DE FOLIAR	**Hoja 1 de 2**

Informe N°: LRN-SFA-17-26-00362
Fecha emisión Informe: 2026-05-29

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante[1]: BARRERA GUEVARA DIEGO SEBASTIAN

Dirección[1]: Miraflores

Teléfono[1]: (00) 000-0000
Correo Electrónico[1]: diegobarreraguevara2003@gmail.com

Provincia[1]: Tungurahua **Cantón[1]:** Patate

N° Orden de Trabajo: OT-LRN-SFA-17-26-00187
N° Factura/Documento: 034-001-000449692

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra[1]: Suelo	**Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco	
Cultivo[1]: ---		
Provincia[1]: Tungurahua	**Coordenadas[1]:**	**X:** ---
Cantón[1]: Patate		**Y:** ---
Parroquia[1]: Patate		**Altitud:** ---
Muestreado por[1]: Diego Barrera		
Fecha de muestreo[1]: 2026-05-13	**Fecha de inicio de análisis:** 2026-05-15	
Fecha de recepción de la muestra: 2026-05-15	**Fecha de finalización de análisis:** 2026-05-29	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA[1]	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	17,41
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	82,59
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/60	%	1,25
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Fósforo (P)	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,09
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Potasio (K)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	<0,03
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Calcio (Ca)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	3,99
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Magnesio (Mg)	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,85
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Hierro (Fe)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	2219,56
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Manganeso (Mn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	269,95
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Cobre (Cu)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	47,49
016-26-00384	Hojarasca 5 (Testigo)	Zinc (Zn)	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	32,49

Analizado por: Paulina Llive, Paola Morocho, Edison Vega, Cristofer Sánchez

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Observaciones:

- Informe revisado por: Ing. Paola Morocho
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Error de ingreso de matriz suelo por parte del cliente, en correo manifiesta que es análisis de paq. foliar por ser hojarascas.

Firmado electrónicamente por:
MOROCHO PAOLA FERNANDA
1715933261

Ing. Paola Morocho
Analista de Suelos, Foliares y Aguas 3
Responsable Técnico
Laboratorio Suelos, Foliares y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.
[1] Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 12.

Datos meteorológicos recopilados durante la investigación.

Días	T ° Ambiental 8am	T ° Ambiental 5pm	H° Ambiental 8am	H ° Ambiental 5pm	Luminosidad
8	21° C	22° C	45%	53%	12%
16	22° C	22° C	55%	54%	14%
24	23° C	22° C	56%	57%	15%
32	19° C	23° C	57%	54%	16%
40	19 ° C	24 ° C	61%	57%	15%
48	18 ° C	22 ° C	57%	66%	14%
56	17 ° C	21 ° C	49%	57%	14%
64	19 ° C	22 ° C	47%	59%	15%