

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSERVACIÓN



**ANÁLISIS DE SOLUBILIDAD DE NUTRIENTES EN TEJIDOS VEGETATIVOS
UTILIZANDO ÁCIDOS ORGÁNICOS OBTENIDOS DE LA FERMENTACIÓN DE
BANANO CULTIVADO EN FINCAS AGROFORESTALES DE CAFÉ DE LA ZONA
SUR DE LA BIOSFERA**

POR:

GREISY EMPERATRIZ MORAZÁN PADILLA

TESIS

CATACAMAS

OLANCHO

AGOSTO 2024

**ANÁLISIS DE SOLUBILIDAD DE NUTRIENTES EN TEJIDOS VEGETATIVOS
UTILIZANDO ÁCIDOS ORGÁNICOS OBTENIDOS DE LA FERMENTACIÓN DE
BANANO CULTIVADO EN FINCAS AGROFORESTALES DE CAFÉ DE LA ZONA
SUR DE LA BIOSFERA**

POR:

GREISY EMPERATRIZ MORAZÁN PADILLA

WENDY LEONELACASTELLANOS, M.SC

DIRECTOR DE TESIS

**INFORME FINAL DE TESIS DE GRADO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO EN GESTION DE LOS RECURSOS NATURALES**

CATACAMAS

OLANCHO

AGOSTO 2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A mi querida Yo del futuro,

Que estas páginas sean un testimonio de nuestra dedicación, perseverancia y pasión por el saber. Que cada desafío superado nos recuerde siempre lo lejos que hemos llegado, y lo mucho que aun podemos lograr. Que este trabajo, que representa la semilla de nuestro crecimiento y desarrollo académico nos inspire a seguir explorando nuevos horizontes y a nunca dejar de aprender.

Con cariño y admiración,

Greisy Morazán.

Año 2024

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios, el único ser que puede hacer todo posible. Su amor y gracia me guían cada día.

A mis padres, Carlos Morazán y Emperatriz Padilla, mi fuente inagotable de amor y apoyo. Ustedes son mi inspiración constante. A mis hermanos Mariel, Banny e Isaac, gracias por estar siempre a mi lado, brindándome su cariño y ánimo incondicional. A mi sobrina, por ser la causante de muchas de mis sonrisas y llenarme los días de luz y felicidad.

Agradezco también a mis hermanos de carrera y universidad que tuve la dicha de conocer durante mi estadía en el campus: Diana H, Daniela J, Kimberly M, Daniela H, Miguel M, Katherine O. y José C. Ustedes han sido pilares fundamentales en este viaje académico, llenándolo de compañerismo, risas y apoyo mutuo. Sus presencias hicieron de cada día una experiencia única e inolvidable.

A mis asesores, M.Sc. Wendy Leonela Castellanos, M.Sc. Josué David Matute, M.Sc. Jorge Orbin Cardona y M.Sc. Carlos Irías, por su inestimable orientación, sus vastos conocimientos y su infinita paciencia durante todo este proceso. Su guía y consejo han sido esenciales para la culminación de esta tesis.

Al equipo de trabajo de la finca agroecológica, gracias por su colaboración y esfuerzo conjunto en cada proyecto emprendido. Y finalmente, a todos aquellos que siempre tuvieron una palabra de aliento y me demostraron su confianza. Gracias por creer en mí, por sus palabras de ánimo y por

motivarme a seguir adelante cuando más lo necesitaba.

Este logro es tanto mío como de todos ustedes. Cada paso dado, cada obstáculo superado y cada éxito alcanzado lleva consigo un pedacito de su apoyo y cariño. Gracias, de todo corazón.

TABLA DE CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo General	4
2.2 Objetivo Específico	4
III. REVISION DE LITERATURA.....	5
3.1 Pérdida y desperdicio de alimentos	5
3.2 Problemáticas de los sistemas productivos en las fincas.....	6
3.3 Residuos sólidos y su problemática	7
3.4 Economía Circular.....	8
3.5 Biofermentos	9
3.6 Fermentación.....	10
3.7 Tipos de fermentación	11
3.7.1 Fermentación alcohólica	12
3.7.2 Fermentación acética.....	12
3.8 Microorganismos fermentadores.....	12
3.9 Quelación y nutrición vegetal	13
3.10 Sistemas agroforestales de café en asocio con banano	15
3.11 Cultivo de Café.....	16

3.12	Banano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	17
IV.	METODOLOGÍA	19
4.1	Diseño metodológico.....	19
4.2	Descripción del sitio.....	19
4.3	Caracterización de las pérdidas en cosecha en las fincas cafetaleras.....	19
4.4	Recolección y manejo de los bananos para la fermentación	20
4.5	Evaluación de los Procesos Fermentativos	21
4.5.1	Diseño experimental para la preparación de las fórmulas.....	22
4.5.2	Materiales y equipo para la elaboración de los fermentos	24
4.5.3	Proceso de elaboración de los 18 tratamientos.....	24
4.5.4	Aplicación de harina de rocas y destape de los tratamientos.	26
4.5.5	Medición de los parámetros fisicoquímicos de las fórmulas.	28
4.5.6	Proceso de tamizaje para selección y descarte	29
4.6	Evaluación de las propiedades solubilizantes del biofermentos a través de la aplicación foliar en plántulas de café.....	30
4.6.1	Diseño experimental.....	30
4.6.2	Aplicación foliar de las fórmulas de los biofermentos.....	31
4.7	Análisis foliar	31
4.7.1	Toma de muestras.....	31
4.7.2	Análisis de laboratorio	32
4.7.3	Interpretación de los resultados.....	33
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1	Identificación de las especies de frutales incorporadas en las fincas agroforestales de café en la biosfera del río plátano.....	35
5.1.1	Pérdidas de musáceas en cosecha y postcosecha	36
5.2	Parámetros de los biofermentos elaborados	37
5.3	Selección de los tratamientos para el análisis foliar.....	45
5.4	Análisis nutricional de tejidos vegetativos de plántulas de café	46
5.4.1	Macronutrientes.....	47
5.4.2	Micronutrientes	48
5.4.3	Evaluación comparativa de datos experimentales con valores referencia.	50
VI.	CONCLUSIONES	51
VII.	RECOMENDACIONES	52

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... xii

IV. ANEXOS.....xxiv

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ruta metabólica del glucolisis y sus resultados (Elaboración propia).	11
Figura 2. Diagrama de flujo de proceso para el pretratamiento de la muestra de banano (Elaboración propia).	21
Figura 3. Diagrama de flujo para la fabricación de biofermentos (elaboración propia).	25
Figura 4. Mapa punto de extracción de harina de rocas.	27
Figura 5. Nube de palabras.	36
Figura 6. Gráfica de efectos principales para pH.	38
Figura 7. Gráfica de interacciones entre los factores para pH.	39
Figura 8. Diagrama de Pareto estandarizado para CE.	40
Figura 9. Gráfica de efectos principales entre los factores para CE.	41
Figura 10. Gráfica de interacciones entre los factores para CE.	42
Figura 11. Diagrama de Pareto estandarizado para T.	44
Figura 12. Gráfica de interacción para T.	45
Figura 13. Gráfico de cajas para micronutrientes.	48
Figura 14. Gráfico de cajas para macronutrientes.	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de macronutrientes en materia seca según diferentes fuentes.	17
Tabla 2. Porcentaje de micronutrientes en materia seca según diferentes fuentes.	17
Tabla 3. Contenidos nutricionales del banano (<i>Musa paradisiaca</i>).	18
Tabla 4. Niveles y factores del ejercicio.	22
Tabla 5. Combinaciones creadas por Statgraphic para la fabricación de cada tratamiento.	23
Tabla 6. Materiales y equipo para la elaboración de los biofermentos.	24
Tabla 7. Escala de valoración de nutrientes.	34
Tabla 8. Tratamientos electos para llevar a aplicación	46
Tabla 9. Concentraciones de nutrientes promedio por cada tratamiento.	47
Tabla 10. Tabla de valoración para analizar el estado nutricional de las plantas bajo las aplicaciones de los tratamientos.	50

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento Informado.....	xxiv
Anexo 2. Entrevista.....	xxv
Anexo 3. Cantidades exactas de ingredientes agregadas a cada tratamiento.....	xxvii
Anexo 4. Ficha de campo para registro de parámetros medidos en los tratamientos (Primera medición).....	xxviii
Anexo 5. Ficha de campo para registro de parámetros medidos en los tratamientos (Segunda medición).....	xxix
Anexo 6. Análisis de varianza para los parámetros químicos medidos del proceso de fermentación. (a)pH, b) Conductividad eléctrica, c) Temperatura).	xxx
Anexo 7. Análisis de varianza de las concentraciones de macro y micronutrientes presentes en las hojas de las plantas de café (a) Fosforo, b) Potasio, c) Calcio, d) Magnesio, e) Hierro, f) Manganeso, g) Cobre, h) Zinc.)	xxxi
Anexo 8. Prueba de Tukey para el análisis del elemento Zinc.	xxxiii
Anexo 9. Cuadro de resumen de medias.....	xxxiv
Anexo 10. Actividades realizadas durante el proceso de investigación.	xxxv

RESUMEN

La investigación analiza la solubilidad de nutrientes en tejidos vegetativos usando ácidos orgánicos obtenidos de la fermentación de residuos de banano en fincas agroforestales de café en la zona sur de la biosfera. El banano, identificado como la fruta con mayores pérdidas debido a la falta de mercado, se utilizó para elaborar biofermentos. Se realizó un experimento factorial de cribado (2^4) con puntos al centro que resultó de 18 combinaciones experimentales, considerando cuatro factores: material de fermentación, grados Brix, pH inicial y tipo de levadura. Estas combinaciones fueron caracterizadas en términos de pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de alcoholes y temperatura, se determinando que los biofermentos elaborados con cáscaras de banano mostraron características más prometedoras para la solubilidad de nutrientes. Se seleccionaron los tratamientos 2, 4, 8 y 11 por sus altos valores de pH y CE y se aplicaron a plántulas de café en tres ocasiones. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la solubilidad de la mayoría de los nutrientes, el Zinc mostró significancia, pero valores bajos de concentración en las hojas. Las limitaciones del estudio, como el número de réplicas y el origen de las unidades experimentales, pueden haber influido en los resultados. El estudio demuestra el potencial de los ácidos orgánicos derivados de la fermentación de banano para mejorar la nutrición vegetal y reducir las pérdidas de cosechas en sistemas agroforestales.

Palabras clave: solubilidad de nutrientes, tejidos vegetativos, ácidos orgánicos, fermentación, banano, fincas agroforestales de café, biofermentos material de fermentación, grados Brix, pH inicial, tipo de levadura, caracterización química, pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de alcoholes, plántulas de café, macro y micronutrientes, Zinc, nutrición vegetal, reducción de pérdidas de cosechas.

I. INTRODUCCIÓN

Las pérdidas de alimentos implican un desperdicio de recursos utilizados en la producción, como tierra, agua, energía e insumos. Producir alimentos que no se consumirán genera emisiones innecesarias dióxido de carbono (CO₂) y reduce el valor añadido a estos. Por lo tanto, la reducción de estas pérdidas y desperdicios es esencial para combatir el hambre, aumentar los ingresos, mejorar la seguridad alimentaria y disminuir los impactos medioambientales por la mala gestión de estos residuos, especialmente en los países en desarrollo. Asimismo, implica uno de los desafíos más urgentes de nuestro tiempo (FAO, 2012).

Datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) indican que cada año, un tercio de todos los alimentos producidos se pierde o desperdicia en todo el mundo, equivalente a 1300 millones de toneladas. Según la FAO (2011), en los países industrializados, más del 40% de las pérdidas se generan en las etapas de venta y consumo. En contraste, en los países en desarrollo, el 40% de las pérdidas se produce durante las etapas postcosecha y de procesamiento, es decir, los alimentos se descartan en cualquiera de las fases previas al consumo.

Parte de estas pérdidas se debe a que los cultivos no llegan ni a cosecharse porque los precios de mercado no son lo suficientemente altos para que sea rentable para los agricultores de las zonas rurales (Hidalgo y Martín-Marroquín, 2020). Además, el modelo productivo actual y la ineficiencia de la cadena alimentaria para adaptarse a la demanda del consumidor contribuyen a este problema. Sumado a esto, los requisitos estéticos y las crisis alimentarias incrementan el desperdicio y la pérdida de alimentos (Areta, 2019).

Ante este escenario, se necesita avanzar en estrategias que permitan la transición hacia un nuevo

modelo de producción y consumo que busque maximizar la utilización de todos los productos, tal como se observa en el concepto de economía circular. La economía circular (EC) es un enfoque de producción basado en principios ecológicos que busca revitalizar los procesos productivos. En lugar de seguir la filosofía tradicional de reciclaje, reducción y reutilización, la EC promueve una transformación sostenible en la producción para que sea duradera (Martínez, 2023).

Las alternativas implementadas para el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), son un claro ejemplo del enfoque de la economía circular (Fonseca, 2023). En la actualidad, los biofertilizantes orgánicos se consideran una de muchas opciones viables para combatir la contaminación y brindar un gran aporte al sector agrícola, devolviendo al suelo minerales importantes para enfrentar la desertificación y lograr un desarrollo y crecimiento adecuado de las plantas, aumentando así el rendimiento de los cultivos (Jazmín-Marín, 2019).

Según Soto et al. (2022), los biofermentos o abonos líquidos foliares se obtienen mediante la fermentación de materiales orgánicos. Durante este proceso, los microorganismos transforman estos materiales en minerales, aminoácidos, vitaminas y ácidos orgánicos.

En la zona sur de la biosfera, los sistemas agroforestales que incluyen cultivos como el café enfrentan desafíos significativos debido a la falta de mercados adecuados, resultando en pérdidas de alimentos que no se cosechan. Esta situación subraya la necesidad urgente de desarrollar estrategias integradas que no solo promuevan la economía circular y el aprovechamiento de residuos, como los biofertilizantes orgánicos, sino que también aborden los retos económicos y logísticos que limitan la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas agroforestales.

En este contexto, se hace crucial explorar el potencial de utilización de ácidos orgánicos derivados de la fermentación de residuos sólidos orgánicos de frutas como agentes facilitadores de la solubilidad de nutrientes. Este estudio busca comprender y destacar el papel crucial de estos ácidos en el mejoramiento de la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal,

contribuyendo así a la optimización de prácticas agrícolas sostenibles.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar el potencial de uso de ácidos orgánicos obtenidos de la fermentación de banano, cultivado en fincas agroforestales de café de la zona sur de la biosfera, para la solubilidad de minerales.

2.2 Objetivo Específico

- Determinar las características químicas del proceso de fermentación de banano para la producción de ácidos orgánicos y solubilidad de nutrientes.
- Evaluar la respuesta, de las fórmulas elaboradas, en la nutrición de los tejidos vegetativos de plántulas de café.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Pérdida y desperdicio de alimentos

Las pérdidas y desperdicios de alimentos afectan gravemente la realización plena del derecho a una alimentación adecuada y a un ambiente saludable. Esto se ha convertido en un problema de primer orden en un mundo donde el hambre persiste y la crisis climática y ambiental amenaza nuestras formas de vida (Ruilova, 2023).

Según la FAO (2019), las pérdidas de alimentos se definen como “la reducción en cantidad o calidad que ocurre en la cadena de suministro antes del punto de venta al por menor, debido a decisiones y acciones de los proveedores”. Por otro lado, los desperdicios “se refieren a la reducción de alimentos que ocurre a nivel de venta al por menor, en servicios de alimentos y durante el consumo, a causa de las decisiones y acciones de minoristas, proveedores de servicios alimentarios y consumidores”.

Las causas de la pérdida y el desperdicio de alimentos (PDA), varían a lo largo de la cadena de suministro. En las explotaciones agrícolas, factores como una cosecha mal sincronizada, condiciones climáticas adversas, prácticas inadecuadas de cosecha y manipulación, y problemas de comercialización son significativos. El almacenamiento inadecuado y decisiones previas que reducen la vida útil también causan pérdidas (FAO, 2019).

En este sentido, el desperdicio de alimentos es crucial para la seguridad alimentaria mundial y tiene consecuencias ambientales, económicas y sociales. Impacta el uso de energía y agua, la disponibilidad de recursos, la eficiencia de estos, la volatilidad de precios, los costos, el consumo

y la gestión de residuos. Además, afecta la salud y la igualdad social. Los alimentos que no se consumen causan efectos negativos en toda la cadena de suministro, incluyendo los hogares (Bueno, 2015).

3.2 Problemáticas de los sistemas productivos en las fincas.

Los pequeños agricultores, que producen la mayoría de los alimentos en países en desarrollo, suelen ser significativamente más pobres que el resto de la población y enfrentan una seguridad alimentaria inferior a la de los urbanos de bajos ingresos (Dixon, 2001). Es evidente que las actividades de la producción agropecuaria continúan siendo menos rentables que las industriales, debido a que el pequeño y mediano productor afronta problemas económicos-administrativos agudos y ajenos a la poca o mucha productividad de la tierra (Cantillano, 2001).

La finca como sistema productivo agrícola se define por la interacción de sus componentes físicos, bióticos y socioeconómicos, y su manejo depende de la estructura del agroecosistema y la intervención humana para optimizar la producción y sostenibilidad (Alvarado, 2021). Sin embargo, la problemática de comercialización de sus productos debido a las altas exigencias de calidad, logística y formas de pago de los compradores los obliga a vender a intermediarios, quienes a menudo consolidan la oferta para los mismos compradores finales (Rodríguez y Riveros, 2016).

Frente a esta situación, algunos productores aseguran que les más rentable tirar el producto en el campo que recogerlo, porque no logran cubrir los costos de la mano de obra. El resultado es que se desechan piezas que podrían haber entrado en la cadena agroalimentaria (Gascón et al, 2021). En consecuencia, se limita el desarrollo sustentable de la finca, e incide en las problemáticas ambientales actuales (Ochoa, 2023).

3.3 Residuos sólidos y su problemática

Conforme la población crece, las predicciones futuras son motivo de inquietud, ya que se anticipa que la generación de residuos se elevará a 2,200 millones de toneladas para el año 2025 (FAO 2019), y las proyecciones de crecimiento del 70% para el año 2050, esto subraya la urgencia de abordar este problema de manera efectiva tal y como lo plantea el Banco Mundial en su informe del “What a waste” (2018).

Según lo indicado por CEPAL (2021), cada habitante de la región latinoamericana produce aproximadamente 1 kilogramo de residuos sólidos domésticos al día, una cantidad inferior a la de los países desarrollados pero superior al promedio global. La descomposición de todos los desechos orgánicos produce gases de efecto invernadero a nivel mundial (Coronel y Lavayen, 2016).

La cantidad de desperdicio alimentario es una de las principales fuentes de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), superada solo por las emisiones de EE. UU. y China. Este desperdicio contribuye significativamente al cambio climático y representa un uso ineficiente de los recursos naturales. El agua utilizada en la producción agrícola, especialmente en cereales como el arroz, se desperdicia en grandes cantidades cuando los alimentos no se consumen y se descartan (González, 2022).

El modelo de consumo excesivo y generación de desperdicios instaurado desde la Segunda Guerra Mundial es insostenible y amenaza la supervivencia de las sociedades humanas. El exceso de producción y el mal manejo de los recursos no solo afectan el medio ambiente, sino también la salud humana, contribuyendo a enfermedades y muertes prematuras. La reducción del desperdicio de alimentos es una estrategia crucial no solo para combatir el hambre global, sino también para mitigar los impactos ambientales (González, 2022).

3.4 Economía Circular

La economía circular se presenta como un modelo alternativo al modelo lineal tradicional ("tomar-fabricar-consumir-eliminar") debido a los problemas globales como el crecimiento de la población, la escasez de recursos y los patrones de consumo, particularmente a finales del siglo XX y principios del siglo XXI (Partida et al 2023). Este modelo, similar al ciclo biológico en la naturaleza, busca optimizar el uso de recursos y reducir los residuos, transformando el sistema económico para revitalizar continuamente productos, componentes y materiales, asegurando así su máximo aprovechamiento y valor (Jiménez, 2020).

Según Fraire et al (2023), la economía circular se basa en maximizar el uso de los materiales extraídos de la naturaleza al prolongar su vida útil mediante la reducción de residuos, la reutilización, el reciclaje y la recuperación para generar nuevos productos o energía. Este enfoque promueve el diseño de productos que sean fáciles de reparar o actualizar para evitar que se conviertan en desechos, y cuando la reparación ya no es viable, las piezas se reincorporan al proceso productivo, transformándose en materiales útiles para la construcción de nuevos bienes o en otros sectores.

La economía circular distingue entre ciclos biológicos y técnicos. Los ciclos biológicos regeneran sistemas vivos como el suelo a través de procesos como el compostaje, utilizando materiales biológicos (Serón 2020). Los ciclos técnicos, en cambio, se centran en la recuperación y restauración de productos mediante reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje, facilitando la inserción continua de materiales (Luelmo 2020).

En síntesis, según lo abordado por Partida (2023), “la economía circular representa un cambio sistemático y global para generar oportunidades económicas, sociales y ambientales, esto es resiliencia y equilibrio entre las dimensiones de la sostenibilidad en un futuro cercano”. Con

relación a lo anterior hay que mencionar que son diecisiete los Objetivos de Desarrollo Sostenible, de estos, la economía circular contribuye de forma directa con seis.

3.5 Biofermentos

En las últimas décadas, para el sector agrícola, el objetivo ha sido lograr altos rendimientos por unidad de superficie para satisfacer la creciente demanda de alimentos, sin considerar la sostenibilidad de la producción. Esta situación ha disminuido la superficie apropiada para la agricultura, causando graves problemas ecológicos, económicos y sociales. Por tal motivo, es necesario encontrar soluciones de producción adecuadas (Cabrera et al 2012).

Los biofermentos, resultado de la fermentación de materiales orgánicos mediante la actividad de microorganismos naturales, desempeñan un papel crucial en la agricultura moderna y la producción alimentaria. Estos, también llamados bioles, representan una destacada alternativa para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos, protegerlos contra enfermedades y facilitar la transición hacia sistemas productivos agroecológicos u orgánicos, reduciendo la dependencia de insumos externos (Pacheco et al 2017).

El proceso básico de descomposición de la materia genera biogás (CO_2 y CH_4) y concentra nutrientes vegetales como nitrógeno (N) y fósforo (P). En ausencia de oxígeno, se producen moléculas orgánicas más pequeñas y parcialmente consumidas, como ácidos orgánicos (O'Neill, 2022). Estos procesos que utilizan microorganismos permiten el aumento en el suministro de nutrientes mediante su impacto en los ciclos biogeoquímicos, como la fijación de N_2 , la solubilización de elementos minerales y la mineralización de compuestos orgánicos (Cabrera, 2012).

Los abonos orgánicos fermentados pueden diferir en sus ingredientes, preparación, nutrientes que

aportan al suelo y su función en él. Sin embargo, todos pasan por un proceso de transformación que incluye una etapa de fermentación (oxidación), la cual es la fase más activa del proceso (Luengas *et al*, 2011).

El uso de biofertilizantes a base de residuos orgánicos es una solución efectiva para minimizar el daño ambiental, ya que se transforma la basura orgánica en composta, que es el primer eslabón en la de la reducción, reutilización y reciclado (Jazmín-Marín, 2019). Hay diferentes hipótesis sobre los modos de acciones de los bioles como la generación de metabolitos secundarios, efecto de masa, efecto antagonista directo y/o quelación orgánica.

3.6 Fermentación

El metabolismo se refiere a los procesos bioquímicos celulares destinados a obtener energía o construir materia celular a partir de carbohidratos que contienen azúcares. Estos procesos pueden seguir dos vías metabólicas principales: la fermentación y la respiración celular. La fermentación, que ocurre en condiciones anaerobias, produce productos orgánicos parciales, mientras que la respiración celular, en presencia de oxígeno, descompone la materia orgánica en sustancias inorgánicas, liberando más energía (López y Gil, 2013).

La glucólisis es un proceso fundamental en este contexto, que consiste en una serie de diez reacciones enzimáticas en el citoplasma celular. Durante la glucólisis, una molécula de glucosa (de 6 carbonos) se escinde en dos moléculas de piruvato (de 3 carbonos), generando un rendimiento neto de dos moléculas de ATP y dos moléculas de NADH (Merino y Noriega, s.f.).

Posteriormente, el destino del ácido pirúvico varía según el tipo de microorganismo. En microorganismos anaerobios, el ácido pirúvico se convierte en productos como etanol, ácido láctico, ácido acético u otros compuestos similares mediante la fermentación. En contraste, para microorganismos aerobios, el ácido pirúvico se oxida completamente a través del ciclo de Krebs,

produciendo CO₂ y agua (ver Figura 1). Otra vía importante es la de las pentosas fosfato, que difiere de la glucólisis al no generar ATP (Benavides).

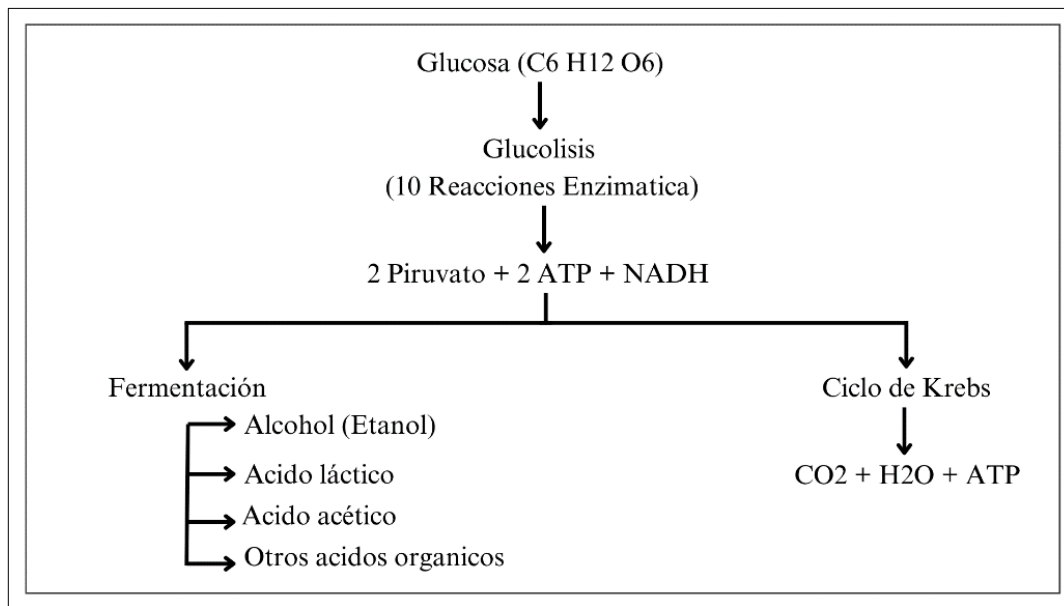


Figura 1. Ruta metabólica del glucolisis y sus resultados (Elaboración propia).

La fermentación, un proceso catabólico que ocurre en ausencia de oxígeno, descompone compuestos orgánicos como azúcares en sustancias más simples, incluyendo etanol, ácido láctico y ácido butírico (Gil y Pérez, 2011; Puerta, 2010). Andreu (2022) describe la fermentación como la transformación de una matriz animal o vegetal en condiciones anaerobias, donde los compuestos complejos se convierten en ácidos, alcohol y gas.

3.7 Tipos de fermentación

Fernández (2022), menciona que existen seis tipos de fermentación: alcohólica, láctica, maloláctica, propiónica, butírica y acética. Se clasifica según el tipo de sustrato y los productos finales, siendo las más comunes la fermentación láctica, acética y alcohólica (Gil y Pérez 2011).

3.7.1 Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso catabólico anaeróbico en el que microorganismos como levaduras (especialmente *Saccharomyces cerevisiae*), hongos y bacterias metabolizan la glucosa para producir etanol, dióxido de carbono y ATP (Cruz, 2019). Tras la glucólisis, el piruvato no ingresa al ciclo de Krebs, sino que sufre descarboxilación para formar acetaldehído, el cual se reduce a etanol, generando dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono a partir de una molécula de glucosa (Constante, 2015). Factores internos como la genética de los microorganismos y externos como la temperatura, agitación, aireación, pH, así como los macro y micronutrientes, fuentes de carbono y nitrógeno, y vitaminas, pueden influir en la eficiencia del proceso fermentativo (Fernández, 2022; Vásquez, 2007).

3.7.2 Fermentación acética

De acuerdo con Taipe (2014), se trata de un paso adicional en el proceso de fermentación alcohólica donde el etanol se convierte en ácido acético debido a la acción de una cepa bacteriana llamada *acetobacter*. Esta conversión ocurre mediante la oxidación del alcohol por parte de las bacterias del vinagre en presencia de oxígeno del aire. A diferencia de las levaduras que producen alcohol, estas bacterias necesitan una cantidad considerable de oxígeno para crecer y funcionar correctamente.

3.8 Microorganismos fermentadores

Los principales microorganismos fermentadores incluyen levaduras, bacterias lácticas (*Lactobacillus spp.* y *Streptococcus spp.*), *Enterobacteriaceae*, especies de *Clostridium*, y bacterias propiónicas y metánicas. Las levaduras, anaerobias facultativas, fermentan azúcares en ausencia de oxígeno. Las bacterias lácticas, aerobias microaerófilas, producen ácido láctico al fermentar carbohidratos. Las bacterias entéricas, también anaerobias facultativas, realizan fermentaciones

lácticas, fórmicas y otras (Puerta, 2010).

Según Carballo (2000), la levadura más comúnmente empleada en la fermentación es *Saccharomyces cerevisiae*. Esta especie es ampliamente utilizada a nivel industrial debido a su facilidad de manipulación y recuperación. Es robusta en su cultivo, capaz de tolerar altas concentraciones de etanol y condiciones osmóticas desafiantes. Además, presenta una alta viabilidad celular para el reciclaje y exhibe características de floculación y sedimentación.

Las BAA (Bacterias Ácido Acéticas), tienen un metabolismo estrictamente aerobio, es decir que para su desarrollo necesitan disponer de oxígeno molecular, que actúa como aceptor final de electrones. La oxidación del etanol a ácido acético es la característica más conocida de estas bacterias, esta transformación se denomina acetificación o fermentación acética y es el fundamento de la fabricación del vinagre (Gerard 2015).

Factores como pH, temperatura y sustrato son importantes en el desarrollo microbiano. Cada microorganismo tiene un pH y una temperatura óptimos para su crecimiento máximo. A medida que el pH se aleja de este valor óptimo en cualquier dirección, el crecimiento microbiano se ve limitado. Los cambios de pH que sufre un alimento con el tiempo indican actividad microbiana. Las temperaturas superiores a las de crecimiento óptimo provocan la muerte de los microorganismos o lesiones subletales (Morales, 2007).

3.9 Quelación y nutrición vegetal

La nutrición vegetal se basa en la absorción de nutrientes esenciales de naturaleza inorgánica, a diferencia de humanos, animales y muchos microorganismos, que también necesitan compuestos orgánicos. Para que un elemento se considere esencial para las plantas, debe cumplir tres criterios: su deficiencia impide que la planta complete su ciclo de vida; la deficiencia es específica para ese elemento; y el elemento está directamente involucrado en la nutrición de la planta como parte de

un metabolito esencial para la acción enzimática (Mengel y Kirkby, 2000).

Los nutrientes esenciales se clasifican en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes, necesarios en grandes cantidades, incluyen C, N, H, O, S, P, K, Ca, Mg, Na y Si. Los micronutrientes, necesarios en menores cantidades, incluyen Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl (Pérez, 2017). Sin embargo, esta clasificación basada en la concentración de elementos en los tejidos de las plantas puede ser arbitraria, ya que los micronutrientes, a pesar de ser necesarios en menores cantidades, son cruciales para el crecimiento, desarrollo y producción de la planta (Abi-Ghanem y Cooper, 2017).

Las plantas absorben macronutrientes en diversas formas, como CO_2 , HCO_3^- , H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ , N_2 , SO_4^{2-} , SO_2 , y iones presentes en la solución del suelo y gases atmosféricos. Los micronutrientes también se absorben en forma de iones provenientes de la solución del suelo y mediante iones o quelatos presentes en dicha solución.

La nutrición autótrofa de las plantas terrestres se lleva a cabo mediante procesos gaseosos y líquidos, a través de las hojas y las raíces, respectivamente. La velocidad de absorción de nutrientes varía según los iones. Iones como NO_3^- , K^+ , NH_4^+ y Cl^- son rápidamente adsorbidos, mientras que la absorción de otros, como Ca^{2+} y SO_4^{2-} , es más gradual (Abi-Ghanem y Cooper, 2017).

Un aspecto importante en la nutrición vegetal es la quelación. Los quelatos, ya sean orgánicos o sintéticos, son compuestos que se unen a metales formando estructuras heterocíclicas, protegiendo al metal de reacciones no deseadas. Esto es crucial en la fertilización foliar, ya que facilita la absorción de nutrientes a través de la cutícula foliar cargada negativamente. Al neutralizar la carga positiva de los metales, los quelatos permiten que el complejo formado tenga carga neutra, facilitando la penetración de los iones a través de la cutícula foliar y aumentando la eficiencia en la corrección de deficiencias nutricionales (Universidad de Costa Rica, 2002).

Según Toledo (2016), los quelatos se componen de nutrientes metálicos unidos a moléculas orgánicas, como ácidos, lo que mejora la eficiencia de absorción de los nutrientes por las plantas al prevenir su transformación en formas no absorbibles, evitando así la fijación de los nutrientes en el suelo o en las hojas.

3.10 Sistemas agroforestales de café en asocio con banano

Los sistemas agroforestales con café (SAF café) proporcionan múltiples servicios ecosistémicos, mejorando las condiciones socioeconómicas de las familias caficultoras y la calidad ambiental de sus comunidades. Gracias a los árboles, estos sistemas generan productos para autoconsumo y venta, regulan el microclima, favorecen la polinización y el control biológico, conservan el suelo, reducen la erosión, y sirven como hábitat para diversas especies. (Salgado-Mora *et al*, 2021).

En Honduras el café se cultiva bajo un sistema agroforestal, con un 95% del área sembrada con sombra de diferentes especies (Álvarez, 2019). En diversas regiones del país, se observa una tendencia hacia la implementación y enfoque en sistemas agroforestales tradicionales. Los árboles comúnmente utilizados como sombra permanente son las guamas (*Inga sp.*), mientras que como sombra temporal se emplean el plátano y el banano (*Musa sp.*) (AFE/COHDEFOR, 1997).

Según el Instituto Hondureño del café (IHCAFE) (2021), el café es el segundo producto de exportación más importante de Honduras después del banano y plátano. Para su economía desempeña un papel fundamental, representando el 5% del producto interno bruto (PIB) y el 26% del PIB agrícola. Es así como, al cultivar banano junto con café, se obtienen beneficios simultáneos porque las plantas de banano proporcionan sombra al café, lo que ayuda a mantener el equilibrio ecológico del ecosistema. Esto preserva la microfauna del suelo y el hábitat de las especies existentes, además tiene incidencia en la sostenibilidad de empresa familiar (García, 2012).

3.11 Cultivo de Café

El café, una planta perenne, se cultiva principalmente por sus granos, que son tostados y molidos para producir una de las bebidas más populares del mundo. Existen dos especies principales de café que se cultivan comercialmente: *Coffea arabica* y *Coffea canephora* (robusta), siendo la primera la que se valora por su mayor calidad y sabor (CICAFE, 2011).

El proceso de cultivo del café comienza con la siembra de semillas en viveros, donde las plántulas se cuidan hasta que son lo suficientemente fuertes para ser trasplantadas a campos definitivos. El café requiere condiciones específicas para su crecimiento óptimo, como altitudes entre 600 y 2000 metros sobre el nivel del mar, temperaturas entre 15 y 24°C, y una distribución anual de lluvias entre 1200 y 1800 milímetros. Además, el uso de sombra ya sea de árboles nativos o plantados, es crucial para regular la luz solar y la temperatura, protegiendo a las plantas jóvenes y mejorando la calidad del fruto (IICA, 2020).

El café, como otras plantas, necesita varios elementos para crecer. Tres de ellos, el carbono, hidrógeno y oxígeno, provienen del agua y la atmósfera y constituyen alrededor del 95% del peso de la planta. Los nutrientes restantes provienen del suelo y que se pueden absorber vía foliar se dividen en macronutrientes (como nitrógeno, fósforo y potasio) y micronutrientes (como hierro, manganeso y cobre), según la cantidad que la planta necesita (Sadeghian, 2013).

La fertilización foliar en café se ha convertido en una alternativa que en muchos casos pueden complementar la nutrición edáfica, particularmente en cultivos situados en áreas donde las condiciones climáticas y de suelos generan algún tipo de estrés que limita la toma de nutrientes vía radical (Ferrás-Negrín *et al* 2023).

En las siguientes tablas se muestran concentraciones normales de nutrientes en hojas de café.

Tabla 1. Porcentaje de macronutrientes en materia seca según diferentes fuentes.

Fuentes	% en Materia Seca			
	P	K	Ca	Mg
Fertilab,2017.	0.20-0.28	1.80 – 2.60	1.20 – 2.00	0.30 – 0.60
Valencia y Arcila (1977) y Sadeghian y González (2013).	0,10 – 0,18	1,50 – 2,00	0,50 – 1,30	0,30 – 0,40
Monroig (s.f)	0.15	2.0	1.0	0.4

Tabla 2. Porcentaje de micronutrientes en materia seca según diferentes fuentes.

Fuentes	ppm en Materia Seca			
	Fe	Mn	Cu	Zn
Fertilab, 2017.	80 – 120	70 – 150	10 – 25	12 – 50
Concentraciones normales de nutrientes en hojas de café. Tomado de Valencia y Arcila (1977) y Sadeghian y González (2013).	90 – 140	150 – 220		
Monroig (s.f)	100	200	10	10

3.12 Banano (*Musa paradisiaca*)

Según lo descrito por Quinde (2014), el banano es considerada la fruta bastante consumida a nivel mundial, por ser una rica en carbohidratos, vitaminas esenciales, potasio, magnesio (ver Tabla 2) y que contiene un antiácido natural muy útil contra la pirosis.

Tabla 3. Contenidos nutricionales del banano (*Musa paradisiaca*).

Componentes	Contenido en 100 g	Componentes	Contenido en 100 g
Proteínas	1,1 g	Sodio	1 mg
Lípidos	0,2 g	Potasio	420 mg
Carbohidratos	22,2 g	Calcio	8 mg
Vit. A	190 UI	Magnesio	31 mg
Vit. 81	0,05 mg	Hierro	0,7 mg
Vit. 82	0,06 mg	Cobre	0,2 mg
Vit. 86	0,32 mg	Fósforo	28 mg
Ac. Cítrico	150 mg	Azufre	12 mg
Ac. Oxálico	6,4 mg	Cloro	125 mg

La pulpa de plátano se consume directamente o se usa para hacer productos y alimentos variados. En cambio, la cáscara de plátano suele ser un residuo agroindustrial (Ramos *et al* 2014). El cultivo de banano genera una notable cantidad de residuos que carecen de un manejo apropiado, esto se debe a que la cáscara constituye entre el 35% y el 40% del total de la fruta (Melo-Saboga *et al* 2015).

IV. METODOLOGÍA

4.1 Diseño metodológico

Este estudio combinó enfoques experimentales y observacionales lo que implica la integración de elementos controlados y observación en condiciones naturales.

4.2 Descripción del sitio

El estudio se centró en las aldeas ubicadas en la zona sur de la Reserva del Hombre y la Biósfera Río Plátano, específicamente dentro de la Zona de Amortiguamiento del municipio de Dulce Nombre de Culmí, en el Departamento de Olancho. En esta área, que abarca 99 comunidades pertenecientes a 12 aldeas, se identificaron las principales actividades de producción, destacándose la agricultura (cacao, café, granos básicos), los medios de vida derivados de los recursos forestales, la ganadería, entre otros. De igual manera, se observó que los Sistemas Agroforestales (SAF) en la zona incluyen cultivos de café y cacao, asociados con banano, guanábana y otros frutales. Sin embargo, el establecimiento de estos sistemas SAF no sigue un orden establecido.

4.3 Caracterización de las pérdidas en cosecha en las fincas cafetaleras.

Las entrevistas fueron realizadas a los propietarios de fincas seleccionadas por conveniencia, visitadas en diferentes aldeas pertenecientes a la zona sur de la biosfera, específicamente en las comunidades de Pueblo Nuevo Subirana, El Zapote, Nueva Esperanza, Buenos Aires, La Providencia y Rio Largo.

El tipo de muestreo que se utilizó fue un muestreo dirigido mediante informantes clave (FUNDER e ICF) que permitió identificar y seleccionar fincas representativas que practican SAF. Se seleccionaron 10 fincas consideradas como las más representativas de la zona para realizar el muestreo, además, se tomó en consideración la disposición y consentimiento de los participantes para colaborar y proporcionar la información requerida.

En estas fincas se aplicó una entrevista semiestructurada (ver Anexo 2). Durante las visitas, se presentaba y explicaba el objetivo de la actividad, solicitando consentimiento para proceder con las preguntas (ver Anexo1). La entrevista fue diseñada para obtener datos precisos sobre la integración de sistemas agroforestales en fincas de cultivo de café, indagando en conocer el área total dedicada a estos sistemas, las especies de árboles frutales presentes, su abundancia y cantidad, así como la producción de frutas por árbol. También recopilar información sobre el uso de la fruta para consumo familiar y venta, las pérdidas por no cosecha, y las prácticas de reutilización de frutas desechadas.

4.4 Recolección y manejo de los bananos para la fermentación

La aplicación de entrevistas permitió identificar a los proveedores de la materia prima, que se utilizó en fase experimental. Durante las visitas, además de recopilar información, se dialogó con los entrevistados sobre la disponibilidad de banano para nuestro proyecto.

Posteriormente, el banano fue transportado de las fincas a las instalaciones de ICF en la aldea de Maraños, Culmi, donde se colocó en cajillas de refresco, con papel Kraft entre las frutas para evitar daños. Seguidamente, se trasladó a la universidad, donde se procedió a realizar el pretratamiento de la muestra para su posterior utilización. La manera en que se realizó el pretratamiento se muestra en el diagrama de proceso de la figura 2.

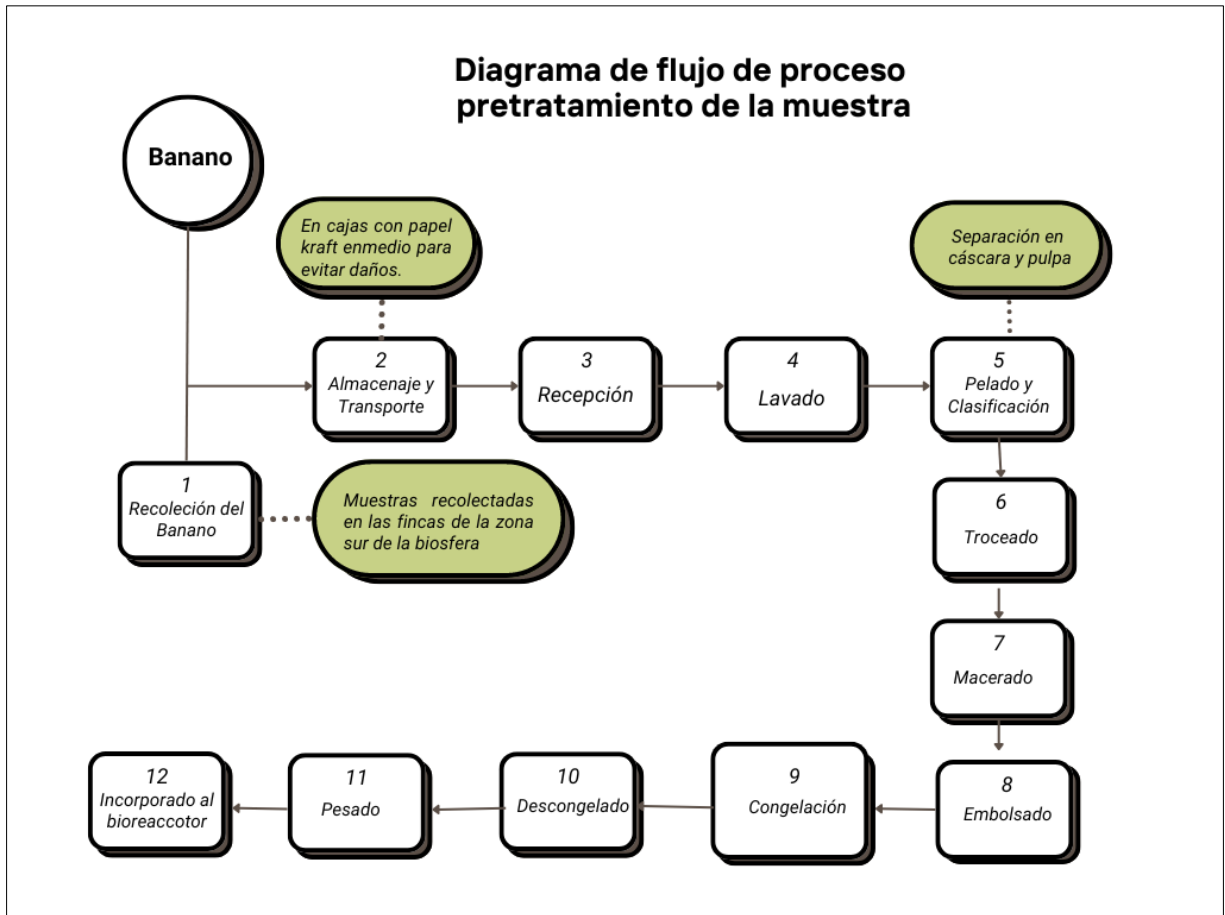


Figura 2. Diagrama de flujo de proceso para el pretratamiento de la muestra de banano (Elaboración propia).

4.5 Evaluación de los Procesos Fermentativos

En esta etapa los ensayos y procedimientos de los procesos fermentativos se realizaron en la Finca Agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG).

4.5.1 Diseño experimental para la preparación de las fórmulas

Se realizó un diseño de cribado de la familia factorial 2^4 con dos puntos al centro. Esto resulta en 16 combinaciones de tratamiento (ver tabla 5). Los diseños de cribado se utilizan comúnmente en experimentos para explorar cómo diferentes combinaciones de variables afectan los resultados.

Además de las 16 combinaciones se adicionó la formulación de la combinación de los puntos al centro, lo que suma un total de 18 tratamientos a fabricar. Para esta investigación, los factores y niveles utilizados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Niveles y factores del ejercicio.

Factores	Nivel (-)	Nivel (+)	Puntos al centro
A: Tipo de materia prima de banano	Cáscara	Pulpa	Fruta completa
B: ° Brix	15 °	20 °	17.5°
C: Dosis de inóculo (levadura)	2g /L	1 g/L	1.5 g/l
D: pH	4.6	5.2	4.9

Para la realización de las combinaciones pertinentes se utilizó el software Statgraphic, cada una de las formulaciones se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Combinaciones creadas por Statgraphic para la fabricación de cada tratamiento.

Tratamiento	Factor A		Factor B		Factor C		Factor D	
	Tipo Materia Prima		Contenido de azúcares		Dosis inóculo		pH	
	Cáscara (-)	Pulpa (+)	15° (-)	20° (+)	1 g/L (-)	2 g/L (+)	4.6 (-)	5.2 (+)
1	-1.0		-1.0		1.0		1.0	
2	-1.0		1.0		1.0		1.0	
3	1.0		-1.0		-1.0		1.0	
4	-1.0		1.0		-1.0		-1.0	
5	-1.0		-1.0		-1.0		1.0	
6	1.0		1.0		1.0		1.0	
7	1.0		-1.0		-1.0		-1.0	
8	-1.0		1.0		1.0		-1.0	
9	1.0		-1.0		1.0		1.0	
10	-1.0		-1.0		-1.0		-1.0	
11	-1.0		1.0		-1.0		1.0	
12	1.0		-1.0		1.0		-1.0	
13	-1.0		-1.0		1.0		-1.0	
14	1.0		1.0		-1.0		1.0	
15	1.0		1.0		-1.0		-1.0	
16	1.0		1.0		1.0		-1.0	
17	Fruta completa		17.5 °		1.5g/L		7	
18	Fruta completa		17.5 °		1.5g/L		7	

Cada tratamiento es una combinación única de estos niveles de factores, y en este caso, los

tratamientos 17 y 18 fueron generados con puntos centrales en el diseño factorial.

4.5.2 Materiales y equipo para la elaboración de los fermentos

Tabla 6. Materiales y equipo para la elaboración de los biofermentos.

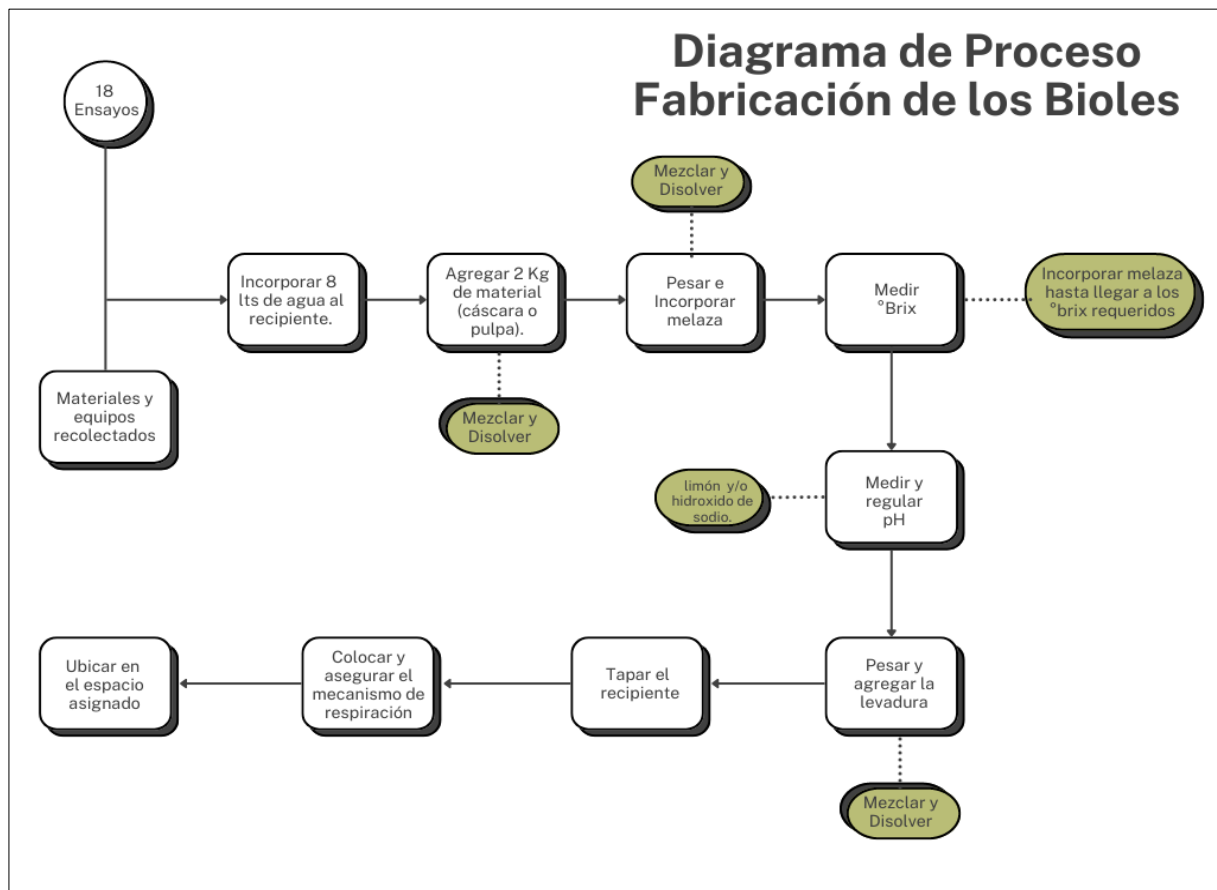
Materiales	Equipo
Materia prima (en este caso la pulpa o cáscara del banano)	Balanza
Melaza	Vaso medidor
Inóculo (levadura)	Cucharón
Agua	Tijera
Harina de rocas	Probeta
18 baldes plásticos de 15 litros	Navaja o cuchilla
18 botellas plásticas	Refractómetro
Manguera	pHmetro
Limón	
Hidróxido de sodio	

4.5.3 Proceso de elaboración de los 18 tratamientos.

Cada tratamiento consistió en un recipiente con la capacidad de 15 litros que contenía una solución a la que se le agrego ocho litros de agua, melaza, dos kilos de pulpa o cascara de banano y levadura, de acuerdo con las cantidades que indicaba cada combinación. También se añadió soluciones al 50% de jugo de limón al 2% de hidróxido de sodio con agua destilada según fuese lo que se necesitaba aumentar o disminuir pH. Las cantidades exactas incorporadas a cada tratamiento se presentan en el Anexo 3.

Antes de la elaboración de cada uno de los fermentados, se realizó un pre-ensayo con un litro de solución. Este pre-ensayo mostró cómo, a través de la medición de grados Brix, se determinaba la cantidad de melaza necesaria para alcanzar los niveles de Brix (de 17.5, 15 y 20) requeridos para cada una de las combinaciones.

En el siguiente diagrama de flujo se detalla el proceso de preparación de las fórmulas de los



biofermentos, mostrando las etapas clave y los pasos necesarios para su producción.

Figura 3. Diagrama de flujo para la fabricación de biofermentos (elaboración propia).

Estos fueron ubicados en entornos que cumplan con las condiciones óptimas para preservar la integridad del proceso, asegurando así su viabilidad.

4.5.4 Aplicación de harina de rocas y destape de los tratamientos.

A los 15 días después de elaborados, se realizó la aplicación de harina de rocas a cada formula. La cantidad de harina de rocas añadida correspondió al 2% del volumen total de cada tratamiento, convertida a gramos. Las cantidades utilizadas variaron entre 240 y 270 gramos. Estas cantidades están detalladas en el Anexo 3, para cada tratamiento.

La roca fue extraída de un paredón ubicado en la carretera que conduce a las Cuevas de Talgua, en las coordenadas Latitud 14°53'43.75 " N, Longitud 85°52'10.03" O. Este sitio fue seleccionado ya que, según la clasificación de suelos realizada por la FAO (1969), el tipo de suelo de esta zona es Sulaco, como se muestra en el mapa de la figura 4. Estos tipos de suelo se caracterizan por ser poco profundos, relativamente bien avenados, formados sobre caliza, en gran parte dolomíticos (carbonato de calcio y magnesio). La caliza es una roca compuesta por lo menos del 50% de carbonato de calcio (CaCO_3) (Guerreo, 2001).

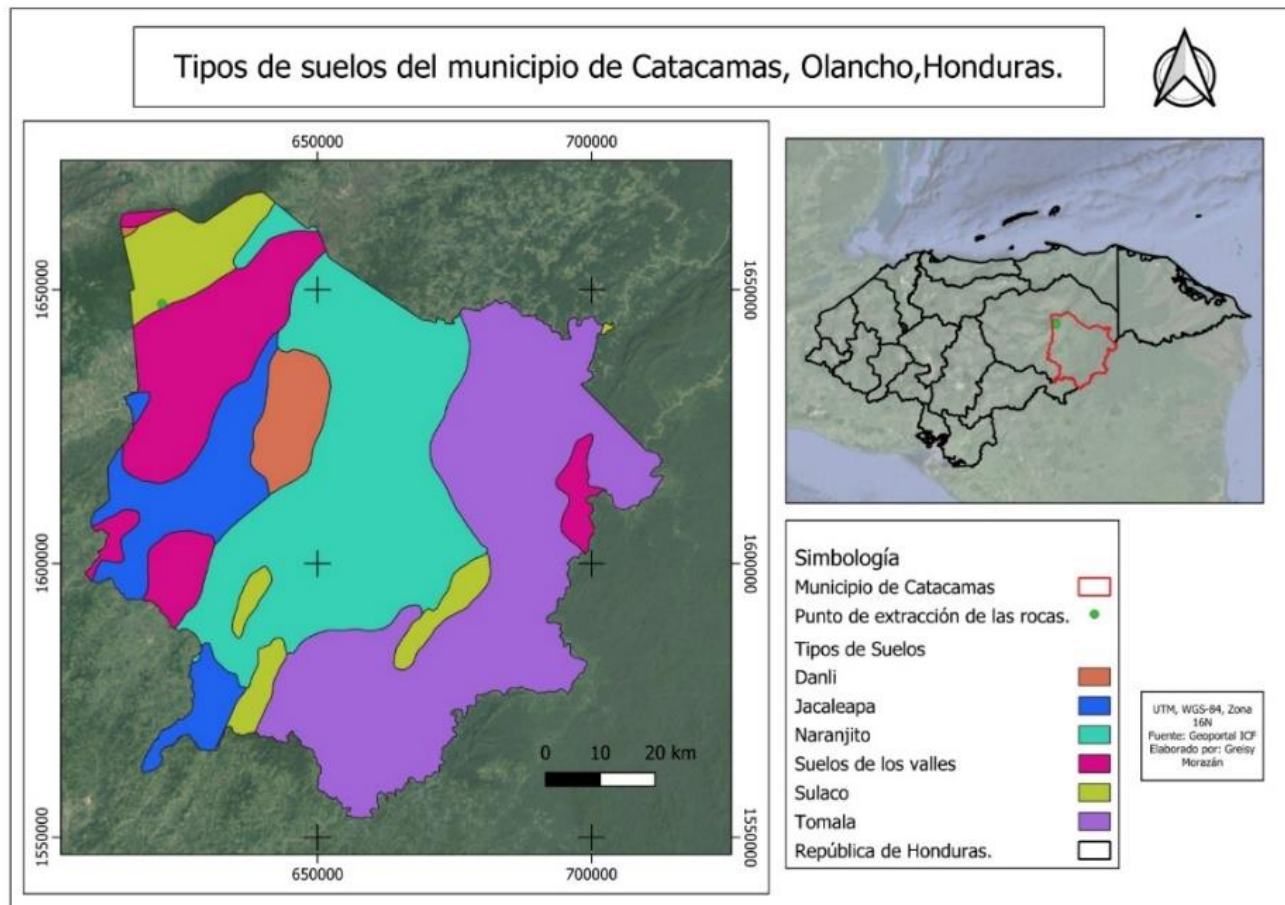


Figura 4. Mapa punto de extracción de harina de rocas.

Al transcurrir de 20 días del proceso fermentativo se realizó la primera medición de los parámetros fisicoquímicos para cada bioferemento, al mismo tiempo que el destape de los tratamientos, esto para permitir la entrada de oxígeno procedimiento necesario para promover la formación de ácidos orgánicos mediante la oxidación del alcohol.

Para evitar la contaminación, se colocó un trozo de tela sobre la abertura de los recipientes asegurándolo con una cabuya, lo que actuó como una barrera física para impedir la entrada de contaminantes.

Todas las cantidades empleadas en este trabajo, tanto en la elaboración de cada bioensayo, como la cantidad de harina de roca aplicada, se basaron en las cantidades estándar para biofermentos descritas por Jairo Restrepo en su obra “El ABC de la Agricultura Orgánica”. Se realizaron las proporciones correspondientes para ajustar estos valores a las necesidades específicas del proyecto.

4.5.5 Medición de los parámetros fisicoquímicos de las fórmulas.

Este procedimiento se realizó en dos ocasiones, los días 20 y 30 después de la preparación de cada tratamiento. Todos los datos obtenidos se anotaron meticulosamente en una ficha de campo (ver Anexo 4 y 5) para su posterior análisis.

Dado que al medir el biofermento en su forma pura el conductivímetro registraba un valor de cero, lo que indicaba que las lecturas excedían la capacidad del equipo, se optó por diluirlo. Para conocer un valor más acercado a real del tratamiento puro, el dato obtenido se multiplico por tres, siguiendo los principios de la ley de la dilución

➤ Contenido de alcoholes

En una probeta de vidrio con capacidad de 1000 ml, se vertió del biofertilizante hasta alcanzar la capacidad máxima de la misma, se introdujo el densímetro y al lograr que el instrumento flotara libremente y se estabilizara, se procedió a efectuar la lectura correspondiente en porcentaje de alcoholes. Los datos precisos de densidad necesarios para el análisis se registraron en una base de matriz.

➤ pH

Del mismo biofermento que se utilizó para medir el contenido de alcoholes se tomó una cantidad

mínima para medir el pH, la otra parte se incorporó nuevamente al recipiente de donde se tomó. Se agregaron 20 ml de agua destilada y 10 ml de biofermento en un recipiente desechable, logrando una concentración al 33.33% del biofermentos. La mezcla se agitó adecuadamente para garantizar la homogeneidad de la solución. Luego, se introdujo el electrodo del pH-metro HANNA, modelo de la serie HI98107, en la solución y se registraron los datos obtenidos.

➤ **Conductividad eléctrica y Temperatura**

Se utilizó la misma dilución con la que se midió el parámetro anterior para que se sumergiera el electrodo del aparato y se realizara la lectura de la conductividad eléctrica y la temperatura. Se empleó un conductivímetro portátil de la marca Oakton para llevar a cabo esta medición. Las lecturas obtenidas se expresaron en milisiemens por centímetro (mS/cm) para conductividad eléctrica y °C para la temperatura.

Se realizaron estas mediciones para todos los tratamientos, corroborando en dos ocasiones cada medición para cada tratamiento. Entre tratamiento, se lavaron los instrumentos con agua destilada y se secaron con papel toalla para evitar la contaminación cruzada.

4.5.6 Proceso de tamizaje para selección y descarte

Después de completar el período de fermentación de 30 días y realizar las mediciones de los parámetros fisicoquímicos de los 18 biofermentos se analizaron los datos del diseño experimental.

Para el análisis se utilizó el programa estadístico Statgraphics. A partir de las combinaciones del diseño experimental de cribado presentadas en la Tabla 5, junto con los datos obtenidos en la última medición de los biofermentos, se realizó un análisis de tamizaje de efectos. Consecuentemente, se

seleccionaron los tratamientos T2, T4, T8 y T11 para su posterior aplicación y evaluar el efecto del estos en la solubilización de minerales y su capacidad para hacerlos biodisponibles para las plantas y facilitar su absorción."

4.6 Evaluación de las propiedades solubilizantes del biofermentos a través de la aplicación foliar en plántulas de café.

4.6.1 Diseño experimental

Se realizo un diseño experimental completamente al azar con los cuatro tratamientos seleccionados y descritos posteriormente, más la presencia de dos testigos de referencia para comparar los efectos de los tratamientos, el testigo uno consistió en una mezcla de harina de rocas con agua destilada y el segundo testigo no tuvo aplicación alguna. El montaje del experimento se hizo en uno de los bancales del vivero que se encuentra en la finca agroecológica.

Para evaluar el potencial de las fórmulas en la solubilización de nutrientes, medida a través de la absorción foliar, se aplicaron a plántulas de café de la variedad Ihcafé 90, como unidades experimentales, traídas de una cooperativa de productores de café de la zona. Esta variedad, reconocida por su resistencia y alto rendimiento en cultivo, fue seleccionada para garantizar la consistencia y relevancia de los resultados. Las plántulas, con una edad de seis meses, se mantuvieron en bolsas de crecimiento durante el experimento.

Cada tratamiento se conformó de un grupo de 5 plántulas de café cultivadas en bolsas individuales. para asegurar su adaptación y minimizar el estrés del traslado, se dejaron aclimatar durante un período de 5 días. Este tiempo de aclimatación permitió que las plantas se ajustaran a las nuevas condiciones ambientales antes de proceder con la primera aplicación de biofermentos, un proceso crucial para su desarrollo y salud.

4.6.2 Aplicación foliar de las fórmulas de los biofermentos

Se realizaron aplicaciones mediante pulverización foliar, administrando 100 ml de una solución de biofertilizante al 10% en cada unidad experimental. La aplicación se efectuó con un pulverizador manual a presión, distribuyendo la solución sobre cada unidad experimental durante 14 segundos a una presión constante. Antes de la aplicación, se realizó una prueba preliminar para determinar el tiempo exacto necesario para rociar 100 ml de la solución.

4.7 Análisis foliar

Se efectuó un análisis foliar para el diagnóstico nutricional de las plantas, permitiendo evaluar el efecto de las fórmulas en la solubilización de nutrientes. Este procedimiento implicó medir el contenido total de macronutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio, así como de micronutrientes como cobre, zinc, manganeso y hierro, en las hojas de las plantas. A través de métodos químicos específicos descritos posteriormente.

4.7.1 Toma de muestras

La toma de muestras se realizó 15 días después de la primera aplicación, de cada unidad experimental se tomaron dos hojas para obtener diez hojas por tratamiento. El proceso se realizó a partir de las siguientes instrucciones:

1. Se seleccionaron hojas sanas y representativas de tercer o cuarto par de hojas iniciando del ápice hacia abajo, cortando el peciolo de cada hoja con guantes estériles y tijeras de acero.
2. Luego se limpió el polvo de las hojas con una brocha de cerda blanca para evitar dejar residuos.
3. Se colocaron las hojas en bolsas de papel Kraft.
4. Después se procedió al etiquetado de cada muestra con información relevante.

El mismo día de tomadas las muestras fueron transportadas al Laboratorio de análisis de suelos agrícolas PhD. Elio Durón Andino de la Universidad Nacional de Agricultura.

4.7.2 Análisis de laboratorio

Una vez en el laboratorio, se pesó cada muestra junto con la bolsa utilizando una balanza analítica. Luego, las muestras se lavaron con agua destilada y colocadas en bandejas para su secado en un horno de convección a 60 °C durante 24 horas. Después del secado, se pesaron nuevamente las muestras secas y se procedió a triturarlas en un molino tipo Wiley. Finalmente, se pesó solamente las bolsas en las que se encontraban, esto para tener dato del porcentaje de humedad de las muestras.

Se empleo la digestión seca para descomponer la materia orgánica y convertir los nutrientes en formas solubles que pueden ser analizadas en cada muestra, se realizaron dos repeticiones lo que aumentara el número de observaciones a 24. EL procedimiento de esta técnica consta de los siguientes pasos:

1. Se pesaron 0,5 g de material seco y molido.
2. Este material se transfirió a un crisol de porcelana rotulado y se colocó ordenado en una mufla eléctrica.
3. La temperatura se incrementó gradualmente al incorporar las muestras a la mufla hasta alcanzar una temperatura de 200 °C y se esperó por una hora y media, al pasar ese tiempo se aumentó la temperatura a 500 grados y se dejó incinerar durante 3 horas.
4. Después de enfriar a temperatura ambiente, se agregó 25 mL de HNO₃ 1 M a cada uno de los 24 crisoles.
5. La solución resultante se filtró en un matraz aforado de 50 mL, añadiendo porciones de HNO₃ 1 M según sea necesario hasta alcanzar la capacidad máxima.
6. Finalmente, y se transfirió a un tubo de centrifuga de 50 mL.

Las técnicas de laboratorio para determinar la presencia de minerales en las muestras resultantes de la digestión seca fueron la espectroscopia de absorción atómica y la espectroscopia de ultravioleta visible, mediante un espectrómetro de absorción atómica novAA® 800 F atómica y un Espectrofotómetro UV- VIS Doble Haz SPECORD 210 PLUS.

Se recibieron datos de laboratorio correspondientes a las concentraciones de macro y micronutrientes en los tejidos vegetativos de las plántulas. Estos datos fueron organizados en una base de datos estructurada para su análisis estadístico (Anexo 6).

4.7.3 Interpretación de los resultados

Para la interpretación de los resultados se realizó un análisis de varianza utilizando el software estadístico INFOSTAT, esto permitió determinar la incidencia de los biofermentos en la solubilización de los nutrientes en el tejido foliar de los tratamientos.

Así mismo, se llevó a cabo un análisis detallado con el objetivo de determinar si los tratamientos estudiados cumplían con los requerimientos nutricionales óptimos. Para esto, se utilizó una escala de valoración (Tabla 10) en el cual se clasificó la concentración de cada elemento en tres categorías: alta (a), óptima (o) y baja (b). Los umbrales para estas clasificaciones fueron modificados a partir de los valores citados en la literatura (Tablas 1 y 2).

Tabla 7. Escala de valoración de nutrientes.

Elemento	Escala de valoración		
	baja	óptima	alta
% P	< 0.10	>0.10<0.28	>0.28
% K	< 1.5	>1.5<2.60	>2.60
% Ca	< 0.5	>0.5<2.0	>2.0
% Mg	< 0.30	>0.30<0.60	>0.60
mg/Kg de Fe	< 80	>80<140	>140
mg/Kg de Mn	< 70	>70 <220	>220
mg/Kg de Cu	< 10	>10<25	>25
mg/Kg de Zn	< 10	>10<50	>50

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se analizan los resultados obtenidos a través de las entrevistas realizadas.

5.1 Identificación de las especies de frutales incorporadas en las fincas agroforestales de café en la biosfera del río plátano

Las fincas estudiadas tienen área de sistemas agroforestales (SAF) con café que varían desde 1.046 ha (1.5 manzanas) hasta 3.486 ha (5 manzanas) del total que poseen, incluidos otros sistemas observados como potreros, cultivos anuales y sistemas agroforestales con cacao. Esta variabilidad en el tamaño de las áreas dedicadas a SAF refleja una diversidad de las prácticas agrícolas dentro de la región, donde los agricultores han adoptado diferentes estrategias para combinar cultivos de café con árboles frutales u otras especies vegetales, promoviendo así sistemas más sostenibles y diversificados en sus parcelas.

En las fincas visitadas, se observó la existencia de diversidad de especies integradas en el sistema agroforestal, se mencionaron especies como limón (*citrus limon*), aguacate (*Persea americana*), plátano (*Musa balbisiana*), cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa paradisiaca*), guayaba (*Psidium guajava*), naranja (*Citrus sinensis*), mango (*Mangifera indica*), toronja (*Citrus Paradisi*) etc., de estas, el banano y plátano son las especies que en un 90% de las respuestas fueron mencionadas tal y como se presenta en la nube de palabras de la figura 5. También destacan el aguacate y cacao mencionados en múltiples ocasiones.

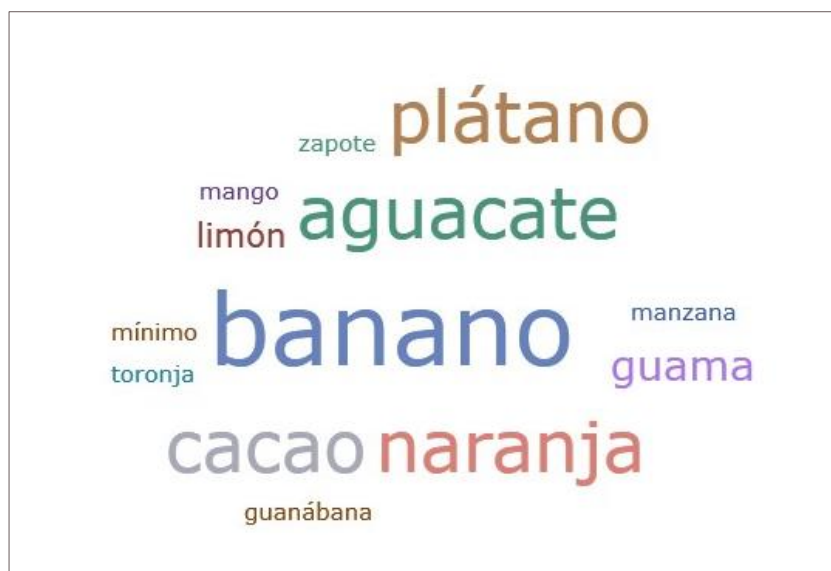


Figura 5. Nube de palabras

5.1.1 Pérdidas de musáceas en cosecha y postcosecha

Se estimó que, en promedio, en los Sistemas Agroforestales (SAF) de café hay 138 plantas de musáceas por hectárea. Cada planta produce un racimo al año.

En cuanto al destino de la producción, se determinó que el consumo familiar constituye, en promedio, el 51.8% del total producido, con un rango que varía entre el 3% y el 100%. De las fincas entrevistadas, solo dos reportaron la venta de su producción, representando un promedio del 8.5% de su producción total, con un valor mínimo de 35% y el máximo del 50%. En estas ventas se priorizan los frutos de mejor calidad.

El resto de la producción, es decir, un 39.7%, se pierde. Los valores mínimos y máximos reportados por los entrevistados respecto a las pérdidas varían, con algunos mencionando pérdidas mínimas del 0% y máximas de 97%. Un estudio publicado por la FHIA (Fundación Hondureña de

Investigación Agrícola) en 2002, titulado “Programa de Banano y Plátano” revela que un racimo de banano pesa aproximadamente 48Kg, a partir de esto se estima que en las fincas que integran estos sistemas pueden llegar a perderse y/o desperdiciarse un promedio de 2.64 toneladas/ha por año de banano.

Estas pérdidas se atribuyen principalmente a la falta de mercado. Los productores mencionaron que, ante la falta de demanda, las frutas se dejaban en las matas o se utilizaban para el consumo animal. Cabe destacar que solo una persona utilizaba las frutas para hacer abono, aunque no contaba con un procesamiento adecuado para este fin. Adicionalmente, otro factor que contribuye a la pérdida de estas frutas es la carencia de mano de obra disponible para la cosecha del café, lo que resulta en el abandono y deterioro de la producción.

5.2 Parámetros de los biofermentos elaborados.

Se realizó un análisis detallado de los datos obtenidos para los parámetros fisicoquímicos de los biofermentos (Contenido de alcoholes, pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura). Durante este análisis, se identificaron y evaluaron los factores iniciales que influían en cada tratamiento, permitiendo seleccionar aquellos que serían aplicados en el experimento de prueba.

a) Contenido de alcohol

En las mediciones efectuadas para la variable de contenido de alcoholes, se encontró que los datos fueron consistentemente cero en todos los tratamientos y en ambas ocasiones de medición. Esto se debió a la interrupción de las condiciones óptimas para el crecimiento de las levaduras durante la fermentación, causada por la incorporación de harina de rocas de origen calcáreo y el contacto con el aire al destapar el recipiente.

Mera (2013), menciona que el proceso de glucólisis fermentativa puede verse limitada debido a la

interrelación de diversos factores. Las principales limitaciones incluyen la resistencia de las levaduras a altas concentraciones de etanol, la influencia del pH del sustrato, la concentración de azúcares, el contacto con el aire y la temperatura, así como el ritmo de crecimiento de las cepas. Además, Dombek e Ingram (1986), en su estudio la adición de magnesio puede reducir la disminución de la actividad fermentativa, durante la finalización de las fermentaciones.

b) pH

El análisis de la varianza (ver Anexo 7) mostró diferencia altamente significativa para el factor Material, y los Grados Brix, (p-valor de 0.0001), tienen un impacto estadísticamente significativo sobre el pH del fermento. De igual formas, las interacciones entre Material y Grados Brix (p-valor de 0.0011) y Grados Brix y Levadura (p-valor de 0.0208).

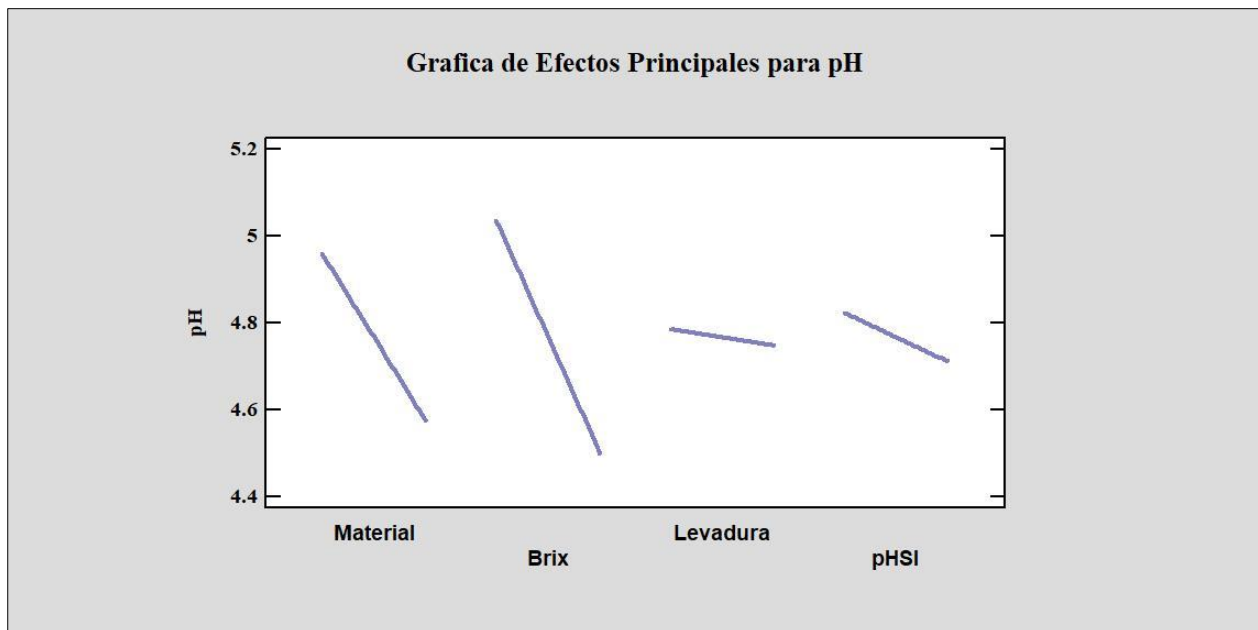


Figura 6. Gráfica de efectos principales para pH.

Aquellos tratamientos que se elaboraron con la cáscara tendieron a aumentar o estabilizar el pH

antes que la pulpa (Figura 6). En particular, tratamientos cuyo pH inicial fue de 4.6 aumentaron hasta llegar a valores de 5.3. Según Bencosme (2023), en su trabajo "Producción de vinagre a partir de la fruta y cáscara de banano", obtuvo valores de pH con la cáscara mayores a 5. Sin embargo, el vinagre producido a partir de la pulpa presenta un pH más ácido, alrededor de 4. 1

Los brix, como factor principal, influyeron significativamente en el pH durante la fermentación. El gráfico de efectos principales indica que los fermentos elaborados con 15 brix mostraron valores de pH más altos (ver Figura 6). En particular, los fermentos con un pH inicial de 4.6 y 15 brix experimentaron un aumento en el pH, mientras que aquellos con un pH inicial de 5.2 y 15 brix mantuvieron su pH en un 50% de los casos. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Betancourt et al. (2003), que observaron que variaciones en melaza y ácido fórmico influían en el pH final, obteniendo un pH de 5.2 con el nivel más bajo de melaza en la producción de micropilos.

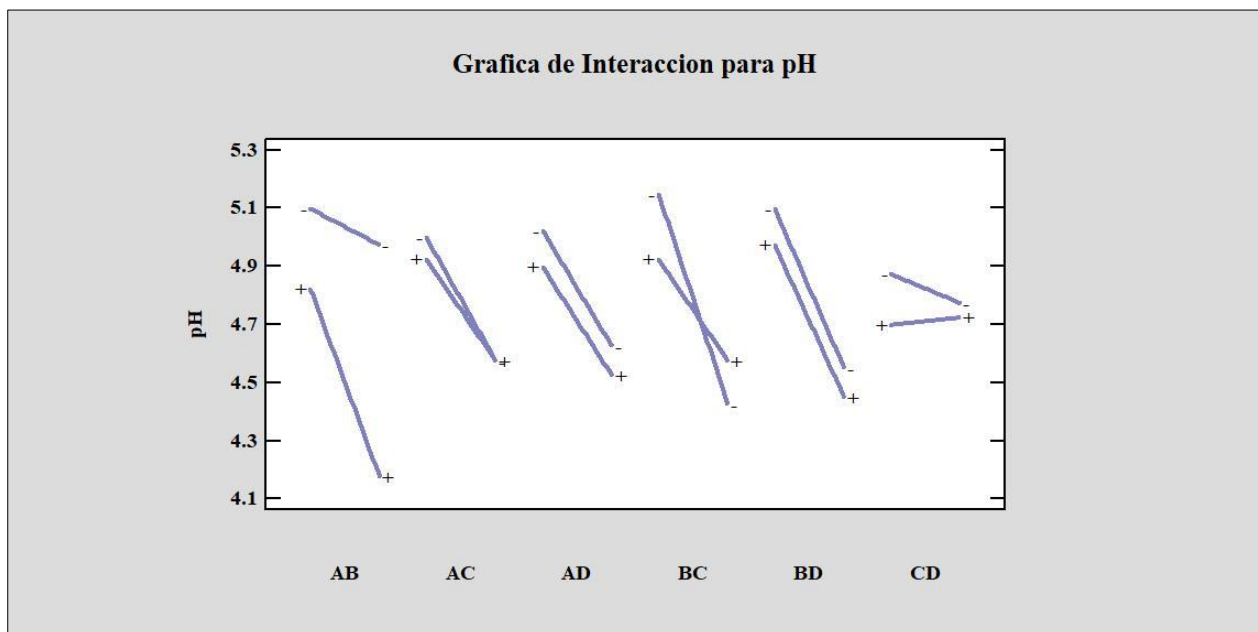


Figura 7. Gráfica de interacciones entre los factores para pH.

En cuanto a las interacciones significativas (ver Figura 7), el efecto de los niveles de azúcar (Brix) en el pH del fermento varía según la materia prima. Con cáscara, el pH se mantiene constante en niveles altos y bajos de Brix, mientras que, con pulpa, el pH disminuye a niveles altos de Brix. Además, la combinación de Brix y levadura muestra que el aumento del pH ocurre a 15 Brix, independientemente de la cantidad de levadura utilizada. Según Calderón 2023, conforme aumenta la cantidad de melaza en cada tratamiento, los organismos tienen más fuente de carbono para realizar la fermentación, por lo que se observa que las concentraciones de brix son factor dominante el comportamiento del pH.

c) Conductividad eléctrica

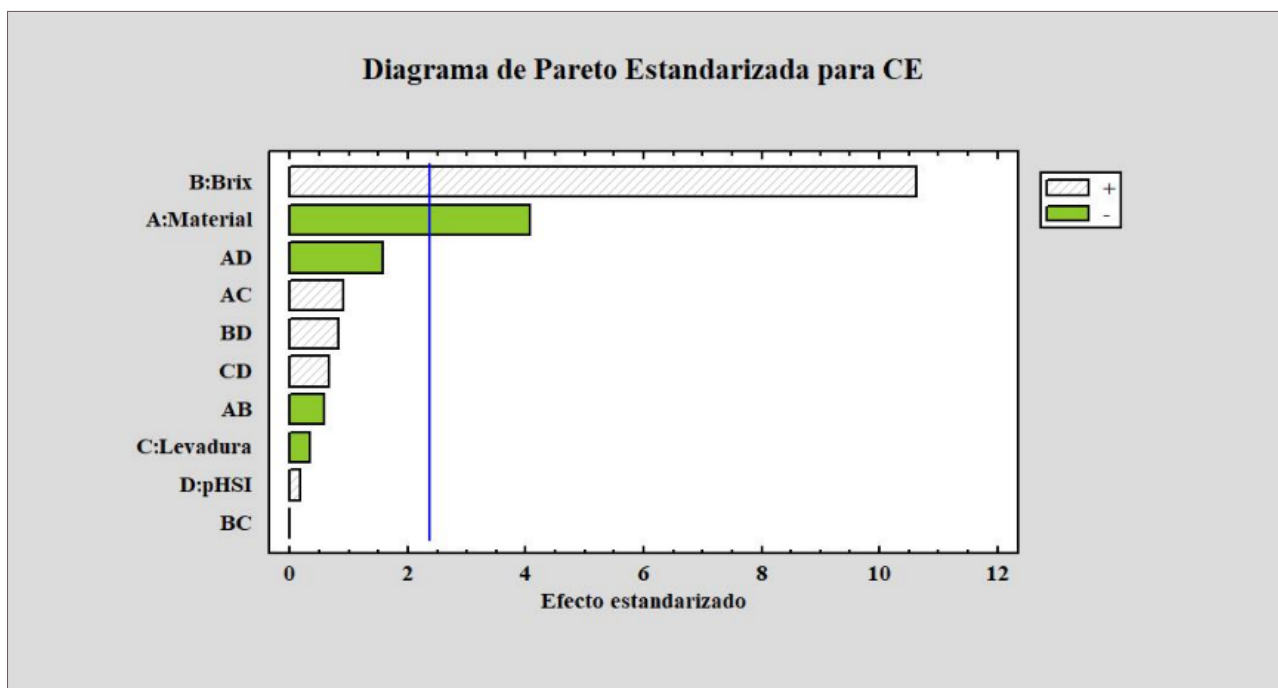


Figura 8. Diagrama de Pareto estandarizado para CE.

Para la variable CE (conductividad eléctrica), el análisis de la varianza evidencia que los factores principales Material y Brix (ver Figura 8) exhiben diferencia altamente significativa (p-valor de 40

0.0004 y 0.0000) (Anexo 8). La conductividad eléctrica aumenta con la inclusión de cáscara y con un incremento en la concentración de brix (ver Figura 9).

En el estudio de Gamarra (2014) sobre el uso de cáscaras de banano para la descontaminación del agua con metales pesados, se observó que la conductividad del agua aumenta a medida que se incrementa la dosis de cáscaras de banano utilizadas. No solo la cáscara de banano purifica el agua, sino también puede llegar a estabilizar el pH, aunque incrementa la conductividad eléctrica del agua, debido a la cantidad de sales presentes en la misma.

La cáscara de banano contiene un alto valor nutricional, incluyendo vitaminas, minerales, fibras, aminoácidos y pectinas (Zambrano, 2021). La pectina proporciona superficies cargadas que regulan el pH y el equilibrio iónico (Villamar, 2024). Por otra parte, los estudios sobre la aplicación de harina de cáscara de banano para adsorber plomo del agua del río Tingo Maygasbamba (Cerna, 2019) indican que el tratamiento con la mayor dosis aplicada tiende a aumentar la conductividad eléctrica. Además, otro estudio sobre la elaboración de biochar a partir de la cáscara de banano en suelos mostró un aumento en la conductividad eléctrica, debido a que el carbón vegetal con un contenido significativo de cenizas tiene una mayor probabilidad de elevar los sólidos disueltos, ya que las sales solubles se miden como cenizas (Constante y Machado, 2020). Estos sólidos disueltos se deben a la presencia de potasio, magnesio y calcio en la cáscara de banano.

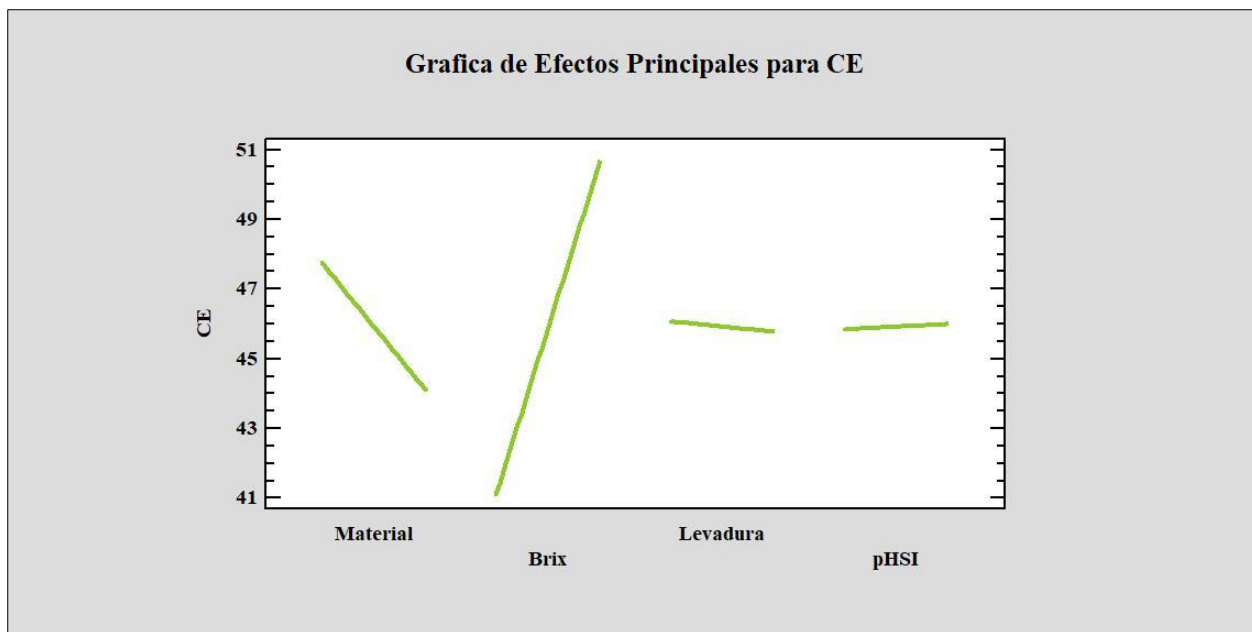


Figura 9. Gráfica de efectos principales entre los factores para CE.

La conductividad eléctrica de una solución depende de la presencia de iones disueltos que puedan transportar carga eléctrica. Por lo tanto, al aumentar la concentración de azúcares (brix), es posible que también aumento la concentración de otros solutos o iones presentes en la melaza que capaces de conducir electricidad (Ver figura 9). Estos datos están en consonancia con los obtenidos por Changoluisa (2014), quien observó que la conductividad eléctrica aumenta con la concentración de brix en miel de panela y jarabe de azúcar. Sin embargo, se destaca que, al superar los valores de brix mayores de 20, la conductividad eléctrica disminuye.

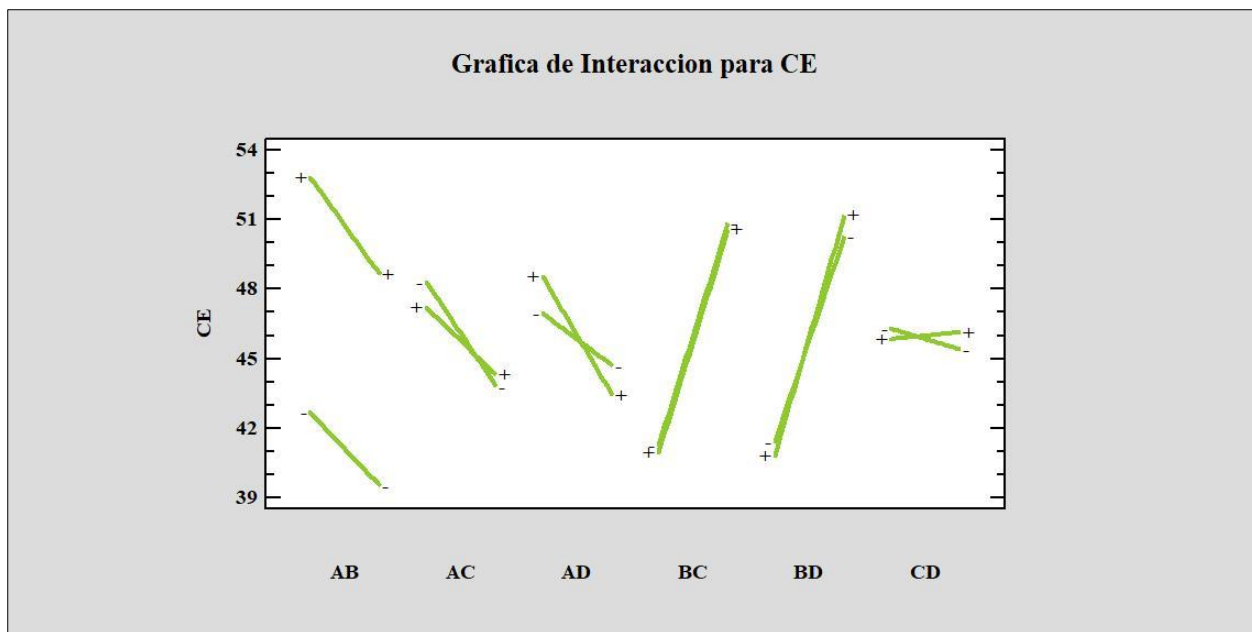


Figura 10. Gráfica de interacciones entre los factores para CE.

Aunque las interacciones no fueron estadísticamente significativas, se observó que todas aquellas interacciones donde el material incide, siempre en su nivel bajo se produce que la CE aumente. Con respecto al Factor B, en ambas interacciones BC y BD, en su nivel más alto refleja una mayor conductividad entre los factores.

d) Temperatura.

Para la temperatura, el ANOVA (Anexo 9) reveló que ninguno de los factores principales tuvo un efecto significativo. Esto indica que, individualmente, las variaciones en el material, el brix, la levadura y el pH no provocaron cambios estadísticamente significativos en la temperatura observada., que tuvo valores que oscilaban en valores de 25.7°C a 27. 6°C

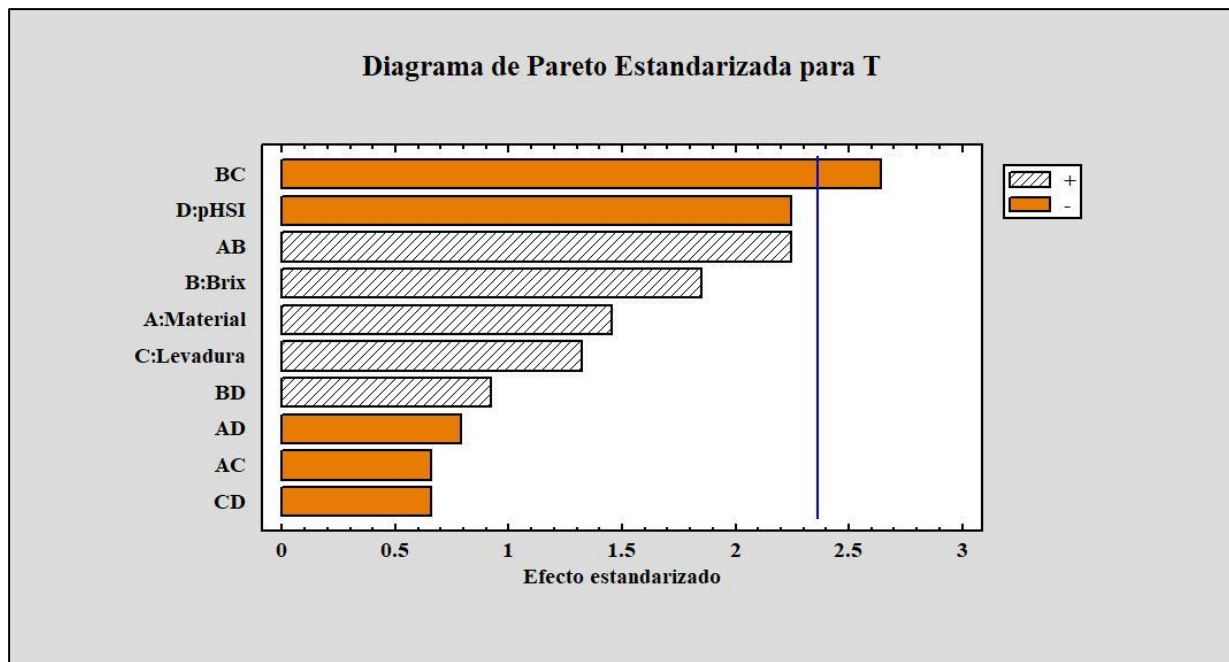


Figura 11. Diagrama de Pareto estandarizado para T.

Sin embargo, se identificó una interacción significativa entre los factores B (Brix) y C (Levadura), con un valor p de 0.0578, los valores más altos de temperatura se relacionan a aquellos tratamientos donde se utilizaron brix de 20 sin importar los niveles usados de levadura.

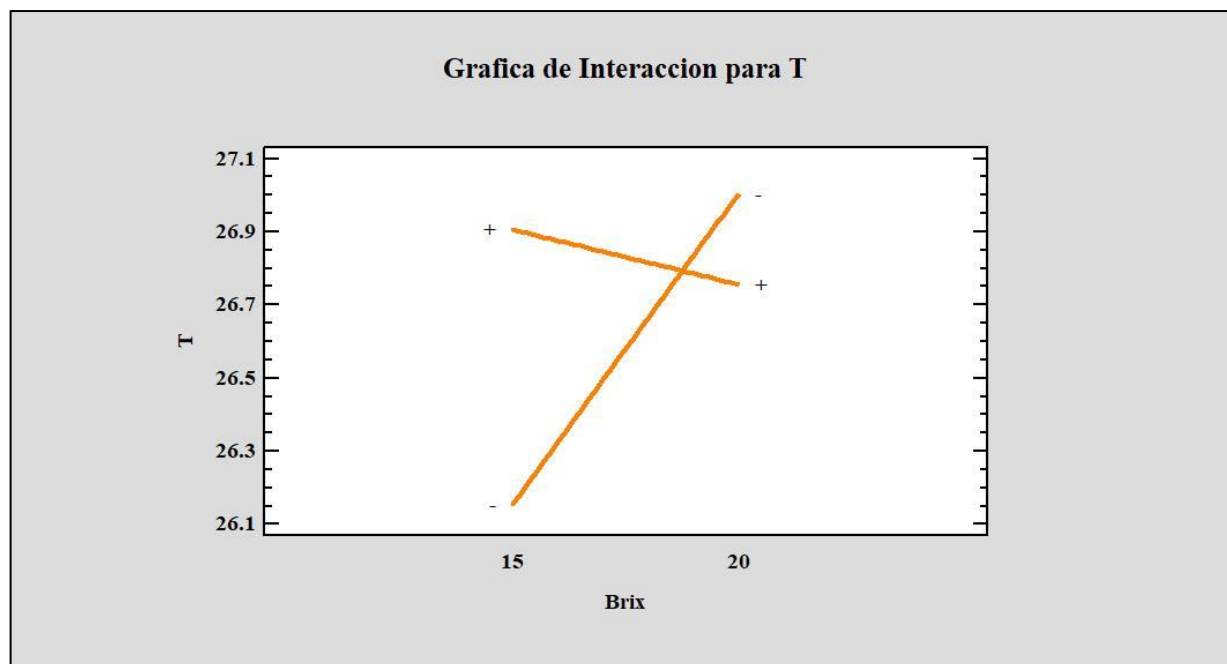


Figura 12. Gráfica de interacción para T.

Sin embargo, se identificó una interacción significativa entre los factores B (Brix) y C (Levadura), con un valor p de 0.0578, los valores más altos de temperatura se relacionan a aquellos tratamientos donde se utilizaron brix de 20 sin importar los niveles usados de levadura.

5.3 Selección de los tratamientos para el análisis foliar

Los datos obtenidos por López (2023) para pH fueron 5.88 y para conductividad eléctrica 69.67 mS/cm a los 30 días de fermentación, lo que indica la presencia de un biofertilizante con características salinas. En comparación, los tratamientos estudiados mostraron pH en rangos de 4.1 a 5.3 y conductividad eléctrica de 37.2 a 55.5 mS/cm, datos que son aproximadamente similares a los resultados mencionados anteriormente.

Tras haber analizado los parámetros fisicoquímicos de todos los tratamientos, se seleccionaron

cuatro de ellos para llevarlos a la etapa de aplicación, las características que se tomaron en cuenta fueron los niveles de más altos y aquellos que tenían una conductividad eléctrica alta, estos tratamientos tuvieron parámetros descritos en la siguiente tabla:

Tabla 8. Tratamientos electos para llevar a aplicación

Tratamiento	Nomenclatura	pH	CE	T
T2	TratD	4.9	52.2	26.3
T4	TratC	5	52.8	26.2
T8	TratO	4.9	50.7	26.6
T11	TratOn	4.6	55.5	26.8

5.4 Análisis nutricional de tejidos vegetativos de plántulas de café

En el análisis de varianza para cada elemento (ver Anexo 7), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, a excepción del elemento zinc, ($p > 0.05$) (Tabla 8). Estos resultados fueron influenciados por varios factores, entre ellos, el número de réplicas que provocó varianzas elevadas debido a la falta de información suficiente para los análisis. Asimismo, la cantidad de aplicaciones y el origen de las plantas utilizadas en el experimento también jugaron un papel crucial, ya que estas plantas habían sido previamente tratadas con fertilizantes convencionales.

En la tabla... se muestran las medias de las concentraciones de macro y micronutrientes por tratamiento después de las aplicaciones con biofermentos. Con estos valores, fue posible identificar cuáles tratamientos lograron los mejores resultados en disponibilidad de nutrientes.

Tabla 9. Concentraciones de nutrientes promedio por cada tratamiento.

Tratamientos	Medias							
	%				mg/Kg			
	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
TratD	0.15	2.77	1.28	0.33	138.60	37.25	43.22	4.07
TratC	0.17	2.95	1.18	0.35	127.10	28.95	43.50	5.21
TratO	0.15	2.66	1.19	0.34	119.95	18.85	48.77	7.53
TratOn	0.12	2.98	1.14	0.34	126.45	10.06	44.44	5.26
TestU	0.16	2.70	1.29	0.31	156.76	35.64	46.79	2.88
TestD	0.13	2.58	1.30	0.34	107.25	6.23	47.64	5.70
p-valor	0.2540	0.7324	0.8277	0.8553	0.3106	0.4861	0.8693	0.0101

5.4.1 Macronutrientes

El análisis estadístico de los elementos fósforo, potasio, calcio y magnesio mostró variaciones en sus concentraciones foliares entre los tratamientos. Para el fósforo, las medias oscilaron entre 0.12 y 0.17, destacándose el tratamiento cuatro con la mayor concentración, mientras que el tratamiento once presentó los niveles más bajos. En cuanto al potasio, las concentraciones foliares estuvieron bastante estables entre los tratamientos, con promedios entre 2.58 y 2.98 %, siendo el tratamiento once el que alcanzó la mayor concentración de K, mientras que el testigo dos, sin aplicación de ningún preparado, tuvo la mínima. Para el calcio, las concentraciones medias variaron ligeramente entre 1.14 y 1.30, con el testigo dos mostrando la mayor media. Finalmente, las concentraciones de magnesio fueron similares entre los tratamientos, con valores promedio entre 0.31 y 0.35. Esto sugiere que la mayoría de los elementos mantuvieron concentraciones relativamente constantes, con algunas excepciones notables en casos específicos.

Graficos de cajas de macronutrientes

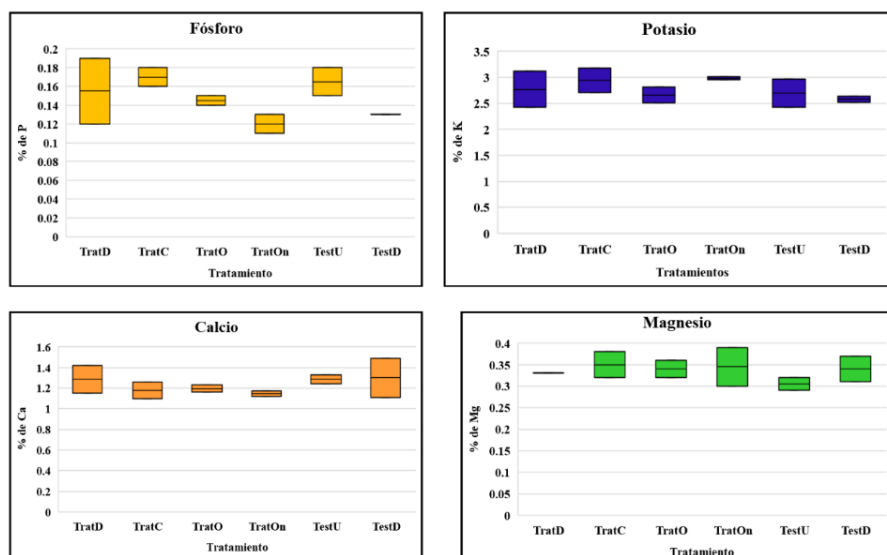


Figura 13. Gráfico de cajas para macronutrientes.

5.4.2 Micronutrientes

El análisis estadístico de los micronutrientes en las concentraciones foliares reveló variaciones significativas entre los tratamientos. Para el hierro, las medias oscilaron entre 107 y 156 ppm, con los valores más altos en el testigo uno y los más bajos en el testigo dos. En el caso del manganeso, las medias variaron entre 6.23 y 37.2 ppm, destacándose el testigo dos con la concentración más baja y el tratamiento dos con la más alta. Para el cobre, las medias estuvieron entre 43.22 y 48.77 ppm, siendo el tratamiento ocho el que mostró las mayores concentraciones. En cuanto al zinc, las medias variaron entre 5.70 y 2.88 ppm, con diferencias significativas observadas entre el TratO y el TestU, alcanzando concentraciones de hasta 7.53 mg/kg y 2.88 mg/kg respectivamente.

Graficos de cajas de micronutrientes

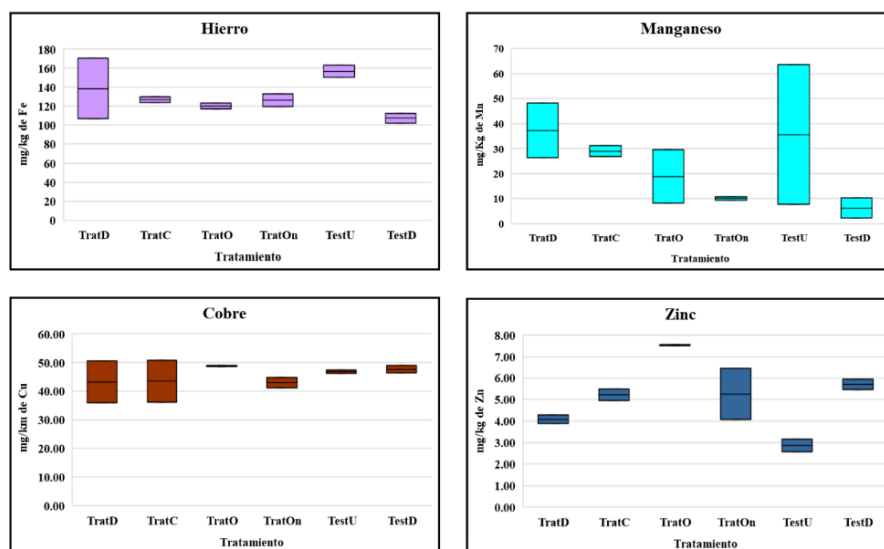


Figura 14. Gráfico de cajas para micronutrientes.

Los tratamientos mostraron un impacto más significativo en las concentraciones y varianzas de micronutrientes como hierro, manganeso, cobre y zinc, en comparación con los macronutrientes. Esto está en línea con lo señalado por Orozco y Calvo (2019), quienes destacan que la aplicación foliar es un método altamente eficaz para satisfacer las necesidades de nutrientes secundarios como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), así como de micronutrientes como zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B) y molibdeno (Mo). Además, complementa los requerimientos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) mientras las plantas se encuentran durante los periodos críticos de su crecimiento.

5.4.3 Evaluación comparativa de datos experimentales con valores referencia.

Tratamiento	Tabla de valoración del estado nutricional de los tratamientos							
	%				mg/Kg			
	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
TratD	0.15 o	2.77 a	1.28 o	0.33 o	0.15 o	2.77 b	1.28 a	0.33 b
TratC	0.17 o	2.95 a	1.18 o	0.35 o	0.17 o	2.95 b	1.18 a	0.35 b
TratO	0.15 o	2.66 a	1.19 o	0.34 o	0.15 o	2.66 b	1.19 a	0.34 b
TratOn	0.12 o	2.98 a	1.14 o	0.34 o	0.12 o	2.98 b	1.14 a	0.34 b
TestU	0.16 o	2.70 a	1.29 o	0.31 o	0.16 a	2.70 b	1.29 a	0.31 b
TestD	0.13 o	2.58 o	1.30 o	0.34 o	0.13 o	2.58 b	1.30 a	0.34 b

(a= alta, o=óptima, b=baja)

Tabla 10. Tabla de valoración para analizar el estado nutricional de las plantas bajo las aplicaciones de los tratamientos.

De las valoraciones obtenidas se observa que los tratamientos 2, 4, 8 y 11 presentaron concentraciones óptimas para los elementos P, Ca, Mg y Fe, mientras que mostraron concentraciones bajas de Mn y Zn, y concentraciones altas de K y Cu. Por otro lado, el testigo uno presentó concentraciones óptimas de P, Ca y Mg, concentraciones bajas de Mn y Zn, y concentraciones altas de K, Fe y Cu. Finalmente, el testigo dos mostró concentraciones óptimas de P, K, Ca, Mg y Fe, concentraciones bajas de Mn y Zn, y una concentración alta únicamente del elemento Cu.

VI. CONCLUSIONES

1. La evaluación química del proceso de fermentación reveló que el uso de cáscara de banano puede modificar significativamente la composición química del biofermento, lo que incluye un incremento en la concentración de ácidos orgánicos. Estos cambios son fundamentales para entender cómo los procesos de fermentación pueden ser ajustados para maximizar la solubilidad de nutrientes.
2. El análisis de los biofermentos aplicados en plántulas de café mostró que algunos tratamientos lograron incidir en la disponibilidad de nutrientes, especialmente en el caso del zinc, que presentó diferencias significativas en comparación con otros tratamientos. Sin embargo, la variabilidad en los resultados debido a factores como el número de réplicas y el origen de las plantas indica la necesidad de más investigación para optimizar el uso de biofermentos en estos contextos.
3. La cáscara de banano, un subproducto agrícola abundante, tiene un notable potencial como sustrato en la elaboración de biofertilizantes, por su alto contenido nutricional.
4. La pérdida significativa de banano en fincas agroforestales puede convertirse en una oportunidad al utilizar los residuos en procesos de fermentación, creando productos agronómicos de alto valor que enriquecen las plantas y promueven la sostenibilidad.
5. La falta de un mercado adecuado para el banano no cosechado lleva a desperdicio y pérdidas económicas, subrayando la necesidad de desarrollar mercados locales o transformar el banano en productos con valor añadido.

VII. RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores relacionados a este trabajo:

1. Para la entrada de aire al recipiente donde se almacena el biofermento, con el objetivo de oxidar los alcoholes, se sugiere utilizar un mecanismo que evite y asegure la no contaminación del biofertilizante.
2. Realizar mediciones de las características químicas de los biofermentos antes y después de la aplicación de harina de rocas para observar cómo se comportan las características químicas tras la adición de minerales.
3. Utilizar una mayor cantidad de réplicas para obtener información homogénea sobre el contenido de minerales o nutrientes en los tejidos foliares de las plantas en que se ensayen los tratamientos.
4. Emplear plantas que no hayan sido tratadas previamente con fertilizantes convencionales.
5. Realizar ensayos extendidos con mayor duración y frecuencia de aplicaciones de estos bioinsumos para evaluar su eficacia. Esto permitirá desarrollar una metodología basada en evidencia, que pueda ser transferida a las comunidades, proporcionando una guía práctica para optimizar el uso de sus recursos locales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. _____. (2019). *EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION*. s.l., s.e.
2. _____. 2012. *ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA*. s.l., s.e.
3. Alberto, O; Larios, C. (2001). *ANALISIS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVO DE LA FINCA AGROPECUARIA «MATIS» DEL MUNICIPIO DE SIUNA-RAAN, PERÍODO PRIMER SEMESTRE, 20111*. Siuna, s.e.
4. Allinne, C. (2018). *¿LOS BIOLES, UN INSUMO VALIOSO PARA UNA CAFICULTORA SOSTENIBLE Y ORGANICA?* Turrialba, s.e.
5. Andreu, M; Saavedra, R. 2022. *The role of ferments in food sustainability*. *Nutrición Hospitalaria*. DOI: <https://doi.org/10.20960/nh.04313>.
6. Anny González Santana, R; Ana María Frígola Cánoves Dra María José Esteve Más Jesús Blesa Jarque, D. (2022). *Evaluación nutricional, impacto ambiental y desperdicio alimentario del estudiante universitario*. Burjassot, s.e.

7. Arath Grageda-Cabrera, O; Díaz-Franco, A; José Peña-Cabriales, J; Antonio Vera-Núñez, J. 2012. *Impacto de los biofertilizantes en la agricultura* Impact of biofertilizers in agriculture. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(6):1261-1274.*
8. ARAYA ALPIZAR, F. 2010. *PRODUCCION Y CARACTERIZACIÓN DE BIOLES PARA SU USO EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa sp), RIO FRIO, SARAPIQUI, HEREDIA, COSTA RICA. s.l., INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA SEDE REGIONAL SAN CARLOS. 180 p.*
9. Azucena, E; Franco, C; Raúl, W; Orrala, L; coronel Franco, EA; Lavayen Orrala, WR; De Organización, C; Comunitario, D. (2016). *CONTAMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS Y SU AFECTACIÓN AL AMBIENTE DEL BARRIO VINICIO YAGUAL II-CANTÓN SALINAS. NOTA DE LOS AUTORES. s.l., s.e.*
10. Benavides Martín, MA. 2019. *Aplicación de la fermentación láctica como estrategia de transformación y valorización de matrices vegetales. Barcelona, España, Universitat Politècnica de Catalunya. 252 p.*
11. Boronat Gil, R; López Pérez, JP. 2011. *El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias :111-114.*
12. Chavez Galaviz, A; Torres Rueda Lucia; Sanchez Gracia Adan. 2020. *Producción de biofertilizante a partir de residuos organicos en cultivo de maíz. Revista Ingeniantes 2(7):15-19.*
13. Chucos Palomino, AA. 2020. *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del*

botadero “El Porvenir” - El Tambo. Huancayo, Perú, Universidad Continental. 76 p.

14. *Constante Ibarra, GK. 2015. “DETERMINACIÓN DE LA OSMOTOLERANCIA DE NUEVE CEPAS DE LEVADURAS AISLADAS DE FRUTOS DE MORA PARA LA APLICACIÓN INDUSTRIAL EN PROCESOS DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA”. Ambato, Ecuador, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. 91.*
15. *De Anda-Trasviña, A; García-Galindo, E; Peña-Castañón, A; Seminario-Peña, J; Nieto-Garibay, A. 2021. Residuos orgánicos: ¿basura o recurso? Recursos Naturales y Sociedad 7(3):20-42.*
16. *De Grado, T. (2014). UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA. s.l., s.e.*
17. *European Environment Agency. (EEA). (2016). Circular Economy in Europe Developing the Knowledge base EEA Report No. 2.*
18. *FAO. (1969). Los Suelos de Honduras. s.l., s.e.*
19. *Fernández Fernández, S. 2022. “CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS (BAL) PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO (AL) A ESCALA DE PLANTA PILOTO”. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 83 p.*
20. *Fertilab. 2018. Manejo nutrimental del cultivo de café.*
21. *Fonseca Figueroa, AP. 2023. Alternativas para el aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos-RSO en Bogotá: Enfoque de economía circular. Bogota, Colombia,*

Universidad Nacional de Colombia. 85 p.

22. Fraire, M; Moine, MB; Tamagno, MV; Peralta, S. 2023. De la economía lineal a la economía circular. Caracterización y beneficios del modelo circular. *Paralelismo con el modelo lineal. TERRITORIOS PRODUCTIVOS. Debates y reflexiones en torno a la producción y el trabajo* :8-26.
23. Funes-Pinter, I; Salomón, MV; Martín, JN; Uliarte, EM; Hidalgo, A. 2022. Effect of bioslurries on tomato *Solanum lycopersicum* L and lettuce *Lactuca sativa* development. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 54(2):48-60. DOI: <https://doi.org/10.48162/rev.39.082>.
24. Garcia, CA; Arrázola, GS; Durango, AM. 2010. PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO POR VÍA BIOTECNOLÓGICA. s.l., TEMAS AGRARIOS, vol.15.
25. Garnero, G. 2023. Ambiente y sustentabilidad: Aportes desde la Historia Ambiental. *Estudios Rurales. Publicación del Centro de Estudios de la Argentina Rural* 13(27):1-13.
26. Gascón, J; Solà, C; Larrea, C. (2021). «No es negociable con ellos» Desperdicio alimentario y relaciones de poder en la cadena agroalimentaria. s.l., s.e.
27. Gerard, LM. 2015. CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS DEL ÁCIDO ACÉTICO DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE VINAGRES DE FRUTAS. s.l., Universidad Politécnica de Valencia. 264 p.
28. González-Maquez, LC; Félix-Gastelum, R; Sandoval-Romero, JA; Escobedo-Ureña, DC; Longoria-Espinoza, RM. 2021.

Characterization of biofertilizers used in the agricultural valley of Guasave, Sinaloa, Mexico. Terra Latinoamericana 39. DOI: <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.859>.

29. *Gonzales Rengifo, GF; Gonzales Castañeda, C; Espinosa Guerinon, D; Rojas Tubeh, C. 2007. Sobre expresión de genes de las enzimas de la vía glicolítica en células cancerígenas. :187-197*
30. *Guerra, EX; Ripe Gutiérrez, MA; Cervantes Díaz, M. 2020. Análisis de datos de la obtención de ácido láctico a partir de residuos de piña (Ananas comosus). Revista Agunkuyâa 10(2). DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1905>.*
31. *Guerrero Hernandez, CG. 2001. Rocas calizas: formación, ciclo de carbonato, propiedades... TEMAS de Ciencia y tecnología 5(14):3-14.*
32. *GUÍA TÉCNICA DE BIOFERMENTOS EN BANANO ORGANICO. (2021). s.l., s.e.*
33. *Herrera Cárdenas, RE. 2017. “ELABORACIÓN DE UN ABONO LÍQUIDO A PARTIR DE RESIDUOS DE FRESA (Fragaria x ananassa) POR FERMENTACIÓN LÁCTICA”. Lima, Perú, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE CIENCIAS. 90 p.
a. *Huaral. 2017”. Lima, Perú, Universidad Cesar Vallejo. 115 p.**
34. *Huerta Huayta, IP. 2017. “Recuperación del suelo con un enfoque de economía circular ambiental a partir de biofermentos de residuos orgánicos en Esperanza Alta*
35. *IHCAFE. (2021). INFORME ESTADISTICO 2020-2021. s.l., s.e.*

36. Jazmín-Marín, D. 2019. *Impacto del Uso de Biofertilizantes a Base de Residuos Orgánicos en los Suelos*. CONCIENCIA TECNOLÓGICA (58):47-40.
37. Jenny Gustavsson Christel Cederberg Ulf Sonesson, por. 2012. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. s.l., s.e.
38. Jiménez Herrero, LM. 2020. *ECONOMÍA CIRCULAR-ESPIRAL. OPCIONES ESTRATÉGICAS DESDE EL RECICLAJE AL CAMBIO SISTÉMICO*. ECONOMIA SIN FRONTERAS (37):7-15.
39. López de la Maza, LE; Zumalacárregui de Cárdenas, L; Pérez Ones, O. 2019. *Application of principal component analysis to alcoholic fermentation*. Revista Científica de la UCSA 6(2):11-19. DOI: <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2019.006.02.011-019>.
40. López Pérez, JP; Boronat Gil, R. 2013. *Estudio de la inhibición de la respiración/fermentación en células de levadura por fluoruro de sodio*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 10(1):133-138.
41. Luelmo Bordel, A. 2020. *LA ECONOMIA CIRCULAR*. Valladolid, Universidad de Valladolid.
42. Melo Sabogal, DV; Torres Grisales, Y; Serna jiménez, JA; Torres Valenzuela, LS. 2015. *APROVECHAMIENTO DE PULPA Y CÁSCARA DE PLÁTANO (Musa paradisiaca spp) PARA LA OBTENCIÓN DE MALTODEXTRINA (en línea)*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 13(2):76. DOI: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)76-85](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)76-85).
43. Mengel, K; Kirkby, EA. 2000. *Principios de nutrición mineral*. 4ta ed. Basilea, Suiza,

44. Mera Patiño, NF. 2013. *Universidad del Azuay Facultad de Ciencia y Tecnología Escuela de Ingeniería en Alimentos. Cuenca, Ecuador, Universidad del Azuay.*
45. Merino Pérez, J; Noriega Borge, MJ. s. f. *VIAS METABÓLICAS DE DEGRADACIÓN. s.l., s.e. p. 10.*
46. Milena Marín López Fotografías, S; Sadeghian Archivo Cenicafe Carlos Alberto Gómez A Diagramación, SK; del Rosario Rodríguez, ML. (2013). *ACUMULACIÓN DE CALCIO, MAGNESIO Y AZUFRE EN LOS FRUTOS DE CAFÉ (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.cenicafe.org.*
47. Montero Cedeño, S; Cardoso Galvão, JC; Diniz Melo, CA. s. f. *Vinagre como desecante de plantas de cobertura y su efecto en la actividad microbiana del suelo en sistema de siembra directa.*
48. Montero Cedeño, S; Cardoso Galvão, JC; Diniz Melo, CA; Cañarte Bermúdez, E. 2016. *Vinagre como desecante de plantas de cobertura y su efecto en la actividad microbiana del suelo en sistema de siembra directa. Revista La Técnica :16-25*
- .
49. Naciones unidas. (2023). *The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish. s.l., s.e.*
50. NIETO GALARZA, HO. 2009. *Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando Saccharomyces cerevisiae y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol. SANGOLQUI, ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO. 123 p.*

51. O'Neill, B; Ramos-Abensur, V. (2022). *Revisión-del-estado-del-conocimiento-y-uso-de-fermentos-líquidos-y-del-biol-en-los-Andes*. s.l., s.e.
52. Ochoa Gutiérrez, JD. 2023. *Evaluación de sistemas de producción mediante indicadores de sustentabilidad en el caribe norte nicaragüense*. Wani (78). DOI: <https://doi.org/10.5377/wani.v39i78.15850>.
53. Partida, S; Gonzales-Resendiz, J de J. 2023. *Aplicación de los principios de la economía circular como mecanismo para alcanzar el desarrollo sostenible*. ResearchGate :27-41
54. Pérez Leal, F. 2017. *PARTE III NUTRICIÓN MINERAL*. s.l., s.e. p. 1.
55. Por, E; Fernando, Leal, P. (2017). *FISIOLOGIA VEGETAL PARTE III NUTRICIÓN MINERAL*. s.l., s.e.
56. Puerta Quintero, GI. 2010. *FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN EL BENEFICIO DEL CAFÉ*. Avances tecnicos Cenicafe. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.38141/10779/0402>.
57. Puerta Quintero, GI. 2010. *FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN EL BENEFICIO DEL CAFÉ*. s.l., s.e. p. 12.
58. Puntillo, MA. 2022. *BACTERIAS LÁCTICAS AUTÓCTONAS PARA LA PROMOCIÓN DE LA OFERTATECNOLÓGICA DE ALIMENTOS FERMENTADOS DE ORIGEN VEGETAL*. s.l., UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL. 145 p.

59. *Quinde Ortiz, AF. 2014. "Evaluación de la incidencia de la aplicación foliar de un biofertilizante elaborado a base de frutas en el nivel de clorofila a y b y en la calidad del follaje de tomate riñón (Solanum lycopersicum L.), fresa (Fragaria vesca), y rosas (Rosae sp.)". Ambato, Ecuador, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. 165 p.*
60. *RAMIREZ MARTINEZ, MA. 2006. TECNOLOGIA DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS (EM) APLICADA A LA AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE SOSTENIBLE. BUCARAMANGA, COLOMBIA, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA. 44 p.*
61. *Ramiro Morales Calel Zamorano, A. (2007). Evaluación de cambios microbiológicos, pH, actividad de agua y color de tallarines instantáneos con vegetales y sabor a pollo bajo temperatura de deterioro acelerado. s.l., s.e.*
62. *Reyes. Karla Anabella. 2016. CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE CÁSCARA DE PIÑA POR MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.*
63. *Rodriguez Guerra, A; Baca-Cajas, KA. 2022. Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 43(1). DOI: <https://doi.org/10.26807/remcb.v43i1.919>.*
64. *Rodríguez, D; Hernando, S; Serrato, R. (2016). Esquemas de comercialización que facilitan la articulación de productores agrícolas con los mercados. s.l., s.e.*

65. Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. 2019. *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma, FAO.
66. Rojas-Sariol, L; Lorenzo-Acosta, Y; Domenech-López, F. 2011. *Estudio del consumo de ácidos en el ajuste de pH en diferentes medios de fermentación alcohólica*. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* :57-62.
67. Ruíz Rodríguez, LG; Mendoza, L; Van Nieuwenhove, C; Pescuma, M; Mozzi, F. s. f. *Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas*. s.l., s.e. p. 273-306.
a. s.e. 597 p.
68. Salgado-Mora, MGuadalupe; Esquinca Ruíz, Humberto; Cerda Ocaranza, MGerardo; Pinoargote Chang, Miryan. 2021. *Tópicos selectos de investigación en conservación de recursos naturales en América Latina*. s.l., Universidad Autónoma de Chiapas. 190 p.
69. Seleme Ruilova, F. (2022). *PÉRDIDAS Y DESPERDICIO DE ALIMENTOS: UN PROBLEMA DE DERECHOS HUMANOS Y DE ALTO IMPACTO AMBIENTAL FOOD LOSS AND WASTE: A HUMAN RIGHTS AND HIGH ENVIRONMENTAL IMPACT ISSUE*. s.l., s.e.
70. Serón Galindo, D. 2020. *ECONOMÍA CIRCULAR: DE ALTERNATIVA A NECESIDAD*. *ECONOMIA SIN FRONTERAS* (37):16-20.
71. *SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN EL CAFETO*. s. f. Monroig Ingles, Miguel.
72. Soto, Y; Castro, L; Fallas Garita, C. 2022. *BIOINSUMOS: COMPONENTES CLAVES PARA UNA AGRICULTURA ORGÁNICA*.

73. Tagle Páez, E. (2018). *Teorías ácido - base y conceptos relacionados, un estudio exploratorio en estudiantes universitarios de la universidad de las Palmas de Gran Canaria. s.l., s.e.*
74. TAIPE ESCOBAR, KM. 2014. *EFFECTO DE LA LEVADURA (Saccharomyces cerevisiae) Y LOS GRADOS BRIX EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL VINAGRE DE Ananas comosus L. DESCARTE EN RÍO NEGRO – SATIPO. Satipo, Perú, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ. 53 p.*
75. Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos en las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos. Tegucigalpa, s.e.*
76. Universidad de Costa Rica. 2002. *Fertilización foliar: Principios y aplicaciones. 1 ed. s.l., s.e. 142 p.*
77. Valencia-Aristizábal, G; Arcila-Pulgarin, J. (1977). *EFFECTO DE LA FERTILIZACION CON N, P, K, ATRES NIVELES EN LA COMPOSICION MINERAL DE LAS HOJAS DEL CAFETO. s.l., s.e.*
78. Valor Café, D DE. (2018). *ANÁLISIS DE LA CADENA. s.l., s.e.*
79. Valor Martínez, C; Jesús Muñoz-Torres, M; Ángeles Fernández Izquierdo, M; Maria Rivera Lirio, J; Ferrero Ferrero, I; Escrig Olmedo José Vicente Gisbert Navarro, E. (2020). *ÍNDICE PRESENTACIÓN: LA ECONOMÍA CIRCULAR: UNA OPCIÓN INTELIGENTE 4 Marta de la Cuesta González UNED y Economistas sin Fronteras ECONOMÍA CIRCULAR-ESPIRAL. OPCIONES ESTRATÉGICAS DESDE EL RECICLAJE AL CAMBIO SISTÉMICO 7 Luis M. Jiménez Herrero Asociación para la*

Sostenibilidad y el Progreso de las Sociedades (ASYPS) (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.ecosfron.org.

80. Vázquez, HJ; Dacosta, O. 2007. *Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. Ingeniería, investigación y tecnología*8(4):249-259.

81. Verónica Bueno Knoop, M; para Graduados Ing Agr Alberto Soriano, E. (2015). *Pérdidas y desperdicios de alimentos: entendiendo la problemática desde la óptica del consumidor asunceno. Asunción Paraguay, s.e.*

IV. ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento Informado.

Buen día, soy Greisy Emperatriz Morazán Padilla, estudiante de cuarto año de Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales en la Universidad Nacional de Agricultura. Me gustaría solicitar su colaboración para una entrevista como parte de mi investigación que tiene como fin la importancia del aprovechamiento de los residuos de frutas utilizándolas en la preparación de un abobo líquido orgánico.

Su participación en esta entrevista es completamente voluntaria, y si en algún momento no desea responder alguna pregunta, puede indicármelo sin problema alguno. Sin embargo, agradecería si me pudiera proporcionar su nombre completo, ya que su aporte sería muy valioso para mi investigación. Durante la entrevista, tomaré algunas fotografías para documentar el proceso, y si está de acuerdo, también grabaré la conversación para asegurarme de no perder ningún detalle. Si en algún momento se siente incómodo con alguno de estos aspectos, por favor, hágame saber.

Anexo 2. Entrevista



Entrevista sobre residuos de frutas en SAF de café en la zona sur de la Biosfera del Rio Plátano. Explorando perspectiva de productores.

Nombre del entrevistado: _____

Fecha de la entrevista: _____

Lugar: _____

Caracterización de la finca

1. ¿Cuánto es el área total en manzanas de su finca que incorpora sistemas agroforestales de café?

R/

2. ¿Qué especies de árboles frutales integra en su finca junto con el café?

R/

3. ¿Cuál de esas especies de árbol frutal es la más abundante en su finca?

R/

4. ¿Conoce cuál es la cantidad de árboles totales de esa especie que tiene en su Finca?

R/

5. ¿Qué cantidad de frutas produce de esa especie por árbol en su finca?

R/

6. ¿Qué cantidad de fruta destina para el consumo familiar?

R/

7. ¿De esas frutas vende?

R/

8. ¿Qué cantidad vende?
R/

9. ¿Pierde frutas por no cosecharlas?
R/

10. ¿Cuánto?
R/

11. ¿y por qué?
R/

12. ¿Reutiliza de alguna manera las frutas desechadas?
R/

Anexo 3. Cantidades exactas de ingredientes agregadas a cada tratamiento.

N° Tratamiento	Agua	Tipo de Materia de Banano	°Brix	Cantidad de Melaza	pH	Solución moderadora pH	Levadura	Harina de Rocas
	(ltrs)			(ltrs)		(ml)	(g)	(g)
1	8	Cáscara	15	2.3	5.2	100 NaOH	20	246
2	8	Cáscara	20	3.5	5.2	100 NaOH	20	270
3	8	Pulpa	15	2	5.2	150 NaOH	10	240
4	8	Cáscara	20	3	4.6	250 Limon+agua	10	260
5	8	Cáscara	15	2.3	5.2	100 NaOH	10	246
6	8	Pulpa	20	3	5.2	150 NaOH	20	260
7	8	Pulpa	15	2	4.6	200 Limon+agua	10	240
8	8	Cáscara	20	3.2	4.6	140 Limon+agua	20	264
9	8	Pulpa	15	2	5.2	100 NaOH	20	240
10	8	Cáscara	15	2.3	4.6	150 Limon+agua	10	246
11	8	Cáscara	20	3.2	5.2	200 NaOH	10	264
12	8	Pulpa	15	2	4.6	250 Limon+agua	20	240
13	8	Cascara	15	2.3	4.6	300 Limon+agua	20	246
14	8	Pulpa	20	3	5.2	150 NaOH	10	260
15	8	Pulpa	20	3.3	4.6	250 Limon+agua	10	266
16	8	Pulpa	20	3.3	4.6	250 Limon+agua	20	266
17	8	Pulpa - cascara	17.5	2.6	4.9	50 NaOH	15	252
18	8	Pulpa - cascara	17.5	2.6	4.9	51 NaOH	15	252

Anexo 4. Ficha de campo para registro de parámetros medidos en los tratamientos (Primera medición)

	FICHA DE CAMPO PARA REGISTRO DE MUESTRAS			Fecha: 17 abril		
	Realizado por: Greisy Emperatriz Morazán Padilla					
	Observaciones: La conductividad eléctrica del fermento sin diluir me arroja 0, sin embargo, al realizar las mediciones al mezclar una muestra de 10 ml del fermento con 20 ml de agua destilada.					
N° de Tratamiento	pH		Contenido de Alcoholes	Conductividad eléctrica		Temperatura
	Técnica: phmetro		Técnica: Alcoholímetro	Técnica: conductímetro		Técnica: conductímetro
	Puro	Diluido	Puro	Diluido	Puro	Puro
1	5.1	5.1	0	14.7	44.1	30
2	4.5	4.6	0	16.98	50.94	28.8
3	4.3	4.6	0	10.9	32.7	28.8
4	4.4	4.4	0	16.4	49.2	29
5	4.4	4.8	0	14.1	42.3	28.9
6	4.1	4.2	0	15.1	45.3	28.8
7	4.1	4.2	0	12.1	36.3	29
8	4.2	4.4	0	15	45	29.3
9	4.2	4.4	0	13.6	40.8	28.7
10	4.1	4.3	0	12.4	37.2	28.9
11	4.1	4.2	0	15.1	45.3	29.1
12	4.2	4.4	0	11.7	35.1	29.1
13	4.3	4.5	0	12.5	37.5	29
14	4	4.1	0	14.8	44.4	29.2
15	4	4	0	17.2	51.6	29
16	3.9	4	0	15.6	46.8	29.5
17	4	4.2	0	16.3	48.9	29.4
18	4	4.2	0	13.2	39.6	29.5

Anexo 5. Ficha de campo para registro de parámetros medidos en los tratamientos (Segunda medición)

	FICHA DE CAMPO PARA REGISTRO DE MUESTRAS			Fecha: 26 abril		
	Realizado por: Greisy Emperatriz Morazán Padilla					
	Observaciones: La conductividad eléctrica del fermento sin diluir me arrojaba 0, sin embargo, al realizar las mediciones al mezclar una muestra de 10 ml del fermento con 20 ml de agua destilada.					
N° de Tratamiento	Ph		Contenido de Alcoholes	Conductividad eléctrica		Temperatura
	Técnica: pHmetro		Técnica: Alcoholímetro	Técnica: Conductímetro		Técnica: Conductímetro
	Puro	Diluido	Puro	Diluido	Puro	Diluido
1	5	4.9	0	14.3	42.9	26.6
2	4.9	5	0	17.4	52.2	26.3
3	4.9	5	0	12.4	37.2	25.7
4	5	5	0	17.6	52.8	26.2
5	5.2	5.1	0	14.5	43.5	25.8
6	4.3	4.3	0	16.6	49.8	26.5
7	5.2	5.2	0	14.3	42.9	26.4
8	4.9	4.9	0	16.9	50.7	26.6
9	4.8	4.9	0	13.2	39.6	26.6
10	5.3	5.2	0	13.8	41.4	26.5
11	4.6	4.6	0	18.5	55.5	26.8
12	5	5	0	12.8	38.4	26.9
13	5	4.9	0	14.3	42.9	27.3
14	4.1	4.1	0	15.7	47.1	27.2
15	4.1	4.1	0	16	48	27.6
16	4.3	4.3	0	16.5	49.5	27.4
17	4.5	4.6	0	15.2	45.6	27.3
18	4.6	4.6	0	15.5	46.5	27

Anexo 6. Análisis de varianza para los parámetros químicos medidos del proceso de fermentación. (a)pH, b) Conductividad eléctrica, c) Temperatura).

a)

Análisis de Varianza para pH					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Raz ² n-F	Valor-P
A:Material	0.600625	1	0.600625	31.55	0.0001
B:Brix	1.15563	1	1.15563	60.70	0.0000
AB	0.275625	1	0.275625	14.48	0.0022
BC	0.140625	1	0.140625	7.39	0.0176
Error total	0.2475	13	0.0190385		
Total (corr.)	2.42	17			

R-cuadrada = 89.7727 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 86.6259 por ciento
Error estándar del est. = 0.13798
Error absoluto medio = 0.0833333
Estadístico Durbin-Watson = 1.60606 (P=0.2644)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.138608

b)

Análisis de Varianza para CE					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Raz ² n-F	Valor-P
A:Material	54.0225	1	54.0225	20.81	0.0004
B:Brix	368.64	1	368.64	141.99	0.0000
Error total	38.9425	15	2.59617		
Total (corr.)	461.605	17			

R-cuadrada = 91.5637 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 90.4388 por ciento
Error estándar del est. = 1.61126
Error absoluto medio = 1.08935
Estadístico Durbin-Watson = 2.4927 (P=0.8569)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.261607

c)

Análisis de Varianza para T					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Raz ² n-F	Valor-P
BC	1.0	1	1.0	4.18	0.0578
Error total	3.82944	16	0.23934		
Total (corr.)	4.82944	17			

R-cuadrada = 20.7063 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 15.7505 por ciento
Error estándar del est. = 0.489224
Error absoluto medio = 0.366667
Estadístico Durbin-Watson = 1.39772 (P=0.1197)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.289561

Anexo 7. Análisis de varianza de las concentraciones de macro y micronutrientes presentes en las hojas de las plantas de café (a) Fosforo, b) Potasio, c) Calcio, d) Magnesio, e) Hierro, f) Manganeso, g) Cobre, h) Zinc.)

a)

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% de P	12	0.60	0.26	14.69	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.1E-03	5	8.2E-04	1.77	0.2540
Tratamiento	4.1E-03	5	8.2E-04	1.77	0.2540
Error	2.8E-03	6	4.7E-04		
Total	0.01	11			

b)

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% de K	12	0.32	0.00	10.96	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.26	5	0.05	0.56	0.7324
Tratamiento	0.26	5	0.05	0.56	0.7324
Error	0.55	6	0.09		
Total	0.81	11			

c)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de Ca	12	0.25	0.00	12.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.04	5	0.01	0.41	0.8277
Tratamiento	0.04	5	0.01	0.41	0.8277
Error	0.13	6	0.02		
Total	0.18	11			

d)

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% de Mg	12	0.23	0.00	10.96	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.5E-03	5	4.9E-04	0.37	0.8553
Tratamiento	2.5E-03	5	4.9E-04	0.37	0.8553
Error	0.01	6	1.3E-03		
Total	0.01	11			

e)

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
mg/kg de Fe	12	0.56	0.19	14.98	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2853.13	5	570.63	1.52	0.3106
Tratamiento	2853.13	5	570.63	1.52	0.3106
Error	2254.00	6	375.67		
Total	5107.13	11			

f)

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
mg/Kg de Mn	12	0.46	3.0E-03	81.17	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1728.05	5	345.61	1.01	0.4865
Tratamiento	1728.05	5	345.61	1.01	0.4865
Error	2060.15	6	343.36		
Total	3788.21	11			

g)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mg/Km de Cu	12	0.22	0.00	13.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65.35	5	13.07	0.34	0.8693
Tratamiento	65.35	5	13.07	0.34	0.8693
Error	228.18	6	38.03		
Total	293.52	11			

h)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mg/Kg de Zn	12	0.88	0.78	14.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24.58	5	4.92	8.71	0.0101
Tratamiento	24.58	5	4.92	8.71	0.0101
Error	3.39	6	0.56		
Total	27.97	11			

Anexo 8. Prueba de Tukey para el análisis del elemento Zinc.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.99014

Error: 0.5645 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
TratO	7.53	2	0.53	A
TestD	5.70	2	0.53	A B
TratOn	5.26	2	0.53	A B
TratC	5.22	2	0.53	A B
TratD	4.07	2	0.53	B
TestU	2.88	2	0.53	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 9. Cuadro de resumen de medias.

Medidas resumen									
Tratamiento	Resumen	mg/Kg de Zn	% de P	% de K	% de Ca	% de Mg	mg/kg de Fe	mg/Kg de Mn	mg/Km de Cu
TestD	n	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
TestD	Media	5.70	0.13	2.58	1.30	0.34	107.25	6.23	47.64
TestD	D.E.	0.34	4.7E-04	0.08	0.27	0.04	7.42	5.78	1.85
TestD	Mín	5.46	0.13	2.52	1.11	0.31	102.00	2.14	46.33
TestD	Máx	5.94	0.13	2.64	1.49	0.37	112.50	10.32	48.94
TestU	n	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
TestU	Media	2.88	0.16	2.70	1.29	0.31	156.75	35.64	46.79
TestU	D.E.	0.42	0.02	0.38	0.07	0.02	8.84	39.43	0.78
TestU	Mín	2.58	0.15	2.43	1.24	0.29	150.50	7.76	46.24
TestU	Máx	3.17	0.18	2.96	1.33	0.32	163.00	63.52	47.34
TratC	n	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
TratC	Media	5.22	0.17	2.95	1.18	0.35	127.10	28.95	43.50
TratC	D.E.	0.37	0.01	0.33	0.12	0.04	4.38	3.08	10.46
TratC	Mín	4.96	0.16	2.71	1.10	0.32	124.00	26.77	36.10
TratC	Máx	5.48	0.18	3.18	1.26	0.38	130.20	31.12	50.89
TratD	n	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
TratD	Media	4.07	0.15	2.77	1.28	0.33	138.60	37.25	43.22
TratD	D.E.	0.28	0.05	0.50	0.19	3.0E-03	44.69	15.34	10.37
TratD	Mín	3.87	0.12	2.42	1.15	0.33	107.00	26.40	35.88
TratD	Máx	4.27	0.19	3.12	1.42	0.33	170.20	48.10	50.55
TratO	n	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
TratO	Media	7.53	0.15	2.66	1.19	0.34	119.95	18.85	48.77
TratO	D.E.	0.05	0.01	0.22	0.05	0.03	4.31	15.05	0.35
TratO	Mín	7.49	0.14	2.51	1.16	0.32	116.90	8.21	48.52
TratO	Máx	7.56	0.15	2.81	1.23	0.36	123.00	29.49	49.01
TratOn	n	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
TratOn	Media	5.26	0.12	2.98	1.14	0.34	126.45	10.06	42.94
TratOn	D.E.	1.70	0.01	0.04	0.03	0.06	9.26	0.88	2.66
TratOn	Mín	4.06	0.11	2.95	1.12	0.30	119.90	9.43	41.06
TratOn	Máx	6.46	0.13	3.01	1.17	0.39	133.00	10.68	44.82

Anexo 10. Actividades realizadas durante el proceso de investigación.

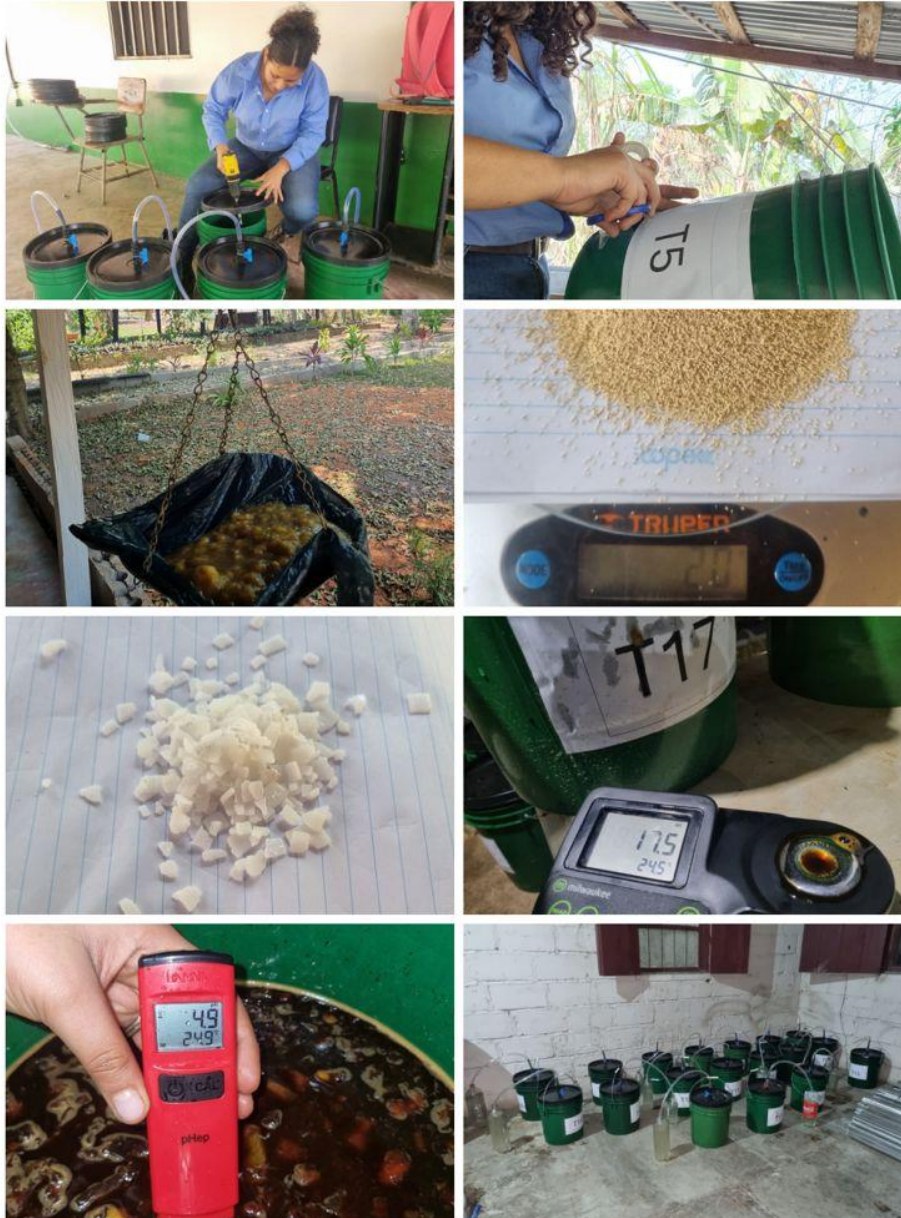
Aplicación de Entrevistas e Identificación de Materia Prima en la Zona Sur de la Biósfera



Proceso de Pretratamiento de la Muestra de Banano para la Fabricación de Fermentos



Proceso de Elaboración de los Tratamientos



Aplicación de Harina de Rocas, Destape y Medición de los Parámetros Físico- Químicos de los Tratamientos



Aplicación de Harina de Rocas, Destape y Medición de los Parámetros Físico- Químicos de los Tratamientos



Fertilización Foliar de las Plántulas de Café con los Tratamientos Seleccionados



Procedimiento de Toma de Muestras Foliares y Pretratamiento para el Análisis de Macro y Micronutrientes en Ensayos



Procedimiento de Toma de Muestras Foliales y Pretratamiento para el Análisis de Macro y Micronutrientes en Ensayos

