



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Evaluación de productos orgánicos y químicos ante enfermedades en café
(*coffea Arabica. L*) en la finca del productor Julio Adán, ubicada en la
comunidad Las Escaleras-Matagalpa durante el segundo semestre del año
2025

Autores:

Br. Josué Daniel Rodríguez Padilla

Br. Eduardo Esteban Centeno Montenegro

Asesor:

PhD. Francisco Javier Chavarría Arauz

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Dedicatoria y agradecimiento

Dedicatoria

Dedico este trabajo con profundo cariño y gratitud a mi familia, quienes, con su apoyo incondicional, amor y confianza me brindaron la fuerza necesaria para continuar y culminar este proceso.

A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia; a mis hermanos, por ser fuente de inspiración y alegría; y a todas aquellas personas que, con una palabra o un gesto, aportaron a la construcción de este logro. Este triunfo no es solo mío, sino de todos los que caminaron conmigo durante esta etapa.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme acompañado en cada paso de este proceso. Su guía y bendición me dieron la claridad necesaria para superar los desafíos y mantenerme firme en el cumplimiento de esta meta académica.

A mi familia, expreso mi más sincero agradecimiento. A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por inculcarme desde pequeño el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la humildad. A mis hermanos, por ser mi compañía en los momentos de cansancio y mi motivación para continuar. Cada palabra de aliento y cada gesto de cariño fueron fundamentales para alcanzar este logro.

Mi gratitud también se extiende a mi tutor(a) de tesis, por su tiempo, dedicación y orientación a lo largo de la investigación. Su guía académica fue esencial para dar forma, sentido y solidez a este trabajo. A los docentes de la carrera, gracias por compartir sus conocimientos, experiencias y valores que contribuyeron a mi formación profesional.

A mis compañeros de investigación, quienes participaron activamente en el desarrollo de las pruebas, recolección de datos y análisis de resultados, agradezco su compromiso, colaboración y espíritu de equipo. Gracias por las jornadas de trabajo compartidas, por las ideas que enriquecieron el estudio y por el compañerismo demostrado hasta el final.

Carta aval

A través de este medio, el suscrito Francisco Javier Chavarría Aráuz, avalo la entrega y defensa de informe de modalidad de graduación, con el título “Evaluación de productos orgánicos y químicos ante enfermedades en café (Coffea arabica L) en la finca del productor Julio Adán, ubicada en la comunidad Las Escaleras-Matagalpa durante el segundo semestre del año 2025”. Realizado por los bachilleres: JOSUÉ DANIEL RODRÍGUEZ PADILLA, carné # 21-61165-5 y EDUARDO ESTEBAN CENTENO MONTENEGRO, carne # 21-60248-1.

Considero que el informe realizado por los bachilleres RODRÍGUEZ y CENTENO, cumple con las normas establecidas por nuestra universidad para este tipo de modalidad de graduación. Los resultados son un aporte muy valioso en la búsqueda de opciones de producción cafetalera de forma más sustentable.

Espero que sigan cosechando éxitos en su labor profesional.

Matagalpa, 25 de noviembre del año dos mil veinticinco.

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor de tesis

Resumen

El cultivo de café en Nicaragua es un pilar fundamental para miles de familias, pero año con año enfrenta una batalla durísima: las enfermedades fúngicas. La más temida es la roya (*Hemileia vastatrix*), que, junto a la antracnosis y la mancha de hierro, amenaza con devastar las cosechas. La situación se complica en zonas como Las Escaleras, en Matagalpa, donde la cercanía de ríos crea una humedad constante, un caldo de cultivo perfecto para estos patógenos. El manejo tradicional, a base de agroquímicos sintéticos, aunque efectivo, se ha vuelto insostenible: es carísimo para el pequeño productor y, peor aún, deja una huella ambiental y de salud que nadie quiere.

Ante este panorama, la movida fue buscar soluciones que de verdad le sirvan al bolsillo y al campo. Este estudio se montó en una finca local como un campo de pruebas para ver si las recetas caseras y ecológicas podían ser igual de guerreras que los fungicidas de marca. Se pusieron a competir cuatro opciones en las plantaciones: por un lado, dos preparados orgánicos hechos con ingredientes conocidos por sus propiedades antifúngicas, como el jengibre, el ajo, el vinagre y el bicarbonato; por el otro, el fungicida químico estándar que se usa en el rubro (Carbendazim), y finalmente, un lote de plantas al que no se le aplicó nada. El objetivo era medir con lupa cuál de estos tratamientos lograba frenar la enfermedad con la mayor eficacia.

La relevancia de este experimento va más allá de esa finca. Si se demuestra que alguna de estas alternativas naturales es tan buena o casi tan buena como el químico, significaría un cambio de juego en la caficultura nicaragüense. Se abriría la puerta para que miles de productores reduzcan sus costos operativos, dependan menos de insumos importados y, lo más importante, migren hacia un sistema de producción mucho más sostenible y ecológico. La meta final es fortalecer la resiliencia del rubro cafetero, asegurando una cosecha decente sin sacrificar la salud del ambiente ni la economía de las familias que viven de esta noble labor.

Tabla de contenido

<i>Introducción</i>	8
<i>Antecedentes</i>	10
<i>Planteamiento del problema</i>	13
<i>Justificación</i>	15
<i>Objetivos de investigación</i>	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
<i>Hipótesis de investigación</i>	17
Hipótesis Nula	17
Hipótesis Alternativa.....	17
<i>Limitaciones</i>	18
<i>Contexto de la investigación</i>	19
MARCO TEÓRICO	21
Datos de la finca	21
Caracterización de los productores de café en Nicaragua.....	21
Aspectos fitosanitarios y agronómicos.....	21
Variedad de café	22
Enfermedades.....	23
Manejo del cultivo y pos-cosecha.....	26
Tipos de Enfermedades y Métodos de Manejo.....	27
Métodos de Control	27
Desafíos y Consecuencias	28
DISEÑO METODOLÓGICO	28
Tipo de diseño mixto	28
Tipo de investigación.....	29
Población y muestra.....	29
Variables y categoría (operacionalización de variables)	30
Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	31
Observación directa y registro en tablas de recolección de datos.....	31
Entrevistas.....	31
Revisión documental	32
Procedimientos.....	32
Confiabilidad y validez de los instrumentos.....	32
Entrevistas.....	32

Procedimientos.....	33
Confiabilidad y validez de los instrumentos.....	34
Técnicas, instrumentos y procedimiento para el procesamiento y análisis de la información	34
Instrumentos de recolección y registro.....	35
Digitalización y estructuración de la información.....	35
Procedimiento para el análisis estadístico	36
Criterios de calidad.....	36
Rigurosidad metodológica	36
Diseño experimental y control de la variabilidad	36
Confiabilidad de los instrumentos de medición	39
Validación y supervisión continua	40
Transparencia y registro documental	40
Uso de análisis estadístico adecuado	40
<i>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO</i>	<i>41</i>
<i>Tabla de anova.....</i>	<i>42</i>
El Análisis de ANOVA	43
<i>Tabla de costos de tratamientos evaluados</i>	<i>45</i>
<i>Conclusiones</i>	<i>47</i>
<i>Recomendaciones</i>	<i>48</i>
<i>Referencias</i>	<i>50</i>
<i>Anexos</i>	<i>53</i>

Introducción

De acuerdo con IICA (2020), la caficultura tiene un impacto económico significativo en Nicaragua, especialmente en los departamentos de Matagalpa siendo un motor de divisas, generación de empleo para miles de familias y una contribución importante al Producto Interno Bruto (PIB) del país. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos como la variabilidad del precio internacional, los efectos del cambio climático que afectan la producción y la necesidad de fortalecer la innovación y la calidad para mantener la competitividad en el mercado global. El uso excesivo de agroquímicos y a las prácticas agrícolas tradicionales que predominan entre los caficultores, lo cual limita la sostenibilidad del cultivo y reduce su capacidad de adaptación a las nuevas exigencias ambientales y del mercado.

Ante este panorama, los bioinsumos orgánicos elaborados a base de jengibre con vinagre y bicarbonato, así como mezclas de sulfato de cobre con jengibre y ajo, representan una alternativa sostenible y eficaz para el control de plagas en el cultivo de café. Estos productos aprovechan las propiedades naturales de sus componentes: el jengibre y el ajo poseen efectos antimicrobianos e insecticidas, el vinagre actúa como repelente, y el bicarbonato ayuda a modificar el pH, dificultando la proliferación de hongos. Por su parte, el sulfato de cobre es utilizado en dosis controladas como fungicida. Al combinarse, estos elementos permiten reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos, favoreciendo prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente, mejorando la salud del suelo y protegiendo la biodiversidad en cafetales como los de la comunidad de Las Escaleras.

El presente estudio se realizó la finca *Los Pinos de Adán*, ubicada en la comunidad Escalera, con coordenadas geográficas (12.9911658241251113, -85.8615201339125), propiedad del señor Julio Adán. Con el objetivo principal de evaluar la efectividad de dos productos orgánicos en el control de enfermedades comunes del cultivo de café (*Coffea arabica*), específicamente la roya (*Hemileia vastatrix*), la antracnosis (*Colletotrichum spp.*) y la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*).

La investigación se enmarca en un enfoque agroecológico, priorizando el uso de alternativas sostenibles frente al manejo químico convencional. Se busca no solo determinar el nivel de control que ejercen los tratamientos propuestos sobre las enfermedades mencionadas, sino también observar su impacto en el desarrollo del cultivo y sus posibles beneficios en términos de sostenibilidad agrícola y conservación del agroecosistema.

Para asegurar la validez y precisión de los resultados, se utilizará un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), una metodología comúnmente empleada en estudios agrícolas por su efectividad para minimizar la variabilidad entre unidades experimentales dentro de cada bloque. Este enfoque facilitará una evaluación justa y confiable de los tratamientos, permitiendo identificar diferencias reales en su efectividad. Con esta investigación se busca aportar información práctica y accesible para pequeños y medianos caficultores que deseen adoptar métodos más sostenibles, mediante el uso de insumos orgánicos que promuevan la sanidad del cultivo sin afectar negativamente la salud del suelo, el entorno ni la diversidad biológica.

Antecedentes

Según el Instituto del café de costa rica, ICAFE (2021), el cultivo del café (*Coffea arábica*. L) se desarrolla de manera óptima en zonas con altitudes entre 800 y 2000 m.s.n.m., temperaturas entre 18 y 24 °C y precipitaciones anuales de 1200 a 2500 mm. La exposición a microclimas con humedad relativa alta y poca ventilación favorece el desarrollo de hongos patógenos, especialmente en épocas lluviosas. Las condiciones del suelo, como su fertilidad, pH y textura, influyen en la absorción de nutrientes esenciales que fortalecen la resistencia natural de la planta.

De acuerdo a lo mencionado con Mekuria, Alemayehu & Bekele (2024), estudios recientes muestran que la composición bioquímica de la planta como la presencia de fenoles, alcaloides y compuestos antioxidantes constituye un mecanismo interno de defensa frente a patógenos. En Nicaragua, investigaciones conforme a UNAN (2016), han demostrado que la adaptación de prácticas de manejo a las condiciones edafoclimáticas de cada zona incrementa la eficiencia de los programas de control de enfermedades.

Como indica la Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, FAO (2016), la agroecología en el cultivo del café plantea un manejo integrado del sistema cafetero que combina técnicas de manejo del paisaje (sistemas agroforestales y manejo de sombra), mejora de la salud del suelo y uso preferente de insumos biológicos en vez de agroquímicos sintéticos, con el fin de aumentar la resiliencia, la biodiversidad y la sostenibilidad productiva. Este enfoque recomienda intervenciones integradas para el control de plagas y enfermedades y la restauración de la fertilidad del suelo mediante prácticas basadas en procesos ecológicos.

Conforme a FAO (2020), los bioinsumos (biofertilizantes, biopesticidas, compost, lombricompost, extractos botánicos y microorganismos promotores del crecimiento) han mostrado mejorar la estructura del suelo y fertilidad del suelo, aumentar la actividad microbiana útil, favorecer la disponibilidad de nutrientes y

contribuir al control biológico de plagas y enfermedades, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos y sus impactos al medio ambiente.

En opinión de FAO (2020), Aunque los bioinsumos aportan beneficios importantes al cultivo de café, su uso todavía enfrenta varios desafíos. Entre ellos destacan la variabilidad en la calidad de los productos locales, la ausencia de protocolos estandarizados y la necesidad de validar su eficacia según las condiciones locales de clima, suelo y manejo agrícola. También existen dificultades para producirlos a gran escala y una falta de apoyo técnico y económico que limite su adopción por los agricultores. Por ello, resulta fundamental promover investigación aplicada a nivel local, fortalecer biofábricas comunitarias, capacitar a los productores y establecer sistemas que permitan evaluar de manera confiable la eficacia y seguridad de estos productos.

Como plantea Todo Huerto y Jardín (2013), se ha incrementado el interés por el uso de alternativas ecológicas en la agricultura, como los bioinsumos caseros, para la protección y fortalecimiento de los cultivos frente a plagas y enfermedades. El ajo (*Allium sativum*) ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades insecticidas y fungicidas, esto se debe a la alicina, un compuesto que actúa como repelente natural frente a insectos como pulgones, cochinillas y ácaros. Diversos estudios han demostrado que la aplicación de extractos de ajo triturado, diluido en agua, permite reducir significativamente la infestación de plagas, ofreciendo una opción ecológica que minimiza el uso de químicos sintéticos.

De acuerdo a Ulla Roths Schuh (2025), menciona el vinagre blanco, rico en ácido acético, se ha empleado como método casero para el control de plagas y hongos en diferentes cultivos. Su efecto se basa en la deshidratación de los insectos y en la alteración del pH de la superficie foliar, dificultando la colonización de nuevas plagas y eliminando la zona de propagación de enfermedades. La combinación de vinagre con agua y jabón neutro permite generar soluciones que funcionan tanto como insecticida como fungicida, además de mantener la limpieza de las hojas.

Como afirma Ulla Roths Schuh (2025), el bicarbonato de sodio es otro producto que ha sido utilizado como fungicida. Su acción alcalinizante modifica ligeramente la

acidez de la superficie foliar, generando un ambiente desfavorable para el desarrollo de hongos como el mildiu o la roya.

Tal como describe La Huerta (2024), el jengibre (*Zingiber officinale*), aunque menos común como control de plagas, ha sido reportado como fertilizante, estimulante natural y un fungicida, la aplicación de infusiones de jengibre al suelo o al riego de las plantas aporta nutrientes, propiedades antibacterianas y compuestos bioactivos que favorecen el crecimiento vegetal y fortalecen la resistencia natural frente a enfermedades.

La empresa proveedora de suministros agrícolas, POMAIS (2025), el control de enfermedades fúngicas en los cultivos agrícolas constituye un aspecto fundamental para asegurar la productividad y la calidad de la producción. El carbendazim es un fungicida sistémico que se caracteriza por ser absorbido por la planta y transportado a través de sus tejidos, lo que le permite brindar protección interna frente a infecciones fúngicas. Perteneciente a la familia de los bencimidazoles y su acción se centra en inhibir la formación de microtúbulos en los hongos, estructuras esenciales para la división y el crecimiento celular.

De acuerdo con POMAIS (2025), el mecanismo de acción consiste en interferir con la síntesis de beta-tubulina, una proteína clave para el ensamblaje de los microtúbulos. Esta interferencia detiene la división celular de los hongos, limitando su reproducción y provocando la muerte de las células fúngicas. Debido a su carácter sistémico, la carbendazima proporciona un efecto tanto preventivo como curativo, permitiendo prevenir la aparición de infecciones o controlar aquellas que ya se encuentran presentes en el cultivo.

Planteamiento del problema

El café es uno de los principales cultivos de exportación en Centroamérica y representa una fuente de ingresos fundamental para miles de familias productoras. No obstante, este sistema agrícola enfrenta un conjunto de limitaciones productivas, entre las cuales destaca la incidencia de enfermedades que afectan tanto el rendimiento como la calidad del grano. De acuerdo con Equipo Editorial Cambiagro (2024), Investigaciones señalan que la roya del café (*Hemileia vastatrix*), la antracnosis y otras enfermedades fúngicas han generado pérdidas considerables en las últimas décadas, debido a que las condiciones ambientales de las zonas cafetaleras suelen favorecer su propagación. (Cambiagro, 2024)

En la finca del productor Julio Adán se ha identificado una alta incidencia de enfermedades en la plantación, situación estrechamente vinculada a las condiciones particulares generadas por el cruce de un cauce natural que atraviesa el área cultivada. La presencia de este cauce crea un microclima caracterizado por una mayor humedad relativa, compactación de los suelos en las zonas colindantes y diferencias notables en las prácticas de manejo a ambos lados de la plantación. Estos factores incrementan la vulnerabilidad de las plantas frente a la proliferación de patógenos y dificultan el control efectivo de las enfermedades.

La falta de uniformidad en el manejo agronómico y la persistencia de ambientes favorables para los hongos patógenos no solo elevan el riesgo de pérdidas económicas, sino que también comprometen la sostenibilidad del cultivo. Los productores dependen en gran medida de la estabilidad de la cosecha para mantener su economía familiar; por ello, una reducción significativa en la producción debido a enfermedades puede impactar directamente la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades cafetaleras (Umaña, 2020).

Ante esta situación, resulta necesario estudiar en profundidad los factores que explican la elevada presencia de enfermedades en la zona, con especial atención a las condiciones creadas por el cruce del cauce. Comprender esta relación permitirá plantear estrategias de manejo más adaptadas a la realidad del terreno, que integren prácticas agroecológicas y medidas de control sostenibles. El desarrollo de

alternativas de manejo no solo contribuirá a mejorar la productividad, sino también a fortalecer la resiliencia de los sistemas cafetaleros frente a los retos que impone el cambio climático y la variabilidad ambiental (Rivillas & Buriticá, 2019).

La combinación de factores como la alta incidencia de enfermedades, las condiciones ambientales cambiantes y las limitaciones en el manejo agronómico amenaza la viabilidad económica de las fincas cafetaleras, compromete el sustento de las familias productoras y debilita la sostenibilidad del sistema productivo. Ante esta situación, se hace necesario desarrollar una investigación que permita determinar la presencia de las enfermedades del café, evaluar alternativas de manejo orgánicas y sostenibles.

Justificación

El café constituye uno de los principales rubros agrícolas y económicos en Nicaragua, siendo fuente de empleo e ingreso para miles de familias productoras. Sin embargo, su productividad y calidad se ven amenazadas por enfermedades como la roya (*Hemileia vastatrix*), la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y la antracnosis (*Colletotrichum spp.*), que generan pérdidas significativas en el rendimiento y afectan la sostenibilidad del cultivo. (Guerrero, Gómez y Walter, 2006)

Tradicionalmente, el control de enfermedades en los sistemas agrícolas se ha basado en el uso de productos químicos de síntesis. No obstante, su aplicación continua implica una serie de limitaciones, entre ellas los altos costos económicos para el productor, el riesgo de generación de resistencia en los patógenos y los impactos negativos tanto en la salud de los trabajadores como en el equilibrio ambiental. En la finca Los Pinos de Adán, el manejo fitosanitario ha dependido principalmente de este tipo de insumos, lo que evidencia la necesidad de explorar y validar alternativas más sostenibles que contribuyan a un control eficaz de las enfermedades sin comprometer la seguridad humana ni el entorno ecológico.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de evaluar alternativas de manejo más sostenibles, que integren el uso de productos orgánicos de bajo impacto ambiental para establecer estrategias de manejo más equilibradas y eficaces.

La presente investigación busca comparar la efectividad de productos orgánicos y productos químicos en el control de la roya, la mancha de hierro y la antracnosis en café. Los resultados de este estudio permitirán generar información científica y práctica que contribuya a orientar a los productores hacia sistemas de manejo más sostenibles, reduciendo la dependencia de químicos, disminuyendo costos de producción y promoviendo la conservación del agroecosistema cafetalero.

La investigación cobra relevancia no solo académica, sino también social, económica y ambiental, al aportar alternativas de manejo fitosanitario que mejoren la rentabilidad de la finca, protejan la salud de las personas y conserven los recursos naturales.

Objetivos de investigación

Objetivo general

- Evaluar efectos de los tratamientos orgánicos y químicos en el control de roya antracnosis y mancha de hierro en el cultivo de café en condiciones edafoclimáticas de la finca de Pinos de Adán Matagalpa comunidad las Escaleras II semestre del año 2025.

Objetivos específicos

- Determinar la incidencia de las enfermedades roya, antracnosis y mancha de hierro en plantas de café tratadas con extracto a base de jengibre, sulfato de cobre, y fungicida químico, en comparación con un testigo sin tratamiento.
- Analizar la relación beneficio-costos de los tratamientos orgánicos y químicos aplicados para el control de roya, antracnosis y mancha de hierro en el cultivo de café, con el fin de determinar su viabilidad económica bajo las condiciones de la finca Los Pinos de Adán.

Hipótesis de investigación

Hipótesis Nula

- No existen diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la incidencia de enfermedades foliares (roya, antracnosis y mancha de hierro).

Hipótesis Alternativa

- Existen diferencias significativas entre los tratamientos en la incidencia de enfermedades foliares, y al menos uno de ellos reduce de forma efectiva la presencia de las enfermedades evaluadas.

Limitaciones

Durante el desarrollo de la investigación en la finca cafetalera se identificaron diversas limitaciones que influyeron en el proceso de recolección de información y en la ejecución de las prácticas de manejo. Una de las principales restricciones fue la presencia de un cauce que atraviesa el cafetal, lo cual dificultó la movilización dentro de la finca y limitó el acceso de maquinaria a ciertas áreas, obligando a realizar varias labores de forma manual.

Las condiciones climáticas de la zona, caracterizadas por una alta incidencia de lluvias, representaron un reto importante. La humedad constante favoreció la propagación de enfermedades fungosas como la roya, el ojo de gallo y la antracnosis, al mismo tiempo que redujo la efectividad de las aplicaciones químicas, las cuales en muchos casos debieron repetirse, incrementando los costos de producción.

El transporte hacia la finca resultó significativamente complicado por la distancia recorrida sin un vehículo adecuado para la comunidad de las escaleras, ya que el acceso resultó complicado, especialmente en época de invierno, retrasando las visitas técnicas y la implementación de algunas prácticas de manejo. Además, el riesgo de contaminación del cauce por la aplicación de productos químicos generó la necesidad de extremar precauciones, lo que redujo las posibilidades de realizar controles fitosanitarios de manera inmediata y eficiente.

Finalmente, todas estas condiciones naturales, logísticas y técnicas se tradujeron en un aumento considerable de los costos de producción y en una reducción del rendimiento esperado, constituyendo factores limitantes que condicionaron el desarrollo óptimo de la investigación.

Contexto de la investigación

En Nicaragua, la agroecología aplicada al cultivo de café busca la sostenibilidad mediante prácticas como la diversificación de cultivos, el uso de sombra natural, el manejo integrado de suelos y la reducción de insumos sintéticos para mejorar la fertilidad y la resiliencia de las plantaciones. Los productores emplean técnicas para la selección de semillas, la preparación de semilleros, el uso de pulpa de café descompuesta y malezas como abono, así como el control preventivo de plagas y enfermedades, como el caldo sulfocálcico para la roya. Este enfoque contribuye a la calidad del producto, al sustento de los productores y a la conservación ambiental, preparando a Nicaragua para ser un referente en sistemas alimentarios sostenibles. (Cafe, 2014)

El cultivo de café enfrenta retos significativos de acuerdo con el servicio nacional de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria, SENASICA (2021). Las enfermedades fúngicas como la roya (*Hemileia vastatrix*), el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y la antracnosis (*Colletotrichum* spp.), entre otras, generan pérdidas considerables al reducir la capacidad fotosintética de las plantas, provocar defoliaciones y disminuir la calidad y cantidad de frutos. Estas amenazas se agravan por factores ambientales como la humedad elevada, la variabilidad climática, así como por prácticas de manejo fitosanitario que en muchos casos no se aplican de forma homogénea o preventiva.

Frente a estos desafíos, la agroecología emerge como una alternativa viable. En este enfoque se busca reducir el uso de insumos sintéticos, cuidar la salud del suelo, preservar la biodiversidad, y al mismo tiempo mantener o mejorar la productividad. Como parte de ese esfuerzo, se plantea desarrollar y evaluar dos bioinsumos orgánicos adaptados al contexto local.

Una formulación basada en jengibre mezclado con vinagre y bicarbonato, aprovechando las propiedades repelentes, antifúngicas o insecticidas naturales de

estos ingredientes, con bajo costo y fácil adopción por los productores. Una mezcla de sulfato de cobre con jengibre y ajo, que combine la acción fungicida del cobre (en concentraciones controladas) con las propiedades antimicrobianas o repelentes del ajo y el jengibre, para generar una alternativa agroecológica que sea efectiva contra enfermedades importantes del café.

Los bioinsumos tienen el potencial de reducir los efectos negativos de las enfermedades, mejorar la salud general del cultivo y ofrecer a los productores opciones más sostenibles, económicamente accesibles, y ambientalmente más benignas. En esa línea, esta tesis se propone evaluar la eficacia de estos productos orgánicos en Las Escaleras, bajo condiciones reales del cultivo, considerando la influencia del microclima generado por la presencia del río, para determinar si realmente pueden constituir una alternativa robusta frente a los métodos convencionales.

Ante la gravedad de las enfermedades del café en Las Escaleras y las limitaciones de los métodos convencionales, se propone evaluar dos bioinsumos orgánicos uno basado en jengibre con vinagre y bicarbonato, otro con mezcla de sulfato de cobre, jengibre y ajo como alternativas agroecológicas sostenibles. Se analizará su efectividad mediante un modelo estadístico de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), que permitirá comparar objetivamente los tratamientos bajo condiciones agrícolas reales, minimizando la variabilidad entre bloques (por ejemplo, entre parcelas cercanas al río y alejadas) y aumentando la precisión de los resultados. Este enfoque estadístico facilitará identificar cuál de los bioinsumos ofrece mejor control de plagas y enfermedades, sin comprometer la salud del suelo ni la viabilidad económica del cultivo.

MARCO TEÓRICO

Datos de la finca

Indicador productivo y edafoclimático	
Are total de la finca	10 Mz
Coordenadas	12°59'03.2"N 85°51'44.0"W
Altura (msnm)	870 msnm
Precipitación promedio	1200_1500
Temperatura promedio	De 16 a 28 grados
Área con manejo agroecológico	No posee
Topografía plana-ondulada	Ondulada
Pedegrosidad abundante- media - baja	Alta
Profundidad de suelo	Media
Textura arenoso-arcilloso-franco	Franco arcilloso

Caracterización de los productores de café en Nicaragua

La producción de café en Nicaragua se encuentra en pequeños, medianos y grandes productores provenientes en su mayoría en las regiones norte central y noroeste del país, que en conjunto representan el 89% de la producción nacional. Un estudio realizado en 2020 en tres municipios de Matagalpa encontró que el perfil del caficultor promedio es un hombre de entre 40 y 49 años. Específicamente, el 84% de los productores encuestados eran hombres, y el 36% se encontraban en el rango de edad de 40 a 49 años. La mayoría de los productores (96%) son propietarios de la tierra en la que cultivan. (Jimenez, 2020)

Aspectos fitosanitarios y agronómicos

El estudio identificó el Catimor como la variedad de café más utilizada por los productores, aunque muchos también cultivan Marsellesa e híbridos. Un hallazgo preocupante es que el 80% de los agricultores usa semillas no certificadas, lo que puede afectar negativamente la sanidad y el rendimiento de los cultivos.

Variedad de café

El Catimor es un cultivar de café crucial en la caficultura moderna, famoso por ser una de las soluciones más efectivas contra la devastadora roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). Esta variedad fue desarrollada en Portugal en 1959 por el Centro de Investigación de las Ferrugens do Cafeeiro (CIFC). Genéticamente, el Catimor es un cruce directo entre el Híbrido de Timor y la variedad Caturra. El objetivo de este cruce era combinar la notable resistencia a enfermedades heredada del componente Robusto presente en el Híbrido de Timor, con las deseables características de alta calidad en taza y el porte bajo y compacto de la Caturra, lo que facilita el manejo y permite altas densidades de siembra en campo.

En términos de siembra y manejo agronómico, el Catimor es conocido por su vigor y alta adaptabilidad, pero exige una gestión nutricional intensiva para sostener su potencial productivo. Idealmente, se recomienda sembrar Catimor en altitudes que varían entre los 700 y 1400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), aunque puede prosperar en rangos más amplios. Requiere temperaturas estables (generalmente entre 18° y 24°) y suelos fértiles, profundos y con excelente drenaje (pH entre 5.5 y 6.5). Debido a su capacidad para generar altos rendimientos, la planta tiene altos requerimientos nutricionales y responde excepcionalmente bien a un régimen de fertilización riguroso. La densidad de siembra común varía entre 3,000 y 4,000 plantas por hectárea, permitiendo una cosecha inicial a partir del segundo año de plantación, y se beneficia de la siembra bajo sombra moderada para regular el clima y mejorar la calidad del grano.

La sombra adecuada para la variedad Catimor típicamente se encuentra en el rango del 35% al 60% de cobertura foliar, aunque estudios en zonas de alta temperatura sugieren que niveles de sombra más densos (hasta el 80%) son beneficiosos para la calidad, ya que esta variedad es sensible al estrés térmico. El propósito principal de esta sombra es modular la temperatura ambiente en el cafetal, manteniendo el microclima dentro del rango óptimo para el desarrollo de *Coffea arabica*, que idealmente oscila entre los 18°C y 22°C para una alta calidad. Al limitar la exposición directa al sol, la sombra ayuda a reducir las fluctuaciones de temperatura y protege a la planta de temperaturas por encima de los 25°, las cuales pueden provocar

estrés, maduración acelerada e impactos negativos en el tamaño y la calidad del grano. (Muschler, 1997)

El Catimor destaca principalmente por su alto potencial de rendimiento, superando en ocasiones en un 30% a 50% la producción de otras variedades de Arabica bajo condiciones de manejo óptimas. En cuanto a la calidad en taza, si bien puede ser inconsistente, cultivado a altitudes superiores a los 1200 m.s.n.m. y bajo manejo cuidadoso, puede ofrecer un perfil de taza similar al Arábica tradicional, con acidez moderada, cuerpo suave y notas frutales. Es fundamental destacar su característica de resistencia a la roya, aunque algunas líneas pueden ser susceptibles a otras patologías como el Ojo de Gallo o a nematodos, por lo que la elección del subtipo y el manejo integrado de plagas y enfermedades son cruciales.

En estudios realizados en 6 diferentes localidades de Nicaragua, de 710 a 1,230 metros sobre el nivel del mar (2,330 a 4,040 pies sobre el nivel del mar): Matagalpa, Boaco, Jinotega, Jinotega, El Cuá, Nueva Segovia, obteniendo el valor promedio de 81.3 puntos en análisis sensorial de taza, escala de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA).

Tiene resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*) y a los nemátodos del género *Meloidogyne*; pero, es susceptible al ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en condiciones de exceso de sombra y altitudes mayores de 1,200 metros (3,940 pies) en Nicaragua. (Anacafé, 2020)

Enfermedades

Roya (*Hemileia vastatrix*)

La Roya es causada por un hongo parasitario de la especie *Hemileia vastratixc*. Es la enfermedad que más daños causa a los cafetales de la región. Afecta el área foliar de la planta y ante infecciones severas, puede causar defoliación. Como todo hongo, se reproduce por esporas que pueden ser dispersadas por el viento, la lluvia o por el movimiento de personas y animales dentro de las plantaciones.

Esta enfermedad es ocasionada por el patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, que es un hongo endémico en todas las zonas donde se cultiva café. La enfermedad

se caracteriza por presentar necrosis en hojas, frutos y ramas; sin embargo, esta es mucho más agresiva atacando los frutos. Usualmente inicia en los ápices de las bandolas y migra paulatinamente hacía el eje central de la planta de café y se manifiesta con caída de hojas y frutos llegando a la muerte de las ramas. La época de mayor incidencia ocurre durante las lluvias.

Al igual que con la Roya y el Ojo de Gallo es importante llevar registro actualizado de las variables climáticas, y hacer un manejo adecuado de la nutrición del cultivo de café, complementados con un adecuado manejo de la sombra. El control químico puede realizarse de forma preventiva con productos protectantes; sin embargo, si la incidencia sobrepasa el 5%, deben ser aplicados productos sistémicos como Starmix® SC a una dosis de 0.75 litros por hectárea, en mezcla con Bioestimulantes como TECNIFEED ACTIVE® a una dosis de 2 litros por hectárea.

Dentro del manejo de la enfermedad es importante integrar prácticas de control cultural, biológico y químico; además de llevar un registro detallado de las condiciones climáticas, especialmente de la humedad relativa y la temperatura.

Dentro de las prácticas culturales que ayudan a disminuir la incidencia de la Roya del café están: el manejo adecuado de sombra, el control de malezas, una correcta densidad de siembra, un adecuado manejo nutricional del cultivo y la siembra de variedades tolerantes.

Otra herramienta para la protección del cultivo, quizás la más utilizada, es el uso de fungicidas. Cuando la incidencia de la enfermedad está por debajo del 5% se recomienda utilizar fungicidas de contacto a base de cobre.

Cuando la incidencia es superior al 5% lo más recomendable es el uso de fungicidas sistémicos, principalmente de la familia de los Triazoles; como por ejemplo Starmix® SC, fungicida de doble acción a base de Kresoxim (estrobilurinas) con Epoxyconazole (Triazol) aplicando una dosis de 0.75 litros por hectárea. Pueden también utilizarse productos biológicos con microorganismos como Trichoderma spp.

La sintomatología inicia en las hojas viejas y se caracteriza por manchas amarillas con necrosis, que luego se diseminan al resto de la planta. En el envés de las hojas pueden visualizarse pústulas de color naranja. La época de mayor severidad de la enfermedad ocurre dentro de la época lluviosa y la susceptibilidad de las plantas es mayor cuando el potencial productivo es mayor.

Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

El Ojo de Gallo es una enfermedad ocasionada por el hongo fitopatógeno de la especie *Mycena citricolor* el cual causa serios daños al cultivo, siendo el más importante la defoliación de la planta. El síntoma más común de la enfermedad es la presencia de manchas de color café pálido en las hojas. Sin embargo, el hongo puede afectar a todos los órganos de la planta, incluyendo frutos y tallos. A medida que la infección de la enfermedad avanza los frutos inmaduros caen afectando negativamente el rendimiento.

A su vez éste se debe complementar con un adecuado programa nutricional, puesto que una planta bien nutrida está mejor preparada para tolerar e ataque de patógenos. En cuanto al control químico se recomienda realizar aplicaciones preventivas con Starmix® SC a una dosis de 0.75 litros por hectárea antes del inicio de la temporada de lluvias.

La aparición y desarrollo de esta enfermedad dependen directamente de ciertas condiciones ambientales que son idóneas para el hongo. Elementos como la lluvia y la persistencia de una lámina de agua sobre la superficie foliar son determinantes, puesto que el patógeno requiere ambientes muy húmedos para prosperar. Dentro de este contexto, la iluminación se posiciona como un factor crítico: cuando esta es baja, se obstaculiza la evaporación del agua de las hojas, manteniendo una humedad constante que desencadena la fase de reproducción del hongo. Además, las variaciones bruscas entre las temperaturas máxima y mínima actúan como un catalizador, ya que promueven la condensación y, por consiguiente, el incremento de la humedad, facilitando la propagación de la enfermedad en el cultivo.

Para el manejo del Ojo de Gallo, se recomienda llevar registro de los datos climáticos puesto que temperaturas superiores a los 20 grados, combinadas con humedad relativa elevada, generan condiciones propicias para la esporulación del hongo.

Esto se debe complementar con un manejo cultural que incluya: control de malezas, manejar distanciamientos que permitan una adecuada aireación entre plantas, podas de la sombra para mantener el ingreso de luz a la plantación y evitar cultivar variedades de café susceptibles a la enfermedad, como por ejemplo Catimore.

Antracnosis del Café (*Colletotrichum gloeosporioides*)

Esta enfermedad es ocasionada por el patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, que es un hongo endémico en todas las zonas donde se cultiva café. La enfermedad se caracteriza por presentar necrosis en hojas, frutos y ramas; sin embargo, esta es mucho más agresiva atacando los frutos. Usualmente inicia en los ápices de las bandolas y migra paulatinamente hacía el eje central de la planta de café y se manifiesta con caída de hojas y frutos llegando a la muerte de las ramas. La época de mayor incidencia ocurre durante las lluvias.

Al igual que con la Roya y el Ojo de Gallo es importante llevar registro actualizado de las variables climáticas, y hacer un manejo adecuado de la nutrición del cultivo de café, complementados con un adecuado manejo de la sombra. El control químico puede realizarse de forma preventiva con productos protectantes; sin embargo, si la incidencia sobrepasa el 5%, deben ser aplicados productos sistémicos como Starmix® SC a una dosis de 0.75 litros por hectárea, en mezcla con Bioestimulantes como TECNIFEED ACTIVE® a una dosis de 2 litros por hectárea. (DISAGRO, 2021)

Manejo del cultivo y pos-cosecha

El método de control más utilizado para plagas, enfermedades y malezas es el uso de productos sintéticos. Específicamente, el 36% de los productores usa solo métodos químicos para el control de plagas, mientras que el 80% los utiliza para las enfermedades fúngicas, y el 68% para el manejo de arvenses. El uso excesivo e

irracional de plaguicidas ha provocado resistencia en plagas y enfermedades, así como la erosión y pérdida de fertilidad del suelo. (Tronconi, s,f)

Un aspecto crítico es que la mayoría de los productores (56%) no saben cómo actúan los plaguicidas que utilizan. Además, más del 40% no realizan controles de calidad al café durante la etapa de beneficiado húmedo, y el 24% no limpia el transporte que usa para trasladar el café. Estas prácticas inadecuadas comprometen la calidad y sanidad del producto final.

Tipos de Enfermedades y Métodos de Manejo

El estudio identificó seis enfermedades causadas por hongos que afectan a los cafetales, siendo el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) la más común, reportada por el 46% de los productores. Le sigue la roya (*Hemileia vastatrix*), que, aunque ocupa el segundo lugar en incidencia en el estudio (20%), es considerada una de las enfermedades más dañinas a nivel nacional, con un 37% de incidencia. El moho de hilachas (*Pellicularia koleroga*) afecta a un 15% de los productores. Otras enfermedades reportadas en menor medida son la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), la pudrición de la raíz (*Rosellinia bunodes*) y la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), cada una afectando entre el 5% y el 7% de las fincas.

Métodos de Control

Los productores manejan estas enfermedades principalmente con métodos químicos y biológicos. El 80% de los productores utiliza productos químicos para el control de enfermedades, mientras que el resto combina métodos químicos y biológicos.

El uso de fungicidas químicos es la estrategia de manejo dominante, representando el 91.8% de los métodos de control, frente a un 8% de uso de productos biológicos. Los fungicidas químicos más utilizados son Amistar Xtra® 28 SC (31.1%), Opera® 18.3 SE (16.4%) y Alto® 10 SL (16.4%).

Desafíos y Consecuencias

Los productores reportan que el uso continuo del mismo producto puede hacer que los hongos desarrollen resistencia, lo que resulta en un menor control de la enfermedad y, por ende, en plantaciones desgastadas, bajos rendimientos y una menor calidad del café. A pesar de que la roya es un problema significativo, las fincas están perdiendo productividad debido al uso irracional de plaguicidas, lo que también contribuye a la erosión y la pérdida de fertilidad del suelo.

Además, el documento menciona que muchos productores creen que la incidencia de *Mycena citricolor* (ojo de gallo) está relacionada con el goteo de la lluvia de los árboles de sombra, particularmente de las especies maderables cuya altura no se puede regular. Sin embargo, se sugiere que reducir la sombra de manera adecuada puede disminuir el riesgo de infección por este hongo, ya que la sombra prolonga la humedad en el follaje del café, favoreciendo el ataque del patógeno.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de diseño mixto

El presente estudio se enmarca en un diseño de investigación mixto, al combinar elementos de los enfoques cuantitativo y cualitativo. El enfoque cuantitativo se refleja en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de mediciones específicas relacionadas con la incidencia o severidad de las enfermedades del café (roya, antracnosis y mancha de hierro). Esta información será analizada estadísticamente para determinar la efectividad de los tratamientos orgánicos evaluados.

Su enfoque cualitativo permitirá observar aspectos complementarios del comportamiento del cultivo y del entorno agroecológico durante la aplicación de los tratamientos, incluyendo posibles efectos visuales, reacciones del cultivo, condiciones ambientales, y percepción del productor sobre el manejo orgánico aplicado. Esta parte será relevante para enriquecer la interpretación de los resultados desde una perspectiva integral. La combinación de ambos enfoques busca ofrecer una comprensión más completa del fenómeno estudiado, no solo

desde los datos estadísticos, sino también considerando el contexto agroecológico y la aplicabilidad práctica de las alternativas orgánicas en fincas cafetaleras.

Tipo de investigación

Se clasifica como descriptivo, explicativo y experimental. Es descriptivo porque se enfoca en observar y caracterizar el comportamiento del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) frente a la aplicación de dos tratamientos orgánicos, registrando la presencia y posible reducción de tres enfermedades: roya (*Hemileia vastatrix*), antracnosis (*Colletotrichum spp.*) y mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*).

Es explicativo porque busca analizar la relación causa-efecto entre la aplicación de los bioinsumos y la respuesta fitosanitaria del cultivo, permitiendo interpretar cómo influyen los tratamientos orgánicos en el control de dichas enfermedades y, por ende, en la salud general de las plantas.

Es experimental porque se aplicaron tratamientos específicos bajo condiciones reales de campo, siguiendo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Este enfoque permite comparar la eficacia de los tratamientos frente a un testigo sin manejo, con el fin de evaluar su desempeño desde una perspectiva agroecológica y estadísticamente válida.

Población y muestra

La población de estudio está conformada por plantas de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas en la finca Los Pinos de Adán, ubicada en la comunidad Las Escaleras, Matagalpa. Esta finca presenta condiciones edafoclimáticas representativas de la zona cafetalera del norte de Nicaragua, y cuenta con áreas establecidas bajo manejo convencional y agroecológico.

La muestra estuvo constituida por 80 plantas de café, seleccionadas intencionalmente para ser parte del experimento. Se establecieron cinco tratamientos en total: dos tratamientos orgánicos, dos tratamientos químicos y un testigo sin manejo. Cada tratamiento se aplicó a 16 plantas, distribuidas en bloques bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con el fin de reducir la variabilidad entre unidades experimentales y garantizar la validez estadística de los resultados.

Variables y categoría (operacionalización de variables)

En el contexto de un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), la operacionalización de variables es el proceso de definir de manera clara y precisa cómo se medirán las variables del estudio. El DBCA se utiliza cuando hay una fuente de variabilidad conocida (el bloque) que podría afectar los resultados, y su objetivo es aislar y controlar esa variabilidad para obtener una medición más precisa del efecto de los tratamientos (Newell, 2023)

Una variable es un proceso fundamental que debe considerar tres tipos de variables: la variable independiente (tratamiento), la variable de bloqueo y la variable dependiente (respuesta). El objetivo del DBCA es controlar una fuente de variabilidad conocida (el bloque) para poder medir con mayor precisión el efecto de los tratamientos. (Frost, 2025)

Para el presente estudio se establecieron diferentes tratamientos conformados por insumos tanto orgánicos como químicos, con el propósito de evaluar su efectividad en el control de enfermedades foliares. En la tabla de tratamientos se detallan los materiales utilizados, las cantidades aplicadas, sus costos unitarios y totales, así como la relación beneficio/costo y las observaciones correspondientes, lo que permite analizar la viabilidad económica y práctica de cada tratamiento.

En la tabla de variables se definió como variable principal la incidencia de enfermedades, la cual se subdividió en tres subvariables: roya, antracnosis y mancha de hierro. Cada una de estas subvariables fue medida mediante el porcentaje de incidencia observado en las plantas, utilizando como medios de

verificación la observación directa en campo, el registro fotográfico y las entrevistas realizadas a los productores. Esta categorización permitió obtener una evaluación integral del comportamiento de las enfermedades en respuesta a los distintos tratamientos aplicados

En las siguientes tablas se muestran los costos de los tratamientos aplicado (numerar tabla)

Tabla de variables de tratamiento

Variables	Sub Variable	Indicador	Medio de Verificación
Incidencia de enfermedades	Roya	% de incidencia por enfermedad	Fotografías
	Antracnosis		Hojas de campo
	Mancha de hierro		Entrevistas

Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Para la obtención de la información necesaria en este estudio se utilizaron diversas técnicas e instrumentos que permitieron recolectar datos cuantitativos y cualitativos de manera sistemática y confiable.

Observación directa y registro en tablas de recolección de datos

La evaluación de la incidencia y severidad de las enfermedades (roya, antracnosis y mancha de hierro) se realizó mediante inspecciones visuales periódicas en cada planta de café que formó parte del experimento. Para este fin se diseñaron tablas de recolección específicas, ver ,,,,donde se registraron las variables dependientes según las escalas de medición establecidas en la operacionalización de variables. Estas tablas facilitaron la organización de datos y su posterior análisis estadístico.

Entrevistas

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas al propietario de la finca y al personal encargado del manejo agrícola, con el propósito de obtener información cualitativa sobre las prácticas agronómicas previas, percepción sobre el uso de bioinsumos y

la problemática asociada a las enfermedades del café en la zona. Esta técnica permitió complementar los datos cuantitativos con una visión contextual y experiencias de los productores.

Revisión documental

Se consultaron registros previos de manejo fitosanitario y documentos relacionados con la finca y la comunidad, para entender el contexto histórico y las condiciones en que se desarrolla el cultivo. Esto contribuyó a enriquecer el análisis y validar las observaciones realizadas en campo.

Procedimientos

- Antes del inicio del experimento, se capacitaron los participantes en el uso correcto de las tablas de recolección y en la identificación visual de las enfermedades. Explicar
- Las observaciones y registros se realizaron de forma semanal durante el ciclo de evaluación, asegurando la consistencia y oportunidad de los datos.
- Las entrevistas se efectuaron de manera presencial, grabando las respuestas para su posterior transcripción y análisis cualitativo.

Confiabilidad y validez de los instrumentos

Para garantizar la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, se emplearon escalas estandarizadas para evaluar la incidencia y severidad de las enfermedades foliares del café, aplicadas de manera sistemática y por personal previamente capacitado. Esto permitió minimizar la variabilidad en la interpretación de los síntomas y asegurar la consistencia en los registros a lo largo del tiempo. , las

Entrevistas

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas al propietario de la finca y al personal encargado del manejo agrícola, con el propósito de obtener información cualitativa sobre las prácticas agronómicas previas, percepción sobre el uso de bioinsumos y la problemática asociada a las enfermedades del café en la zona. Esta técnica

permitió complementar los datos cuantitativos con una visión contextual y experiencias de los productores.

Procedimientos

- Antes del inicio del experimento, se capacitaron los participantes en el uso correcto de las tablas de recolección y en la identificación visual de las enfermedades. Explicar
- Las observaciones y registros se realizaron de forma semanal durante el ciclo de evaluación, asegurando la consistencia y oportunidad de los datos.
- Las entrevistas se efectuaron de manera presencial, grabando las respuestas para su posterior transcripción y análisis cualitativo

Confiabilidad y validez de los instrumentos

Para garantizar la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, se emplearon escalas estandarizadas para evaluar la incidencia y severidad de las enfermedades foliares del café, aplicadas de manera sistemática y por personal previamente capacitado. Esto permitió minimizar la variabilidad en la interpretación de los síntomas y asegurar la consistencia en los registros a lo largo del tiempo. Asimismo, las entrevistas semi-estructuradas se realizaron mediante una guía de preguntas diseñada para mantener uniformidad en la obtención de información, lo que contribuyó a la estabilidad de los datos cualitativos.

En cuanto a la validez, los instrumentos se diseñaron con base en protocolos y escalas reconocidas en la literatura especializada sobre enfermedades del café, garantizando que las variables evaluadas correspondieran fielmente a la severidad e incidencia de roya, antracnosis y mancha de hierro. La guía de entrevista fue elaborada tomando en cuenta aspectos específicos del manejo agroecológico y la percepción de los productores, asegurando que la información recopilada fuera pertinente y representativa para los objetivos del estudio.

Adicionalmente, para el análisis de costos de producción, se realizó una entrevista al productor sobre los gastos incurridos durante el año agrícola anterior. Este procedimiento permitió recopilar datos económicos confiables y directamente vinculados con la realidad productiva de cada unidad de estudio, reforzando tanto la validez como la pertinencia de la información financiera utilizada en la investigación.

Técnicas, instrumentos y procedimiento para el procesamiento y análisis de la información

La información recolectada en campo corresponde a la incidencia y severidad de tres enfermedades comunes en el cultivo de café: roya (*Hemileia vastatrix*), antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*). Estas variables fitosanitarias fueron evaluadas directamente en plantas distribuidas bajo un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BDCA), con un total de cuatro bloques como unidades experimentales de repetición.

Instrumentos de recolección y registro

Durante la fase de muestreo, se emplearon formatos de campo preestablecidos, diseñados para registrar de forma sistemática los siguientes datos:

- Identificación de bloque y tratamiento
- Número de planta o unidad de muestreo
- Porcentaje de incidencia por parcela
- Estimación visual de severidad (escala porcentual)
- Observaciones generales (estado fenológico, condiciones ambientales).

La estandarización de estos formatos aseguró la coherencia de los registros y facilitó la organización posterior de la información.

Digitalización y estructuración de la información

Finalizado el trabajo de campo, todos los datos fueron digitalizados y organizados en hojas de cálculo electrónicas mediante el programa de SPSS, este software se utilizó como herramienta principal para:

- Depuración de datos: Identificación y corrección de errores de digitación, valores atípicos o inconsistentes.
- Estructuración de la base de datos: Asignación de columnas específicas para cada variable y factor experimental, incluyendo la codificación de bloques, tratamientos y observaciones.
- Cálculos preliminares: Generación de estadísticas descriptivas básicas (media, rango, desviación estándar) por tratamiento y bloque.

Además de las variables fitosanitarias, se consideró una variable económica asociada a los costos de implementación de cada tratamiento, la cual será reflejada en tablas comparativas descriptivas en una etapa posterior del análisis. Aunque al momento de redacción aún no se dispone de los datos completos de costos, estos se incorporarán en función de los insumos, mano de obra y otros recursos utilizados.

Procedimiento para el análisis estadístico

Con la información ya sistematizada, se procederá a realizar el análisis estadístico de varianza (ANOVA) con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos respecto a las variables de incidencia y severidad de las enfermedades. Este análisis se realizará utilizando las herramientas estadísticas integradas en SPSS, empleando el complemento "Análisis de datos".

El diseño experimental BDCA permite controlar la variabilidad entre bloques, lo que mejora la precisión del análisis y la interpretación de los resultados. En caso de detectarse diferencias significativas, se aplicarán pruebas de comparación de medias (como Tukey o LSD, si corresponde) para identificar los tratamientos más eficaces.

Criterios de calidad

Rigurosidad metodológica

El presente estudio se estructuró bajo un enfoque cuantitativo-experimental con el objetivo de evaluar la efectividad de tratamientos agroecológicos en el control de enfermedades en el cultivo de café. La rigurosidad metodológica fue garantizada a través de la planificación cuidadosa del experimento, el control de variables, la estandarización de instrumentos y el uso de herramientas estadísticas apropiadas. A continuación, se describen los principales elementos que aseguran la calidad científica del estudio

Diseño experimental y control de la variabilidad

El diseño experimental adoptado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), el cual es ampliamente reconocido por su capacidad para controlar la variabilidad ambiental o edáfica entre bloques, mejorando así la validez interna del estudio. La aleatorización de los tratamientos dentro de cada bloque redujo la posibilidad de sesgos sistemáticos, permitiendo una comparación objetiva entre tratamientos. La elección de plantas homogéneas en cuanto a edad, vigor y condiciones fisiológicas iniciales contribuyó a minimizar la variabilidad experimental no controlada.

MODELO DE DISEÑO DBCA

T1	T3	T4	T2
T2	T4	T3	T1
T3	T1	T2	T4
T4	T2	T1	T3
T4	T2	T4	T3



Los tratamientos evaluados son:

Tratamientos	Dosis/Bomba	Aplicaciones
Bioextracto 3 en 1 (jengibre, vinagre y bicarbonato)	500 ml/20 lts de agua	Cada 7-10 días
Sulfato de cobre, jengibre y ajo	300 ml/20 lts de agua	Cada 7-10 días
Carbendazim	50 ml/20lts	15 a 21 días con alta incidencia

1. Tratamiento (Bioextracto 3 en 1 Jengibre, vinagre y bicarbonato):

Elaboración: Teniendo todo el material a utilizar procedemos a rayar los 200 gr del jengibre, después de rayarlo vertemos la materia en un litro de agua para dejar reposar un día. Pasando el día de reposo aplicar los 100 ml de vinagre y los 30 gr de bicarbonato.

Jengibre: Mejora el crecimiento vegetal, aumento de la producción de frutos, fortalecimiento y resistencia a enfermedades, mejora la calidad del suelo, incremento de antioxidantes.

Vinagre: Ayuda a regular el pH de la tierra y plantas, también es antiséptico por lo que se puede usar para control de plagas y enfermedades en las plantas. Cuenta con otras funciones como repelentes, antibacterianas y herbicidas.

Bicarbonato: Funciona como regulador de pH en las plantas y cuenta con acciones fúngicas, plaguicidas y bactericidas.

2. Tratamiento (Extracto de jengibre, ajo y sulfato de cobre):

Elaboración: Rayar los 200 gr de jengibre y los 100 gr de ajo los verteremos en un litro de agua para de dejar reposar un día, después del reposo aplicar un gramo de sulfato de cobre.

Jengibre: Mejora el crecimiento vegetal, aumento de la producción de frutos, fortalecimiento y resistencia a enfermedades, mejora la calidad del suelo, incremento de antioxidantes.

Ajo: Actúa como un repelente de plagas contra ácaros y pulgones. No solo tiene una función repelente si no como un bactericida natural para no generar ambientes adecuados para la propagación de bacterias perjudiciales para la planta

Sulfato de cobre: Es un fungicida muy utilizado en la agricultura gracias a su acción desinfectante (elimina microorganismos), previene y cura el desarrollo de hongos que atacan a las plantas. En altas cantidades en su estado puro puede ser toxico y afectar a la planta.

3. Tratamiento (Carbendazim):

El Carbendazim es un fungicida sistémico perteneciente al grupo químico de los bencimidazoles, ampliamente utilizado en la agricultura para el control de diversas enfermedades causadas por hongos en cultivos como el café, frijol, arroz y hortalizas. Su ingrediente activo es el metil benzimidazol-2-il carbamato, una molécula que actúa al interferir en la división celular (mitosis) de los hongos, inhibiendo la formación de microtúbulos y evitando su crecimiento y reproducción. Entre sus principales propiedades destacan su capacidad de ser absorbido por las raíces y hojas, su acción preventiva y curativa, y su movilidad interna dentro de la planta, lo que le permite proteger tanto tejidos tratados como nuevos brotes. Además, presenta una baja fitotoxicidad cuando se usa la dosis recomendadas y es eficaz contra patógenos como *Mycena citricolor*, *Colletotrichum spp.* y *Hemileia vastatrix*, responsables de enfermedades importantes en el café.

Confiabilidad de los instrumentos de medición

La confiabilidad en la medición de las variables fitosanitarias se garantizó mediante el uso de instrumentos estandarizados y la capacitación del personal responsable de las evaluaciones. Se emplearon escalas reconocidas y validadas en estudios fitopatológicos para cuantificar la incidencia y severidad de las enfermedades evaluadas:

- Incidencia (%): Se midió como el porcentaje de plantas afectadas por cada enfermedad dentro de una parcela o bloque. La fórmula utilizada fue:
- Incidencia (%)= (Número total de plantas evaluadas / Número de plantas enfermas) ×100
- Severidad (%): Se estimó visualmente con base en una escala porcentual de daño foliar, siguiendo el modelo de escalas diagramáticas, como las propuestas por Horsfall & Barratt (1945) o similares adaptadas al cultivo de café. En este estudio se utilizó una escala porcentual de clases.

Validación y supervisión continua

Durante la fase de evaluación en campo, se implementaron controles de calidad periódicos que incluyeron supervisión directa por parte de personal técnico, revisión cruzada de mediciones y validación de datos in situ. Cualquier inconsistencia detectada fue corregida de inmediato, garantizando así la integridad de la información recolectada.

Transparencia y registro documental

Se mantuvo un registro detallado y organizado de todas las actividades relacionadas con la ejecución del estudio: desde la planificación experimental, la asignación aleatoria de tratamientos, la recolección de datos en campo, hasta la digitalización y análisis. Estos registros permiten asegurar la trazabilidad del estudio y su posible replicabilidad en condiciones similares.

Uso de análisis estadístico adecuado

El análisis estadístico, aunque se aborda en detalle en el capítulo correspondiente, fue seleccionado con base en los supuestos del diseño experimental utilizado. Se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre tratamientos respecto a las variables de interés. El análisis se realizó utilizando Microsoft Excel, complementado con su herramienta de análisis de datos. En caso de encontrar diferencias significativas, se plantea aplicar pruebas de comparación de medias (como Tukey o Duncan, si se justifica) para identificar los tratamientos más efectivos.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

Los resultados obtenidos en el ensayo reflejan la respuesta de las plantas frente a cuatro tratamientos aplicados: T1 (jengibre + vinagre), T2 (ajo + jengibre + sulfato de cobre), T3 (carbencin) y T4 (testigo sin tratamiento). La evaluación se centró en determinar la incidencia de las principales enfermedades foliares roya, antracnosis y mancha de hierro—, expresada como el porcentaje de hojas afectadas por cada patógeno. Los valores registrados se presentan en forma de tablas y gráficos, con el propósito de facilitar la interpretación y comparación entre tratamientos.

El análisis considera dos enfoques complementarios: primero, la comparación específica por enfermedad, con el fin de identificar el tratamiento más eficaz en la reducción de la incidencia; y segundo, la comparación global entre tratamientos.

Los resultados obtenidos evidencian diferencias notables en el comportamiento sanitario de las plantas según el tratamiento aplicado. Los productos de origen orgánico mostraron una respuesta favorable en la reducción de la incidencia de enfermedades, particularmente en el control de la roya y la antracnosis, mientras que el tratamiento químico presentó una acción más inmediata, pero con menor sostenibilidad en el tiempo. Por su parte, el testigo sin tratamiento reflejó los valores más altos de incidencia, lo que confirma la necesidad de aplicar medidas preventivas y correctivas para mantener la sanidad del cultivo. En conjunto, estos hallazgos permiten valorar la efectividad relativa de cada alternativa, así como su potencial aplicación dentro de un manejo integrado de enfermedades.

Tabla de anova

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Roya	Entre grupos	80.688	3	26.896	13.309	.000
	Dentro de grupos	24.250	12	2.021		
	Total	104.938	15			
Antracnosis	Entre grupos	13.688	3	4.563	.758	.539
	Dentro de grupos	72.250	12	6.021		
	Total	85.938	15			
ManchadeHierro	Entre grupos	16.250	3	5.417	5.652	.012
	Dentro de grupos	11.500	12	.958		
	Total	27.750	15			
Roya2	Entre grupos	225.688	3	75.229	24.903	.000
	Dentro de grupos	36.250	12	3.021		
	Total	261.938	15			
Antracnosis2	Entre grupos	8.250	3	2.750	.230	.874
	Dentro de grupos	143.500	12	11.958		
	Total	151.750	15			
ManchadeHierro 2	Entre grupos	10.000	3	3.333	2.857	.082
	Dentro de grupos	14.000	12	1.167		
	Total	24.000	15			

El Análisis de ANOVA

Análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en las variables roya y mancha de hierro, mientras que en antracnosis no se observaron diferencias relevantes.

En el caso de roya, el valor de significancia fue $p = 0.000$, inferior al nivel de confianza de 0.05, lo cual indica que los tratamientos aplicados influyeron significativamente en la incidencia de esta enfermedad. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, que establece que existe un efecto de los tratamientos sobre la variable evaluada. Un comportamiento similar se observó en mancha de hierro ($p = 0.012$), donde también se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

En contraste, para antracnosis ($p = 0.539$) y antracnosis 2 ($p = 0.874$), los valores de significancia fueron superiores a 0.05, lo que indica que no hubo diferencias significativas en la respuesta de los tratamientos. De igual forma, en mancha de hierro 2 ($p = 0.082$) el resultado fue cercano al límite de significancia, pero no suficiente para rechazar la hipótesis nula.

Estos resultados sugieren que los tratamientos ejercieron un efecto diferenciado en la reducción de la roya y la mancha de hierro, mientras que en el caso de la antracnosis no se evidenció un impacto estadísticamente comprobable. Por consiguiente, se concluye que las aplicaciones mostraron efectividad específica según el tipo de patógeno, destacando los tratamientos con valores de $p < 0.05$ como los de mayor incidencia en la reducción del daño foliar, lo que respalda a la hipótesis Alternativa

El sulfato de cobre es un compuesto ampliamente utilizado en cultivos agrícolas, especialmente en cafetales, debido a su acción fungicida y bactericida. Se emplea principalmente para la prevención y control de enfermedades fúngicas como la *roya* y la *mancha foliar*, así como de infecciones bacterianas como la *peca bacteriana*. Su aplicación se realiza mediante la preparación del caldo bordelés, una mezcla tradicional elaborada a partir de sulfato de cobre y cal, que se pulveriza en forma de finas gotas sobre la planta.

Este método permite recubrir y proteger los tejidos vegetales, creando una barrera de contacto que impide la germinación de esporas y el desarrollo de patógenos en la superficie foliar. (vadequímica, 2024). Los resultados obtenidos en el presente estudio respaldan la efectividad del sulfato de cobre descrita en la literatura. Durante la evaluación, el tratamiento que incluyó este compuesto (T2: ajo, jengibre y sulfato de cobre) mostró una reducción en la incidencia de enfermedades foliares, especialmente en roya y mancha de hierro, en comparación con el testigo.

De acuerdo con el comportamiento confirma su acción fungicida y bactericida, la cual actúa principalmente por contacto, impidiendo la germinación de esporas y el desarrollo de los patógenos sobre las hojas. Dichos resultados evidencian que el uso de sulfato de cobre, combinado con extractos naturales, puede ser una alternativa eficaz dentro de estrategias de manejo integrado de enfermedades, favoreciendo la protección del cultivo y reduciendo la dependencia de fungicidas sintéticos.

Después de comprobar mediante el análisis de varianza (ANOVA) que existieron diferencias significativas entre los tratamientos en el control de las principales enfermedades foliares, se realizó una evaluación complementaria centrada en el costo y la sostenibilidad de cada alternativa. Este análisis tuvo como propósito determinar la viabilidad práctica de los tratamientos, considerando no solo su eficacia en la reducción de la incidencia de enfermedades, sino también su accesibilidad económica y su compatibilidad con prácticas agrícolas sostenibles. De esta forma, se da cumplimiento al segundo objetivo específico del estudio, orientado a identificar el tratamiento más eficiente, económico y ambientalmente favorable para el manejo fitosanitario del cultivo.

Tabla de costos de tratamientos evaluados

Tratamiento	Descripción	Costo total (C\$)
T1: Jengibre + Vinagre	Tratamiento elaborado con extracto de jengibre y vinagre natural.	C\$ 74.00
T2: Ajo + Jengibre + Sulfato de cobre	Tratamiento con extractos naturales y sulfato de cobre; presentó los mejores resultados en control de enfermedades.	C\$ 200.00
T3: Carbendazin	Fungicida químico de uso comercial para control de enfermedades foliares.	C\$ 330.00

El análisis de costos realizado para los tres tratamientos permitió identificar diferencias notables en los requerimientos económicos de cada formulación. El tratamiento 2 (ajo + jengibre + sulfato de cobre) presentó un costo total de C\$200, siendo más económico que el tratamiento químico (T3: carbendazin, C\$330) y moderadamente superior al tratamiento natural (T1: jengibre + vinagre, C\$74). Sin embargo, al considerar de forma conjunta el costo, la efectividad y la sostenibilidad ambiental, el tratamiento 2 se posicionó como la alternativa más viable dentro de las opciones evaluadas.

En relación con su efectividad, este tratamiento demostró un control superior sobre la roya y la mancha de hierro, lo cual se asocia con la acción combinada de los compuestos activos del ajo y el jengibre, junto con el efecto fungicida y bactericida del sulfato de cobre, empleado tradicionalmente en formulaciones como el caldo bordelés. Estos componentes actúan por contacto, formando una barrera protectora que inhibe la germinación de esporas y el desarrollo de patógenos, lo que explica la reducción significativa observada en la incidencia de enfermedades.

El tratamiento 2 constituye una alternativa ambientalmente más segura frente al uso exclusivo de fungicidas sintéticos. A diferencia del carbendazin, que puede generar residuos tóxicos en el suelo y afectar organismos benéficos, la combinación de extractos

vegetales con bajas dosis de sulfato de cobre minimiza el impacto ecológico y favorece la sostenibilidad del sistema productivo.

Los resultados permiten concluir que el tratamiento 2 no solo fue efectivo en el control de enfermedades, sino también económicamente accesible y ambientalmente compatible, lo que lo convierte en una alternativa práctica para el manejo integrado de enfermedades foliares en sistemas agrícolas sostenibles.

Conclusiones

Los tratamientos orgánicos (extracto de jengibre) y químicos (sulfato de cobre y fungicida comercial) demostraron ser efectivos en el control de las enfermedades roya, antracnosis y mancha de hierro en plantas de café, presentando una reducción significativa en la incidencia y severidad de las enfermedades en comparación con el testigo sin tratamiento.

Se evidenció que los tratamientos combinados (ajo, jengibre y sulfato de cobre) presentaron mejores resultados en la reducción de la incidencia de enfermedades que los tratamientos individuales, lo que sugiere que la combinación de métodos orgánicos y químicos puede optimizar el control de patógenos en el cultivo de café.

El análisis beneficio-costos de los tratamientos aplicados mostró que los tratamientos orgánicos, además de ser efectivos, resultan económicamente viables bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca Los Pinos de Adán, ofreciendo una alternativa sostenible y rentable frente al uso exclusivo de fungicidas químicos.

Los resultados obtenidos permiten recomendar la implementación de los tratamientos estudiados como estrategias de manejo integrado de enfermedades en café, contribuyendo al aumento de la productividad y a la sostenibilidad del cultivo en la región de Matagalpa.

Recomendaciones

Implementar un plan de podas y regulación del dosel

Se recomienda diseñar e implementar un programa plurianual de poda centrado en la regulación del Índice de Área Foliar (IAF) y la estructura vertical del dosel. Este plan debe detallar la frecuencia, intensidad, y tipo de poda (sanitaria, de formación o de renovación) específica para cada lote o sector. El objetivo primordial es optimizar la interceptación lumínica, asegurando una relación óptima entre la producción presente y la formación de ramas productivas futuras, lo cual es crítico para la sostenibilidad de la producción.

Orientar las podas de café para mejorar la ventilación dentro de la plantación.

Las prácticas de poda deben ser reorientadas con un enfoque en la mejora de la ventilación intradosel y la reducción de la humedad relativa microclimática. Esto implica realizar podas que maximicen el flujo de aire horizontal y vertical a través de la planta (ej. mediante la eliminación de chupones basales densos y la apertura de "ventanas" en el tercio medio de la planta). Una adecuada aeración es una medida cultural clave para reducir la duración del período de alta humedad, lo cual disminuye significativamente la presión de inóculo de enfermedades foliares y de frutos, especialmente Roya (*Hemileia vastatrix*) y Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*).

Diseñar un calendario MIE adaptado al microclima, priorizando medidas culturales y biológicas.

Es imperativo desarrollar un calendario MIE dinámico y adaptativo que se ajuste a las variaciones fenológicas específicas del café en el microclima de la finca, en lugar de un cronograma rígido. Se debe dar prioridad estricta a la intervención biológica y cultural (nutrición, poda, manejo de sombra, y densidades de siembra) como primera línea de defensa. El calendario debe articular de manera precisa las épocas óptimas para la aplicación preventiva de agentes de biocontrol y bioestimulantes, reservando las intervenciones químicas de bajo impacto y alta selectividad solo para cuando los umbrales de acción biológica o cultural sean superados, asegurando así la integridad del agroecosistema y la reducción de costos de insumos.

Implementación de tratamientos

Se recomienda aplicar los tratamientos orgánicos y combinados (extracto de jengibre, ajo y sulfato de cobre) de manera sistemática en el cultivo de café, ya que han demostrado eficacia en el control de roya, antracnosis y mancha de hierro, reduciendo la incidencia y severidad de estas enfermedades.

Monitoreo continuo

Mantener un seguimiento constante de la incidencia de enfermedades en el cultivo permitirá ajustar los tratamientos según las condiciones específicas de la finca, optimizando los recursos y asegurando la eficiencia de los métodos aplicados.

Capacitación y difusión

Promover talleres y capacitaciones para los productores locales sobre el uso de tratamientos orgánicos y prácticas sostenibles contribuirá a la adopción de técnicas eficientes y al fortalecimiento del manejo integrado de enfermedades en la región.

Referencias

- Alemán, G. S. (2017). *Perfil de la finca agroecologica productora de cafe La Loteria ubicada en la comunidad la fundadora en el unicipio de matagalpa periodo 20177 y 2018*. matagalpa.
- Anacafé, A. N. (2020). *Guia variedades de cafe*. Guatemala.
- Cafe, I. (Noviembre de 2014). *CAFE INTA*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=IEIVmtKULwo&t=173s>
- Cambiagro, E. E. (20 de Diciembre de 2024). *Cambiagro*. Obtenido de <https://share.google/aUJ4EHmLmHKsFxigE>
- DISAGRO. (2021). *Principales enfermedades del cultivo de café*.
- el19digital. (junio de 2025). *el19digital*. Obtenido de <https://www.el19digital.com/articulos/ver/165086-impulsan-caficultura-nicaraguense-con-cursos-de-productividad-e-innovacion>
- FAO. (2016). *Manejo agroecologico de la roya del cafe*.
- FAO. (2020). *Bioinsumo: Oportunidades de inversion en America Latina*.
- Felix Martinez, E. H., & Martinez, Hernandez, F. (2021). *Manual operativo de la campaña contra plagas del cafeto con enfasis a la broca y roya del cafeto*.
- Frost, J. (2025). Obtenido de <https://statisticsbyjim.com/basics/randomized-block-design/#:~:text=How%20to%20Perform%20a%20Randomized,fertilizers%2C%20randomly%20assigned%20to%20plots>.
- Guerrero,Gómez y Walter. (2006). *El cultivo de café en Nicaragua se desarrolla en condiciones agroecológicas muy diversas, lo que genera microclimas que influyen directamente en la incidencia y severidad de enfermedades. Factores como la altitud, la temperatura, la humedad relativa y la*. Managua.
- ICAPE. (2011). *Guia tecnica para el Cultivo de cafe*. costa rica .
- IICA. (29 de Junio de 2021). *informe anual de 2020: productividad innovaciom y sostenibilidad institucional (informe del IICA)*. San jose, costa rica. Obtenido de IICA.
- Jimenez, E. J. (2020). *Caracterizaciion socioeconomica y fitosanitaria de 25 sistemas de produccion de cafe(coffea arabica L.) en tres municipios de matagaalpa, 20220*. *Revista Cientifica La Calera* .

- La Huerta. (7 de septiembre de 2024). *El espectador*. Obtenido de <https://www.elspectador.com/la-huerta/para-que-sirve-el-jengibre-en-las-plantas-beneficios-y-aplicaciones-clave/>
- Marcenaro, S. (1991). Zonificación agroecológica para el cultivo del café (Coffea arabica L.) en Nicaragua. *Catie*.
- Mekuria, Alemayehu & bekele. (2024). *Biochemical resistance mechanisms in Coffea arabica*. *International journal of food science and biotechnology*.
- Muschler, R. (1997). "Sombra o sol para un cafetal sostenible: un nuevo enfoque de una vieja discusión". San José.
- Newell, A. (21 de noviembre de 2023). Obtenido de <https://study.com/learn/lesson/randomized-block-design-experiment-example.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20dise%C3%B1o%20de,las%20unidades%20de%20cada%20bloque.>
- POMAI.S. (12 de Marzo de 2025). Obtenido de <https://www.pomais.com/es/carbendazim-use-in-agriculture/>
- Rothschuh, U. (1 de Septiembre de 2025). *Ecología verde*.
- Rothschuh, U. (21 de agosto de 2025). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://share.google/2jF6MVtIEpOOtOL9>
- Sala, G. (2013). *Todo Huerto y Jardín*. Obtenido de <https://todohuertoyjardin.es/blog/preparado-de-ajos-como-insecticida?srltid=AfmBOorwbdYJNRxTYw9OjXWMG6piXHtJZIFSgKKT7ciEuTZ9yWjJTobr>
- Santiago, m. &. (1991). Zonificación agroecológica para el cultivo del café (Coffea arabica L.) en Nicaragua.
- Tronconi, N. (s,f). *Principales enfermedades del cultivo de café*.
- Umaña, (. &. (2020). *Factores agroecológicos asociados a la incidencia de enfermedades en cafetales de América Central*. San José.
- vadequímica. (2024). Obtenido de <https://www.vadequimica.com/blog/todos-los-articulos/sulfato-de-cobre-para-plantas.html#:~:text=%C2%BF%C3%B3mo%20se%20utiliza%20el%20sulfato,las%20hojas%20de%20tus%20plantas.>
- vargas, M. p. (2016). *Diagnóstico de los pequeños y medianos productores de café de la comunidad :Ñ~P? Matagalpa*.

Zeledón, C. A. (2014). *Programas de manejo de roya (Hemileia vastatrix) en cinco fincas.*

Zeledón, C. A. (2014). *Programas de manejo de roya (Hemileia vastatrix) en cinco fincas.* Matagalpa.

Anexos

