



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Evaluación comparativa del efecto de prácticas
agronómicas sobre el rendimiento y la incidencia de roya
(*Hemileia vastatrix*) en café, en la finca de Don Santana
Velásquez, La Estrellita - Matagalpa, ciclo 2025

Blandón Rivas Enmanuel Yair y Escobar Soza Tonny Aldahir

Asesor/Tutor

Francisco Javier Chavarría Aráuz

ÁREA DE CONOCIMIENTO: Ciencia y tecnología
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE MATAGALPA

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Área de Conocimiento
Centro Universitario Regional de Matagalpa

Departamento Ciencias Tecnología y Salud

Informe de Investigación

Evaluación comparativa del efecto de prácticas agronómicas sobre el rendimiento y la incidencia de roya (*Hemileia vastatrix*) en café, en la finca de Don Santana Velásquez, La Estrellita - Matagalpa, ciclo 2025

Tesis para optar al grado de
Carrera: Ingeniera Agronómica

Autor/es

Enmanuel Yair Blandón Rivas

Tonny Aldahir Escobar Soza

Asesor/es

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Noviembre 2025



DEDICATORIA

A Dios: A sido el que me ha iluminado la mente, me ha brindado su ayuda, su acompañamiento, con el he podido lograr muchas cosas vencer obtaculos y sobre todo culminar mis estudios universitarios, gracias a mi padre celestial por guiarme en el camino del bien, de la justicia y la humildad.

A mis padres : **Danilo Blandón Matamoros, Sugey Rivas Castro** : Por siempre estar para mí en cada momento de mi vida universitaria por apoyarme, educarme, enseñarme siempre los buenos valores, los buenos comportamientos, los buenos hábitos, por animarme siempre, son el pilar fundamental de mi vida estoy muy agradecido con ellos por todo lo que hacen por mi sin esperar nada a cambi, gracias a ellos me he convertido en una persona con honesta, trabajador, gracias por siempre enseñarme la virtud de nunca rendirme, gracias a ellos puedo culminar mi carrera universitaria.

Br. Enmanuel Yair Blandón Rivas

DEDICATORIA

A Dios: Por permitirme la vida, la salud, el conocimiento, el crecimiento y la sabiduría para continuar en busca de mis metas como persona, y como profesional, siendo la luz que me ilumina mi mente, fortalece mi corazón y ayuda a vencer cada obstáculo que enfrente en mi caminar.

A mis padres: **Rita Soza Martínez, Estanislao Escobar Vargas:** por dar lo mejor de ellos sin esperar nada a cambio, por haber sido tan incondicionales, amorosos, comprensivos, generosos, humildes y por animarme a seguir adelante para ser mejor ser humano, a enfocarme en mis estudios ellos son el pilar fundamental para el cumplimiento de mis metas.

Br. Tonny Aldahir Escobar Soza

AGRADECIMIENTO

A Dios: Porque gracias a la vida que él nos regala día a día es que hemos llegado hasta este momento tan importante de nuestra vida.

A nuestro tutor **PhD. Francisco Javier Chavarría Arauz**, que con su apoyo y conocimiento logramos realizar nuestra investigación en donde nos dirigió en cada proceso, nos alentó cada día para lograr esta investigación, tuvimos la gratitud que fue nuestro docente durante estos 5 años de estudio en donde aprendimos mucho de él con su gran enseñanza y sabiduría.

A nuestro docente **PhD. Julio laguna** por su tiempo, por sus conocimientos de manera práctica y teórica siempre nos brindó ayuda, siempre nos apoyó y fue fundamental en nuestra carrera por sus enseñanzas

A familia de Don **Santana Velásquez**, de la comunidad La Estrellita – Matagalpa, por su apoyo en este proceso por brindarnos la oportunidad de realizar esta investigación en su finca, por estar siempre a la orden y disposición, en cada momento que visitamos la finca, gracias a ellos logramos concretar esta investigación

Br. Enmanuel Yair Blandón Rivas

Br, Tonny Aldahir Escobar Soza

Aval de Tutor

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 comparativa del efecto de prácticas agronómicas sobre el rendimiento y la incidencia de roya (*Hemileia vastatrix*) en café, finca La finca de Don Santana Velásquez, La Estrellita - Matagalpa, ciclo 2025”. Realizado por los bachilleres: **ENMANUEL YAIR BLANDÓN RIVAS**, carné # 21-60503-3 y **TONNY ALDAHIR ESCOBAR SOZA**, carne # 21-60322-9.

Considero que el informe realizado por los bachilleres **BLANDÓN** y **ESCOBAR**, 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
Teléfono 83320394

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la finca de Don Santana Velásquez, comunidad la Estrellita Matagalpa, para evaluar el efecto de prácticas agroecológicas en el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) durante el ciclo 2025. La investigación se enfocó en validar y conocer prácticas de mejora en el cafetal de Don Santana con la guía de manejo del Instituto del Café de Costa Rica (CICAPE) para valorar el manejo del cafetal ante el hongo de la roya, se ocuparon bioinsumos orgánicos (caldo sulfocálcico y extracto de neem) en comparación con el fungicida (Nativo) usando un diseño de bloques completamente al azar mediante análisis estadístico ANOVA para conocer la incidencia y severidad de la roya, con un seguimiento detallado que permitió evaluar la efectividad de cada tratamiento a lo largo del estudio, los resultados evidenciaron que el caldo sulfocálcico y el fungicida químico Nativo redujeron significativamente la incidencia de roya, mientras que el extracto de neem mostró menor efectividad, se validó que el caldo sulfocálcico es una alternativa económica, sostenible y ambientalmente amigable para el control de esta enfermedad, contribuyendo además a mejorar la salud del suelo y la planta. Se subraya la importancia de prácticas integrales como poda, deshierbe, manejo de sombra, adecuada para disminuir la incidencia de roya en la finca de Don Santana, se promueven técnicas responsables, orientadas a la sostenibilidad, fortaleciendo la economía familiar y seguridad alimentaria del productor de manera agroecológica, en donde se recomienda la integración de bioinsumos en planes de manejo integral de enfermedades

Palabras clave: Roya del café, bioinsumos, caldo sulfocálcico, neem, agroecología.

ÍNDICE

Capítulo I	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.2.1 La agroecología a nivel mundial	2
1.2.2 Sistemas Agroecológico en Nicaragua	2
1.2.3 Caficultura a nivel mundial.....	3
1.2.4 Caficultura en Nicaragua	4
1.2.5 Agroecología en plantaciones de café.....	5
1.2.6 Uso de bioinsumos para el control de roya en café.....	5
1.2.7 Uso de extracto de Neem para control de roya en café	6
1.2.8 Caldo sufocálcico para el control de roya	7
1.3 Planteamiento del problema.....	8
1.4 Justificación	9
1.5 Objetivos	10
1.5.1 Objetivo general	10
1.5.2 Objetivos específicos	10
1.6 Preguntas de investigación	11
1.7 Hipótesis de investigación.....	11
1.7.1 Hipótesis Alternativa (HA	11
1.7.2 Hipótesis nula (H0	11
1.8 Limitaciones.....	12
1.9 Contexto de la investigación	13
Capitulo II.....	14
2. Marco Teórico.....	14
2.1 Cultivo de café	14
2.2 Morfología de cultivo	14
2.3 Variedad catimor	16
2.4 Manejo de cafetal en producción	17
2.4.1 Sombra de café	17

2.4.2 Sombra temporal.....	17
2.4.3 Sombra permanente.....	18
2.5 Poda de la sombra.....	19
2.5.1 Poda del café.....	19
2.5.2 Despunte herbáceo.....	20
2.5.3 Poda alta o descope.....	20
2.5.4 Poda sanitaria.....	21
2.5.5 Poda baja o recepa.....	21
2.5.6 Poda “esquelética”.....	21
2.6 Deshije en café.....	21
2.7 Manejo de malezas en cultivo de café.....	22
2.7.1 El anillado o plateo.....	22
2.7.2 Sombra y hojarasca.....	23
2.7.3 Manejo comunidades de malezas.....	23
2.7.4 Herbicidas naturales.....	23
2.7.5 Machete y “Trimmer”.....	24
2.7.6 Manejo químico.....	24
2.8 Manejo integrado de enfermedades.....	24
2.8.1 Gestión del cultivo.....	25
2.8.2 Economía.....	25
2.8.3 Planeación de Cosecha.....	26
2.8.4 Cosecha.....	26
2.8.5 Post cosecha.....	27
2.8.6 Despulpa.....	27
2.8.7 Fermentado.....	27
2.8.8 Lavado.....	28
2.8.9 Secado.....	28
2.8.10 Almacenado.....	28
2.9 Roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>) características y ciclo de vida.....	29
2.9.1 Impacto de la roya en la producción cafetalera.....	31
2.9.2 Causas de incidencia de la roya del café en Nicaragua.....	31
2.10 Agroecología.....	32
2.11 Bioinsumos.....	32

2.12 Fungicidas	33
2.13 Caldo sulfocálcico	33
2.13.1 Beneficios del Caldo Sulfocálcico en la agricultura orgánica.....	34
2.14 Fungicida de Neem	36
Capítulo III	37
3. Diseño Metodológico	37
3.1 Localización del estudio	37
3.2 Tipo de diseño mixto	38
3.3 Tipo de investigación.....	38
3.4 Población y muestra	39
3.5 Variables y categorías (Operacionalización de variables)	42
3.6 Métodos, técnicas e instrumentos para recolección de información y datos.....	43
3.7 Confiabilidad y validez de los instrumentos	44
3.8 Métodos, técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos e información.....	45
3.9 Criterios de calidad aplicados	45
Capítulo IV	47
4. Análisis y discusión de resultados	47
4.1 Manejo agronómico del cultivo de café	47
4.2. Efecto de dosis de tratamientos evaluados ante la enfermedad de roya <i>Hemileia vastatrix</i>	50
4.3 Costo beneficio de los tratamientos aplicados ante la enfermedad de Roya dentro del cultivo de café.	53
Capítulo V	58
5. Conclusiones	58
5.1 Recomendaciones	59
5.2 Referencias.....	60
5.3Anexos	65

Índice de tablas

Tabla 1: Taxonomia del cultivo	14
Tabla 2: Requerimientos edafoclimaticos del cultivo.....	16
Tabla 3: Datos edafoclimaticos de la Finca de Don Santana.....	37
Tabla 4: Tratamientos evaluados en el estudio	41
Tabla 5 Variables y categoria.....	42
Tabla 6: Análisis estadístico del método Anova.....	50
Tabla 7 : Costos Fungicidas Nativo.....	53
Tabla 8: Costos de Caldo Sulfocálcico.....	54
Tabla 9: Costos de Carbendazim	55
Tabla 10: Tabla comparativa de tratamientos	56
Tabla 11: Tabla para determinación de % de afectación.....	65
Tabla 12: Tabla para toma de datos de hojas afectadas con roya	65
Tabla 13 : Tabla de datos recolectados en campo	66
Tabla 14 Tabla de porcentaje de afectacion de enfermedades.....	66
Tabla 15: Tabla de datos ANOVA	67

Índice de imágenes

Ilustración 1 Mapa de la finca Fuente: Google Earth pro	37
Ilustración 2: Antes y después del tratamiento	52
Ilustración 3: Muestreo en campo.....	68
Ilustración 4: Reunión con productores.....	68
Ilustración 5: Plantillo de café	68
Ilustración 6: Preparación de bioinsumos	68
Ilustración 7: Fungicida Nativo	68
Ilustración 8: Fungicida de Neem.....	68
Ilustración 9: Caldo Sulfocalcico.....	68
Ilustración 10: Última visita	68

Índice de figuras

Figura 1: Tratamientos aplicados	40
Figura 2: Plano de campo.....	40
Figura 3: Resultados de tratamientos en su efectividad en muestreo.....	50
Figura 4: Resultados de tratamientos en su efectividad en muestreo, elaboración propia..	51

Capítulo I

1.1 Introducción

El estudio se llevó a cabo en la finca de Don Santana Velásquez pequeño productor de café de la comunidad la Estrellita del departamento de Matagalpa, el principal objetivo del estudio es analizar el manejo agronómico en el cultivo de café (*Coffea arabica*) para la validación de bioinsumos orgánicos ante la enfermedad de roya (*Hemileia vastatrix*), se utilizaron distintas alternativas agroecológicas más una alternativa química para el control, de la enfermedad.

Según Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022) los bioinsumos orgánicos son productos que se obtienen a partir del procesamiento de materia vegetal y del aislamiento y multiplicación de microorganismos. Éstos se utilizan con fines de fertilización y nutrición de las plantas y suelos, control de plagas y enfermedades, y dan como resultado una mejora en la calidad de los cultivos. Además, favorecen la absorción de nutrientes en cultivos y suelos; controlan las enfermedades de las plantas; regulan las poblaciones de plagas y estimulan la resistencia y productividad de las plantaciones.

En la investigación se evaluaron 4 tratamientos en una parcela experimental con un diseño De Bloque Completamente al Azar DBCA, donde ayuda al cultivo y al productor en un sistema de cambio de producción agrícola de forma más saludable con el medio ambiente disminuyendo el manejo convencional que se ha trabajado por décadas. La variable que se están analizando en el diseño es: incidencia de roya, se procesaran los datos de forma estadística en donde ocuparemos el método ANOVA y se trabajó con un nivel de confianza del 0.95 %. En el estudio se utilizaron 2 productos de origen biológico, 1 producto químico y un testigo que se establecieron en la parcela experimental del productor Santana Velásquez donde se ocupan 3 productos foliares que actúan como fungicidas para el control de roya dentro del cultivo de café. Mediante la investigación se busca aportar información práctica y teórica que ayude a solucionar problema de roya que son un causante de pérdidas y de cultivos y se da el impulso de utilización de alternativas más saludables y económicas que ayuden como nuevas alternativas de manejo agroecológicas.

1.2Antecedentes

1.2.1 La agroecología a nivel mundial

Los enfoques agroecológicos son propuestas de innovación que ayudan a la sostenibilidad en la agricultura a nivel mundial y todos sus sistemas alimentarios, grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (HLPE, 2019) investigo y contribuyo información para mejorar la seguridad alimentaria y su nutrición esta es una investigación internacional elaborado por el grupo alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (HLPE) presentan un camino hacia la sostenibilidad con el enfoque agroecológico.

Esta investigación tuvo un enfoque sobre los procesos de transición y transformación se estudian principios agroecológicos clave que incluyen el reciclaje de nutrientes y energía, la gestión integrada de plagas, la diversificación de cultivos, la mejora de la salud del suelo, la promoción de la biodiversidad, y la equidad social, entre otros siendo factores claves.

El logro principal del informe fue sistematizar y consolidar un marco conceptual de principios agroecológico que ayudan a los pequeños productores a cambiar su enfoque en donde se apliquen nueva tecnología como los biopreparados donde ayuda a evidenciar su potencial y limitaciones para la transformación de los sistemas alimentarios hacia modelos más resilientes, equitativos y sostenibles y generar recomendaciones de política pública a nivel global, regional y local. El informe se produjo en respuesta a una solicitud formal del Comité de Seguridad Alimentaria en octubre de 2017, con el objetivo de analizar y evaluar el papel de la agroecología y otras innovaciones en la transición hacia sistemas agrícolas y alimentarios sostenibles que mejoren la seguridad alimentaria y nutricional.

1.2.2 Sistemas Agroecológico en Nicaragua

Según Marengo (2023) en Nicaragua se promueven e implementan prácticas en los ecosistemas productivos para lograr su sostenibilidad orgánica y los ecosistemas agrícolas sostenibles representan. Una iniciativa importante para lograr cambios en los modelos de producción. También es una oportunidad para revivir diferentes sectores sociales y productivos en el país.

El estudio explica la importancia de las prácticas agroecológicas como un modelo de producción que desde la década de 1980 que se han ido adaptando en el país por productores individuales y asociaciones. Estas prácticas buscan transformar los métodos de producción agrícola tradicional para contribuir al desarrollo local y social, enfrentando problemas como el deterioro del suelo, la contaminación de fuentes de agua, control de enfermedades y la pérdida de biodiversidad.

Esta investigación complementa la parte experimental con una minuciosa revisión bibliográfica que explora el surgimiento, formalización y relevancia de las prácticas agroecológicas en Nicaragua, donde se analiza estrategias y desafíos específicos que se encuentran en el país, se habla de la importancia de estos métodos como soluciones alternativas que promueven la sostenibilidad ambiental y la soberanía alimentaria, así como su impacto en la mejora de las condiciones productivas locales y la economía familiar. Se concluye la investigación con la agroecología ha ido ganando formalidad institucional y se han implementado mecanismos jurídicos para regular y apoyar estos procesos, han tenido éxito en reducir la dependencia de insumos sintéticos importados y en fortalecer el desarrollo económico y social de sectores normalmente excluidos.

1.2.3 Caficultura a nivel mundial

La caficultura en Colombia es un motor clave para la economía y la cultura del país, constituyéndose como uno de los principales productores y exportadores mundiales de café. El sector agrícola tiene importancia social y económica mediante la generación de empleo, la contribución al PIB y la inclusión de pequeños productores organizados

El objetivo principal que tuvo la investigación de Gómez (2013) fue analizar las transformaciones del mercado mundial y nacional del café durante las últimas dos décadas, enfatizando los cambios institucionales, la liberalización del mercado, la concentración del control del mercado por países consumidores y el papel preponderante de la agregación de valor dentro de la cadena global de comercialización del café, se aborda el reto de los países productores para mantener la sostenibilidad de su producción frente a los riesgos del cambio climático, la volatilidad de los precios internacionales y la necesidad de estrategias audaces para superar estos retos.

Para poder realizar esta investigación se hizo la revisión integral de datos históricos y estadísticas relevantes, análisis del comportamiento de precios, producciones y consumos a nivel mundial y nacional, estudios de mercado, y evaluación de políticas implementadas asociaciones por nacionales e internacionales. Se obtuvieron datos cuantitativos sobre producción, exportación, inventarios y consumo, su análisis de estrategias adoptadas por los países productores, en particular Colombia, para posicionar su café en mercados especializados mediante certificaciones y diferenciación.

1.2.4 Caficultura en Nicaragua

En Nicaragua, el café representa el 25% del área de cultivos dedicados a la exportación y genera un tercio del empleo rural (más de 300 000 empleos), aportando el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y el 21% del PIB agrícola. En el año 2013 las exportaciones de café representaron el 17,8% de las exportaciones totales del país (BCN 2011). El café es producido por 44 519 productores que cultivan un área total de 180 220 manzanas, equivalentes a 126 154 ha (IV Censo Nacional Agropecuario 2011). El 97,4% son pequeños y medianos cafetaleros que cultivan hasta 20 manzanas de café, equivalentes a 14 ha, estos cafetaleros poseen el 59% del área cultivada y generan aproximadamente el 45,2% de la producción nacional, con un rendimiento promedio de 13 quintales oro por manzana (equivalente a 18,6 quintales/ha).

La importancia de este estudio es el papel crucial que el café desempeña para la economía y el desarrollo rural de Nicaragua, siendo uno de los cultivos de exportación más relevantes, generador de empleo para más de 300,000 personas y aporte significativo al PIB agrícola y nacional (Escobedo et al 2014). Además, el análisis de la cadena de valor permite entender la dinámica económica, social y técnica que afecta a los diferentes actores, en particular a los pequeños y medianos productores, los cuales representan la gran mayoría del sector. La investigación sobre la cadena de valor del café en Nicaragua se realizó con una metodología que combinó enfoques cualitativos y cuantitativos, partiendo del método científico del Sistema de Semáforo y la metodología M4P (Making Markets Work for the Poor). Incluyó la recopilación y análisis de información secundaria relevante, entrevistas a profundidad con actores clave de la cadena de valor (productores, comercializadores, instituciones), y grupos focales participativos con pequeños productores

La conclusión de la investigación es que Nicaragua cuenta con una cadena de valor robusta y potencial de gran importancia para la producción de cafés de alta calidad reconocidos internacionalmente, existen importantes desafíos para mejorar la productividad, mejorar el acceso a mercados y fortalecer la organización de los productores, se destaca la necesidad de implementar modelos de producción sostenibles con tecnologías agroecológicas para enfrentar el cambio climático, fortalecer los procesos de beneficiario y transformación para agregar valor, y desarrollar plataformas de coordinación entre los actores públicos y privados que permitan una gobernanza más eficiente de la cadena de café.

1.2.5 Agroecología en plantaciones de café

El estudio realizado por Salazar et al (2020) analiza el perfil productivo de los pequeños productores de café y su diversificación en el uso racional del suelo, asociados en la cooperativa La Reforma, como proceso de selección se tomó como caso de estudio de la finca agro-ecológica La Lotería. La comunidad La Fundadora se encuentra ubicada en la zona de amortiguamiento de la reserva natural Datanlí.

La investigación tuvo como objetivo realizar un perfil productivo de la finca agroecológica de café La Lotería, en Matagalpa, enfocándose en el año productivo 2017-2018, se aplicaron los instrumentos de recolección de información primaria como encuestas y visitas de campo directamente a los productores y propietarios de la finca su metodología combinó herramientas cualitativas y cuantitativas para diagnosticar aspectos agronómicos, socioeconómicos y ambientales relacionados con la producción de café agroecológico. El estudio logró caracterizar el sistema productivo del café agroecológico en esta finca particular, proporcionando un panorama claro de las prácticas utilizadas, las condiciones socioeconómicas del productor y el contexto ambiental, ayudo al conocimiento de modelos de producción sostenible agroecológica en Matagalpa.

1.2.6 Uso de bioinsumos para el control de roya en café

Barquero (2013) cita de Vásquez et al (2021) menciona que la roya del café es una enfermedad, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, que afecta a uno de los cultivos de

importancia económica en el estado de Chiapas. Actualmente la forma de combatir esta enfermedad es mediante el uso de variedades genéticas resistentes y fungicidas biológicas.

El principal objetivo del estudio fue usar el potencial de dos alternativas, uso de extractos de plantas y uso de hongos bioinsumos y hongos parasitarios en el campo, como alternativas al uso de fungicidas. Ambos fueron aplicados en dos parcelas de la comunidad de san Antonio Buenavista municipio de la Independencia, Chiapas. En la parcela uno, café de la variedad Borbón bajo sombra y en la parcela dos, la variedad Geisha a pleno sol. Se empleó un diseño en bloques completos al azar, con tres repeticiones y 6 tratamientos teniendo un total de 18 unidades experimentales. Se marcaron tres ramas por cada árbol y dos por tratamiento. Posteriormente se realizaron tres aplicaciones de cada uno de los tratamientos y cuatro recoletas de datos. Donde se observó la severidad e incidencia de la roya del cafeto. El mejor tratamiento para el cafeto con sombra fue el *Lecanicillium lecanii* es un hongo entomopatógeno.

1.2.7 Uso de extracto de Neem para control de roya en café

El café se posiciona como uno de los productos más comercializados a nivel nacional e internacional en México, el sector del café ha enfrentado considerables pérdidas económicas debido a la aparición de la roya del cafeto, ocasionada por el hongo *Hemileia vastatrix*. La aplicación de fungicidas se ha convertido en el método de control más comúnmente usado. No obstante, estos productos contribuyen a la polución ambiental y pueden tener consecuencias negativas para la salud humana. Por esta razón, es fundamental buscar alternativas para eliminar o reducir el impacto de la roya del cafeto. Se realizaron extracciones de las semillas, hojas y corteza de *Azadirachta indica* utilizando metanol, y estos extractos fueron probados contra esporas de *H. vastatrix* empleando un ensayo para inhibir la germinación. Diversas técnicas cromatografías fueron aplicadas para purificar el extracto de la corteza. Los hallazgos revelaron que los extractos de semilla y corteza exhiben una inhibición de la germinación que supera el 90% (Pérez et al 2023).

Pérez et al. (2023) señala que el extracto metanólico de la corteza del árbol del Neem mostró una importante inhibición de la germinación de esporas de *H. vastatrix* (92.22%) a la concentración de 10 mg/mL, mientras que las concentraciones de 1 mg/mL y 0.1

mg/mL mostraron una inhibición de 15.54 y 18.91%, respectivamente. Las observaciones microscópicas sugieren que el efecto inhibitorio a la concentración de 10 mg/mL podría ser físico, ya que las esporas se aglutinaron al sedimento del extracto. La investigación ayuda al proceso de nuevos cambios agrícolas con el poder de usar nuevos productos que serán utilizados en la agricultura.

1.2.8 Caldo sulfocálcico para el control de roya

La investigación “Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno”, en La Convención – Cusco. La investigación se realizó por Rojas (2023) la cual se efectuó en el sector de Tincuri de la Microcuenca Chirumbia, en la campaña 2020-2021, con el objetivo, determinar el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) y mejora la producción del café (*Coffea arabica*). Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con cinco tratamientos, un testigo y tres repeticiones, se realizó el ANOVA (Sig.<0.050) y Prueba de Tukey al 95%. Los resultados fueron: existe efecto atribuible a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico para la reducción de la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*).

La investigación fue de tipo experimental con un diseño de bloques completos al azar, incorporando cinco tratamientos con diferentes niveles de aplicación de caldo sulfocálcico para evaluar su efecto en la reducción de la incidencia y severidad de la roya del café.

El objetivo principal del estudio fue determinar dosis óptimas de caldo sulfocálcico que disminuyeron eficazmente la roya del cafeto, buscando generar alternativas más sostenibles y menos contaminantes para el cultivo. Los resultados fueron: existe efecto atribuible a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico para la reducción de la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) encontrando una relación positiva y significativa (Rojas, 2022)

1.3 Planteamiento del problema

La roya del café, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*., es una enfermedad que afecta la producción cafetalera a nivel mundial, al provocar defoliación en las plantas disminuye su capacidad fotosintética, lo que repercute en su formación y su desarrollo limitando el desarrollo del cultivo (Perfect Daily Grind, 2021). En la comunidad de la Estrellita esta enfermedad representa un problema de gran magnitud afectando a la gran mayoría de los productores de la zona, incluido el productor Santana Velásquez cuya finca fue investigada el semestre anterior, donde se realizaron muestreos de plagas y enfermedades en donde se determinó que la roya es la enfermedad con mayor incidencia y daño en la unidad productiva por no tener un manejo controlado del cultivo.

La frecuencia de la roya en esta zona se encuentra principalmente en la temporada de invierno favorecida por las condiciones climáticas que proporcionan la infección y propagación del hongo, las causas que provocan esta enfermedad es la falta de manejo agronómico y un buen control cultural por parte del productor en donde no realizan los trabajos preventivos en tiempo y forma en donde no hay esa protección hacia los cafetales lo que esto permite que la enfermedad se propague y cause la defoliación.

Se trabajó con distintas soluciones para reducir la incidencia de la enfermedad de la roya donde se plantea la aplicación de bioinsumos y un producto químico para controlar de manera foliar la roya mediante un diseño experimental un diseño DBCA diseño de bloque completamente al azar en donde permita valorar cuál de ellos tiene mayor eficacia para reducir el uso de agroquímicos donde se promueve un manejo más sostenible y adaptado a las condiciones.

La pregunta que guía esta investigación es: ¿Cuál de los tres tratamientos foliares evaluados resulta más efectivo para el control y prevención de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café en la finca del productor Santana Velásquez en la comunidad La Estrellita?

1.4 Justificación

La presente investigación se enfoca en la implementación de bioinsumos foliares para el manejo y prevención de la roya (*Hemileia vastatrix*) en la finca del productor Santana Velásquez, ubicada en la comunidad de la Estrellita en el departamento de Matagalpa. El estudio busca validar un enfoque agroecológico con bioinsumos que permitan controlar una enfermedad fungosa como la roya (*Hemileia vastatrix*) la cual es una afectación constante en la producción cafetalera de la zona, también conlleva la valoración del sistema productivo en donde se analiza el control fúngico y manejo agronómico del cafetal identificando prácticas de mejora.

La investigación es de suma importancia para el productor, para nosotros los estudiantes y para la comunidad porque es un nuevo sistema de manera integral de tecnologías agroecológicas que se están validando para el control de enfermedad que han estado siempre presente en la comunidad y dentro del cafetal.

Este tipo de investigaciones nos ayuda a la implementación de nuevas tecnologías con enfoque de experimentación mediante un diseño DBCA (Diseño de bloque completamente al Azar) así podemos estudiar alternativas biológicas ante las enfermedades en el cafetal reduciendo el uso de los productos químicos. Este trabajo tiene un impacto esperado en mejorar la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo, apoyando al productor con soluciones prácticas y amigables con el medio ambiente. Además, la información generada será valiosa para estudiantes, técnicos y otros pequeños productores que buscan alternativas agroecológicas adaptadas a la realidad local. La investigación ayuda a fortalecer la economía familiar y su seguridad alimentaria tanto para el productor como la comunidad promoviendo práctica agroecológicas y responsables.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar prácticas para reducir la incidencia de roya y mejorar el rendimiento productivo en plantaciones de café, comparando la aplicación de alternativas agroecológicas, producto químico y el método tradicional, en la finca de Don Santana Velásquez, comunidad La Estrellita, Matagalpa, durante el ciclo 2024-2025

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar las prácticas y factores en el manejo actual de la roya en la finca de Don Santana Velásquez que requieren fortalecimiento o ajuste, con el propósito de implementar estrategias agronómicas más efectivas que reduzcan la incidencia de esta enfermedad en las plantaciones productivas.
- Cuantificar la reducción de roya en el café con el uso de alternativas agroecológicas sostenibles en la finca del productor Don Santana Velásquez.
- Analizar costos y beneficios de los tratamientos evaluados para el control de roya en la finca de Don Santana Velásquez.

1.6 Preguntas de investigación

¿Cuáles son las prácticas en el manejo de la roya en la finca de Don Santana Velásquez?

¿Qué reducción en la incidencia de roya se observa al aplicar las alternativas agroecológicas sostenibles en comparación con el manejo tradicional?

¿Cuáles son los costos de producción asociados en el uso de fungicidas químicos contra los bioinsumos agroecológicos para el control de roya en la finca de Don Santana Velásquez?

1.7 Hipótesis de investigación

1.7.1 Hipótesis Alternativa (HA): El uso de los tratamientos evaluados presentaron diferencias estadísticas significativas en disminuir la incidencia de roya en café.

1.7.2 Hipótesis nula (H0): El uso de los tratamientos evaluados no presenta diferencias estadísticas significativas en disminuir la incidencia de roya en café.

1.8 Limitaciones

A lo largo del progreso de la investigación en la finca del productor Santana Velásquez, ubicada en la comunidad la Estrellita se pudieron determinar algunas limitaciones que retrasaron el proceso de recolección de información de igual que detuvieron en cierto momento las aplicaciones de los productos propuestos en la investigación.

Una de las principales limitaciones es el clima invernal para la aplicaciones de los insumos fúngicos contra la roya (*Hemileia vastatrix*), la lluvia y la nubosidad favorecen el desarrollo del hongo y dificultan la cobertura y la penetración efectiva del productos en el follaje, lo que además afecta la durabilidad de los fungicida aplicados y puede causar la lixiviación de los productos.

La segunda limitación fue el debilitamiento de las plantas seleccionadas para la investigación por exceso de agua en el suelo por no tener en cuenta con un buen sistema de drenaje lo que provoca asfixia radicular, deficiencia de oxígeno y, por lo tanto, debilitar el sistema inmunológico de la planta. Una planta débil es más susceptible a enfermedades como la roya.

1.9 Contexto de la investigación

La investigación se realizó en la finca del productor Don Santana Velásquez la cual está ubicada en la comunidad de la Estrellita con las siguientes coordenadas X:627158 Y:1438685 aproximadamente a 1 hora de la ciudad de Matagalpa, la cual es una finca familiar destinada a la producción cafetalera la cual es manejada por Don Santana Velásquez y su hijo Denis Velásquez los cuales llevan un manejo convencional en el cafetal.

La finca es destinada solamente a la producción cafetalera la cual tiene una extensión de 3 mnz con un cultivo de café con 8 años de edad, la finca esta está dividida en 5 sectores todas con la variedad de café (catimor) la cual tiene buena adaptación en climas variados, como altitudes entre 600 y 1500 msnm, siendo tolerante a sequías y lluvias su producciones alta y precoz, con ciclos cortos que favorecen el rendimiento económico rápido. La finca se encuentra a una altitud de 850 msnm la cual es apta para la variedad con precipitaciones aproximadas a los 1200 mm de agua al año que son sustentables y aptos para el cultivo, con un ph de 7.5 y con un suelo franco arenoso, los cuales son favorables para el cultivo, aunque se presentan algunas limitantes como la pendiente en ciertas partes se encuentra con pendiente de 25 % lo que dificulta ciertas labores por su grado de inclinación.

El cultivo cuenta con una distancia de siembra de 1.50 m entre plantas y 1.50 entre surco aproximadamente con 3122 plantas por mz la cuales se encuentra con distintos arboles forestales y algunos cítricos y musáceas, y con un ojo de agua que pasa por mitad de la finca, al tener el café cerca hay demasiada población de el mismo aumentando el nivel de la humedad relativa consigo trayendo las enfermedades fungosas como es el caso de la Roya *Hemileia vastatrix* la cual es la enfermedad que más afecta al cultivo.

Para poder controlar, erradicar y prevenir esta enfermedad se llevó a cabo implementación de un diseño De Bloques Completamente al Azar, ubicada en el sector Sur Este en donde se utilizaron 64 plantas en donde fueron estudiadas analizadas y probadas con tratamientos tales como: Caldo sulfocálcico, Fungicida de Neem, y un fungicida químico (Nativo) y el testigo de la finca los cuales dieron resultados positivo ante la enfermedad reduciendo su nivel de incidencia siendo alternativas más favorable en costo para el productor.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Cultivo de café

El café se originó en África, en diferentes regiones geográficas y climáticas. Como grupo botánico está constituido por más de 100 especies de una gran “familia” pertenecientes al género *Coffea*. De acuerdo con la región y clima de origen se desarrollaron diferentes tipos de cafetos, con características genéticas diversas: porte y forma de planta, tamaño y color de fruto, resistencia a enfermedades, tolerancia a plagas, sabor de bebida, adaptabilidad, productividad, entre otras. De este centenar de especies, dos se cultivan comercialmente, *Coffea arabica* integrada por diferentes variedades de arábica y *Coffea canephora* formada por diferentes grupos de robusta. (Anacafe 2019)

Tabla 1: *Taxonomía del cultivo*

Taxonomía	Nombre
Reino	Plantae
Division	Magnoliophyta
Sub-Division	Angiosperma
Clase	Magnoliatae
Sub – Clase	Asteridae
Orden	Rubiales
Genero	Rubiaceae
Especie (s)	Arabica, Canephora, Liberica

Fuente (Alvarado, 1994, citado en Mora, 2008)

2.2 Morfología de cultivo

Tallo. Una característica importante del café es que tiene dos tipos de brotes: Ortotrópicos, que crecen verticalmente y comprenden el tallo principal y los Plagiotrópicos, que crecen horizontalmente y comprenden las ramas primarias, secundarias y terciarias.

En los nudos del tallo principal se encuentran varios tipos de yemas:

- Las que dan origen a las ramas primarias.
- Los chupones que son el potencial de brote de la zoca y permanecen mientras se conserve el cogollo del tallo principal.
- Otras yemas que forman flores. Las ramas primarias no se pueden renovar y al perderse una rama primaria, el cafeto pierde una zona muy importante para la producción de frutos. En el cafeto la cosecha se produce casi en su totalidad en las ramas nuevas, a mayor número de ramas nuevas, mayor será la cosecha futura.

Raíz. El cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en suelos sin limitaciones físicas, hasta profundidades de 50 centímetros. De esta raíz salen otras raíces gruesas que se extienden horizontalmente y sirven de soporte a las delgadas o absorbentes, llamadas también raicillas, de las que encontramos un poco en los primeros diez centímetros de profundidad del suelo y el 86% en los primeros 30 centímetros. Las raíces absorbentes del cafeto son bastante superficiales y se encargan de tomar el agua y los nutrientes minerales.

Hojas. El color de las hojas varía de amarillento a verde oscuro, con toques de bronce o púrpura. El tamaño y la forma de las hojas también varían, pero la mayoría de las hojas de café son ovaladas o elípticas.

Flores. Son blancas, hermafroditas, actinomorfas, distribuidas en forma axilar en las ramas laterales a nivel de la base de las hojas, en variedades altamente productivas pueden encontrarse de 40 a 45 flores por nudo que presentan alto porcentaje de autofecundación.

Frutos y semillas. Su fruto es una drupa, alcanza su madurez fisiológica caracterizado por el color de la cáscara, empiezan teniendo un color verde intenso, similar al de las hojas del árbol del café, virando luego hacia el amarillo, hasta llegar a un rojo carmesí (cereza) cuando alcanzan la madurez de 8 a 9 meses de la floración. La semilla se compone de la almendra y el pergamino, la primera es dura y de color verdoso, la segunda protege la semilla como una especie de cubierta que tiene una sustancia azucarada llamada "mucílago" o "baba" (Abonamos, 2018)

Tabla 2: *Requerimientos edafoclimaticos del cultivo*

Requerimiento	Descripción
Temperatura	La temperatura ideal es entre 18.5 y 22.5°C. Si sube de 23°C y hay sequía, el café no florece bien. Por debajo de 18°C, la planta crece mucho, pero da pocos frutos.
Precipitación	Necesita entre 1,000 y 3,000 mm de lluvia al año. Más de 3,000 mm puede dañar la calidad del café. Menos de 1,000 mm limita su crecimiento y puede causar que la planta pierda hojas o muera.
Altitud	Crece mejor entre 1,200 y 1,800 metros sobre el nivel del mar.
Humedad relativa	Lo mejor es que la humedad sea hasta 85%. Más humedad favorece hongos y enfermedades.
Vientos	Vientos suaves son buenos para evitar que la planta se caiga. Vientos fuertes pueden dañar las hojas y favorecer enfermedades.
Suelo	El suelo debe ser un poco ácido (pH entre 5.2 y 5.5) y tener buen drenaje. La tierra debe tener entre 20 y 100 cm de profundidad. Si el suelo es muy ácido, se debe aplicar cal para mejorar la disponibilidad de nutrientes.

Fuente: (Abonamos, 2018)

2.3 Variedad catimor

Las variedades de café son simplemente diferentes tipos de granos de cafe. Cada variedad de café tiene su propia combinación de características, incluyendo sabor, cuerpo (textura y densidad), acidez, nivel de dulzor, final y cantidad de cafeína. Sin embargo, las características de las variedades de café también están influenciadas por las de las zonas donde se cultivan los granos. Entre estos factores se incluyen el suelo, el clima, la luz solar, la vegetación circundante y la altitud, que en conjunto se denominan About Coffee. (2025)

En la finca de don Santana se encuentra la variedad catimor Esta es una planta originaria de un cruzamiento natural entre *Coffea Arábica L.* y *Coffea Canephora* Pierre, encontrada en la isla de Timor, ex-colonia portuguesa, con resistencia total a todas las razas de Roya. La principal característica de las progenies del Catimor en estudio es su resistencia a la roya,

asociada generalmente a las buenas características agronómicas. El mismo está siendo cruzado con nuestras mejores variedades comerciales, por ejemplo, con el Catuai, dando origen a algunas progenies promisoras, aún en fase de fijación genética, denominadas Catimor. El Catimor también está siendo cruzado con las mejores líneas de Mundo Novo, buscándose de esta manera obtener plantas de alta productividad y con buenas características agronómicas (Alvear 2014)

2.4 Manejo de cafetal en producción

2.4.1 Sombra de café

En las laderas de las montañas de Nicaragua, el café se cultiva bajo sombra, es decir, en pequeñas parcelas montañosas y protegido bajo la foresta original, a la que se le añaden algunos frutales. Además, dichos árboles –cacao, laurel, banano...– aportan restos orgánicos, contribuyen a la fertilidad de los suelos, frenan la erosión y crean un microclima que retiene el agua, aspecto muy importante en un país donde el 75% del terreno cultivable se encuentra en laderas en pendiente. También se obtiene un mayor rendimiento y se mejora la biodiversidad, al servir de nicho ecológico a gran variedad de aves y otros animales, insectos, hongos e infinidad de microorganismos (Espanica, 2018)

2.4.2 Sombra temporal

La definición de las especies como temporales o permanentes depende de la región cafetalera, la posición geográfica, el régimen pluviométrico y los aspectos socioeconómicos del productor. La especie más utilizada como sombra temporal son las Musáceas; en las zonas altas y frías se siembran antes que el café o al mismo tiempo, en vista de que las guamas (*Inga spp*) que se emplean como sombra permanente en todo el país, crecen muy lentamente en estas condiciones. No obstante, en muchos sitios, las Musáceas se utilizan como sombra permanente pues son fuente de alimento y su venta genera ingresos económicos muy importantes para el pequeño caficultor.

Se emplean otras especies como sombra temporal, como el gandul, la crotalaria y la higuierilla que, en los primeros años de establecimiento del café, protegen las plantas del viento excesivo y de los rayos solares que afectan su crecimiento, aunque compiten mucho en la demanda de nutrientes, sobre todo la higuierilla. Son muy variadas las especies de Musáceas, (bananos manzano, habanero, dátil); también se utiliza mucho el plátano, sus precios de venta son altos en todo el país. Las distancias de siembra más comunes son de 4x4 ó 5x5 metros, aunque también se toma como referencia la distancia de siembra del café, por ejemplo, se siembra cada cinco plantas de café y cada dos surcos o hileras en el centro de la misma o entrecalle.

Las prácticas de manejo consisten en un deshoje cuando las hojas bajas cubren los cafetos o cuando mueren; también, el deshije frecuente y el espaciamiento de los tallos cortados se produce casi durante todo el año, sobre todo en suelos fértiles de zonas bajas de fuertes precipitaciones. Se recomienda mantener la mata o postura con una planta madre (con racimo), una sucesora (de porte mediano) y uno o dos hijos, dependiendo de la fertilidad del suelo o de la intensidad de manejo nutricional de la finca. Es muy conveniente cortar las hojas y los pseudotallos después de la poda y colocarlos transversalmente a la pendiente del terreno para disminuir la erosión del suelo. Esta materia orgánica también aminora la incidencia de malezas, preserva la humedad y estimula la descomposición de los residuos y, por tanto, el reciclaje de nutrientes, principalmente potasio, que es extraído fuertemente por esta especie. (Sozay Ordóñez, 2017)

2.4.3 Sombra permanente

Se considera como sombra permanente aquellas especies de árboles que conviven con los cafetos por mucho tiempo y, dependiendo de esta duración, se emplean diversas especies para estos propósitos, lo cual está con relación a los sistemas de cultivo que se utilicen.

Es conveniente sembrar primero la sombra (un año antes) y luego el café, dado el lento crecimiento de los árboles de sombra en zonas altas. La siembra se efectúa en las hileras de café para que, al crecer, no sean obstáculo para las labores de manejo del cafetal; los arreglos espaciales recomendados son al cuadro y al tresbolillo, con un distanciamiento de 8x8 a 10x10 metros, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar (a mayor altura mayor

distancia). Recientemente se está aplicando un principio de agroforestería: sembrar inicialmente a distancias muy cortas (4x4 ó 5x5 m), para incorporar materia orgánica en el momento de realizar podas o raleos de la sombra y dejar, después de unos 4 ó 5 años, el distanciamiento definitivo de 8x8 ó 10x10 m, con lo que se obtienen poblaciones de 109 y 70 plantas por manzana respectivamente. En los 2 ó 3 años después de la siembra de la sombra es recomendable fertilizar las plantitas para acelerar su crecimiento; pueden usarse las mismas fuentes de fertilizantes y dosis que se utilizan para el café (Soza y Ordóñez 2017)

2..5 Poda de la sombra

En los primeros años, debe realizarse una poda a los árboles, para formar un solo tronco de 2 a 4 metros y a partir de allí, la copa necesaria. Posteriormente, debe efectuarse la poda de aclareo o foqueo una vez al año para proyectar suficiente luz y dar una buena distribución de la planta en el cafetal, orientándose a descubrir el centro de la copa. Se deben escoger las ramas que estén a una altura conveniente, una a la par de la otra, alrededor del árbol, eliminando con la poda las que se encuentren sobre o debajo de ésta, o sea, evitar tener sombra sobre sombra. El estrato de ramaje del árbol para sombra debe estar de 2 a 3 metros sobre el nivel superior de los cafetos. Es necesario dejar tocones para retardar el proceso de pudrición de la planta, además servirán como puntos de apoyo que facilitarán la movilización del operador. (Soza y Ordóñez sf)

2.5.1 Poda del café

Orozco (2015) expresa el manejo del follaje o también conocido como manejo de tejido productivo en el cultivo de café ; en la caficultura, es una práctica agronómica que implica el uso de podas para mantener la cantidad adecuada de tallos y ramas, con el objetivo de optimizar la producción del fruto en la planta de café, aprovechando las características morfológicas especiales en el crecimiento de los tallos y ramas, esta actividad es sumamente importante para mantener una vida prolongada del cultivo .

En las plantas de café, la producción de frutos se origina únicamente en el tejido nuevo. Por ello, los nudos de las ramas que fructificaron durante una cosecha no volverán a producir fruto en la siguiente; en consecuencia, cada año el crecimiento se va desplazando hacia arriba

del tallo y hacia las puntas de las ramas hasta que la planta llegue al tope de su desarrollo, que sucede de los 7 a 8 años después del establecimiento de la plantación de café. Debido a estas características particulares en el crecimiento de las plantas, únicamente se mantendrán buenas producciones cuando se estimule la formación de nuevos brotes y ramas a través de las podas, asegurando la productividad y rentabilidad del cultivo de café.

El manejo de tejido se debe realizar al finalizar el corte del fruto debido a que la planta de café tiene su mayor desarrollo vegetativo durante el período de marzo a mayo. Cuando se realiza esta actividad en su época oportuna se obtiene una excelente regeneración de tejido nuevo; en el caso de las recepas, se obtiene buena emisión y desarrollo de los brotes que dan origen a las nuevas plantas; con los descopes o despuntes, además de los brotes se obtiene buen desarrollo de ramas secundarias y terciarias que contribuyen en la producción de frutos.

2.5.2 Despunte herbáceo

Esta práctica consiste en la eliminación del brote tierno apical para detener el crecimiento en plantaciones que han dado sus primeras cosechas. Con ello se estimula el desarrollo de las ramas secundarias y terciarias. La altura de la poda se realiza a 1.70 metros del suelo para variedades de porte bajo y medio y 1.80 metros para variedades de porte alto. Cuando se realiza esta poda, se deben eliminar todos los brotes que nazcan del tallo, de dos a tres veces por año.

2.5.3 Poda alta o descope

Consiste en suspender el desarrollo vertical de la planta de café, realizando el corte en el tallo a una altura de 1 metro del suelo para variedades de porte bajo y a 1.20 metros para variedades de porte alto. Esta poda se realiza en plantas que entran al período de agotamiento; pero, deben tener ramas sanas, entre 15 a 20 pares debajo del corte. Esta poda estimula el desarrollo de ramas secundarias y terciarias, y a que la planta emita brotes en el tallo, los cuales deben eliminarse a excepción de los que formará el segundo piso. Se recomienda 1 brote o máximo 2 brotes por tallo

2.5.4 Poda sanitaria

Este tipo de poda se lleva a cabo cada año y consiste en eliminar las ramas enfermas, tallos viejos o ramas improductivas.

2.5.5 Poda baja o recepa

Se realiza en las plantas que tienen poco tejido productivo debido a la edad y al agotamiento por producción. Consiste en eliminar los tallos de la planta de café, mediante un corte que se realiza a una altura de 20 a 35 centímetros del suelo. El corte debe tener una inclinación ligera que ayuda al escurrimiento del agua por lluvia o sereno, con lo cual se evita pudriciones por hongos. Con esta poda la planta emite varios brotes, lo cual da la oportunidad de seleccionar los más desarrollados y vigorosos para dejar la cantidad de brotes planificados en cada planta, con el cuidado que no queden a orilla del corte de la poda.

2.5.6 Poda “esquelética”

Este tipo de poda se basa en la ejecución de dos cortes en secuencia: una poda alta o descope, a una altura de entre 0.80 a 1.20 metros y el corte de todas las ramas laterales a una distancia de entre 30 a 40 centímetros del tallo. También, esta poda se realiza en plantas que entran al período de agotamiento; pero deben tener ramas sanas, entre 15 a 20 pares debajo del corte. Esta poda induce a la planta que emita brotes del tallo y de las ramas primarias se desarrollen ramas secundarias y terciarias. El segundo piso se forma con la selección de 1 a 2 brotes nuevos y el resto de los brotes deben eliminarse. Se debe considerar que la implementación de esta poda necesita alta cantidad de jornales para su ejecución y en los deshijes a realizar.

2.6 Deshije en café

La importancia de esta actividad es determinante para la eficiencia productiva del sistema ejecutado y consiste en la selección de los brotes más vigorosos y con buena ubicación. En los tallos recepados, los brotes que se seleccionan no deben estar muy pegados al corte (más o menos 3 centímetros debajo del corte).

Cuando la planta está compuesta por un tallo se deja de 1 a 2 brotes, en el caso de ser dos o tres tocones, se deja un brote por tocón y que no estén localizados en la parte interna. En

cafetales de climas templado a cálido se realizan dos deshijes por año, el primero se realiza a mediados de la época lluviosa, entre los meses de julio a septiembre y el segundo deshije se realiza al momento de la poda del siguiente año.

En cafetales de clima frío se realiza un deshije por año, al momento de realizar la poda del siguiente año, debido a la posible incidencia de la enfermedad phoma (quema o derrite) para evitar pérdidas en la brotación. En plantas descopadas, la selección de los brotes que formarán el segundo piso se hace cuando los brotes tengan un desarrollo de 20 centímetros y el resto de brotes de deben eliminar a través de deshijes continuos (de 2 a 3 por año).

En plantas despuntadas, se deben eliminar todos los brotes que nacen de tallo a través de deshijes continuos (de 2 a 3 veces por año) (Orozco 2015).

2.7 Manejo de malezas en cultivo de café

Sánchez & Dávila 2014 indican que las malezas son plantas que crecen donde no las deseamos y que afectan alguna actividad humana. El concepto “maleza” es relativo, ya que lo que es considerado maleza por una persona puede no serlo para otra. En general, las malezas son plantas de rápido crecimiento y fácil propagación, y colonizan áreas perturbadas por los humanos rápidamente. Las malezas pueden causar daños significativos en los cafetales. Se ha documentado en la literatura científica que la presencia de malezas reduce el crecimiento, el tamaño y el contenido nutricional de las plantas de café. También se han asociado pérdidas de hasta 100% de la producción de café debido a las malezas. Los daños causados por las malezas son más significativos durante los primeros años de la plantación de café. Las plantas jóvenes de café son más susceptibles a la interferencia de las malezas. También, la cantidad de malezas es mayor durante los primeros años de la plantación, luego disminuye debido a la sombra que comienzan a generar las plantas de café y los árboles de sombra (Sánchez & Dávila 2014).

2.7.1 El anillado o plateo

Debido a que las malezas compiten con las plantas de café, es importante eliminar las malezas que crecen cerca de la base de los cafetos. Esta práctica se conoce como anillado o plateo. Consiste en eliminar a mano o con machete las malezas que crecen en un diámetro

aproximado de 2 pies y medio alrededor de la planta de café. Esta práctica es muy importante durante los primeros dos años de la Plantación de café, facilita las aplicaciones de abono orgánico y reduce la cantidad de desyerbos a realizarse durante el año. Las malezas que son removidas pueden dejarse sobre el terreno para servir de mantillo que proteja el suelo.

2.7.2 Sombra y hojarasca

El café es un cultivo que evolucionó bajo la sombra del bosque en Etiopía Y está adaptado para crecer bajo Condiciones de sombra. Sembrar el café bajo árboles de sombra provee muchos beneficios al cultivo y al medio ambiente. Uno de los beneficios que provee al cultivo es la reducción de malezas, ya que no hay tanta disponibilidad de luz solar, y la hojarasca crea una barrera para el crecimiento de las malezas (Sánchez & Dávila 2014).

2.7.3 Manejo comunidades de malezas

Una alternativa para el manejo de malezas a largo plazo en los cafetales orgánicos es ir modificando la composición de las comunidades de malezas. Esta práctica también se conoce como desyerbe selectivo, y consiste en dejar aquellas malezas que nos dan más beneficios que daños y eliminar las malezas que nos causan más daño que beneficios. Con esta práctica se busca dejar principalmente las coberteras nobles, éstas son malezas que tienen un crecimiento rastrero, no tienen raíces profundas, y pueden cubrir el suelo rápidamente. El éxito de esta práctica ha sido más documentado en cafetales convencionales.

2.7.4 Herbicidas naturales

La normativa orgánica permite el uso de herbicidas elaborados con sustancias naturales para el manejo de malezas cuando otras prácticas de prevención y manejo de malezas no son suficientes. Existen varios herbicidas naturales disponibles comercialmente. Estos herbicidas son formulados con aceites de plantas como el clavo de olor, canela y cítricos, o con ácidos como el ácido acético (vinagre) o el ácido Cítrico. Actualmente todos los herbicidas naturales disponibles son de contacto (matan el follaje, u hojas, que tocan) y no-selectivos (no distinguen entre tipos de plantas).

2.7.5 Machete y “Trimmer”

El machete y el “trimmer”, también conocido como cortacésped, son los métodos más comúnmente utilizados por los caficultores ecológicos. Es importante que cuando se utilizan estos dos equipos se utilice el equipo de seguridad adecuado, y se tenga cuidado de no dañar las plantas de café, también, para propósitos de certificación orgánica es importante que los “trimmers” estén en buen estado y no tengan fugas de gasolina o aceite que contaminen el predio orgánico (Sánchez & Dávila 2014)

2.7.6 Manejo químico

Se utiliza una sustancia química sintética conocida como herbicida con poder destructivo sobre las malezas. Su uso está forzado por la disponibilidad de mano de obra y los costos de control. Este método debe emplearse cuando el cafetal está muy invadido de malas hierbas requiere del uso de equipos de aplicación y personal adiestrado en el uso del producto, su aplicación, manejo y precauciones debe evitarse la contaminación a seres humanos, animales, plantas de cultivo, cuerpos de agua y el ambiente en general. El control químico debe alternarse y combinarse con los demás métodos de control el agricultor debe tener conocimiento del tipo de malezas presentes para hacer una selección adecuada del herbicida que se usará para evitar los excesos de contaminación con herbicidas, utilice las dosis recomendadas y el equipo adecuado (Monroig 2018)

2.8 Manejo integrado de enfermedades

Al igual que cualquier cultivo, el cafeto es vulnerable a las enfermedades.

factores influyen en la incidencia de enfermedades:

Genética

Algunas variedades de café son más vulnerables a las enfermedades que otras.

Condiciones ambientales

El café se produce en muchos países y hay plagas y enfermedades en cada zona. Pero las plagas y enfermedades específicas varían según las condiciones ambientales. Por ejemplo, la broca del café prospera bajo condiciones de humedad.

Así que, cuando se cultiva la Arabica a alturas menores, la humedad y el calor relativos la exponen a un mayor riesgo de infectarse con la broca del café. Pero incluso si la estación es tan seca que es inhospitable, los insectos pueden esconderse en las cerezas hasta que llegue la primera lluvia. Entonces salen en masa y devastan.

Y algunas enfermedades son casi universales. La roya del café es un hongo que se ha convertido en una de las amenazas más serias para el café en todo el mundo. Está en casi todos los países productores de café, sin importar las condiciones ambientales del lugar (Molina, 2019).

2.8.1 Gestión del cultivo

Una buena comprensión de la agricultura puede marcar la diferencia en cuanto al control de las plagas y enfermedades. Los caficultores dependen de plantas productivas y resistentes para seguir siendo competitivos. Si el manejo del cultivo es deficiente, podría tener un impacto grave en la cosecha y las ganancias.

Por ejemplo, los cafetos dañados pueden ser más sensibles a las infecciones por hongos y una fertilización inadecuada puede provocar debilidad estructural. E incluso algo tan insignificante como dejar hojas caídas en el suelo puede presentar un problema: aumenta la posibilidad de que aparezca moho y puede brindar un escondite a las plagas.

2.8.2 Economía

Hay mayor probabilidad que los productores que no ganan lo suficiente para invertir en sus fincas padezcan de plagas y enfermedades. Esto puede ser un círculo vicioso. Si un caficultor no puede pagar por fertilizantes, nuevas plantas o pesticidas, quizás se vea más afectado por plagas y enfermedades y el rendimiento de su cosecha sea bajo. Esto, a su vez, significa que tal vez no podrá invertir en los cultivos del año siguiente y el ciclo continúa (Molina, 2019).

2.8.3 Planeación de Cosecha

Según la Secretaría del Trabajo y Previsión Social e INCA Rural (2020) los preparativos para la cosecha o recolección del fruto de café inician con la planeación de las actividades laborales, esto significa que se debe de verificar que:

- El área de cosecha esté limpia y libre de hierba, pues esto facilitará tu desplazamiento por la zona y reducirá la presencia de animales ponzoñosos.
- Los caminos se encuentren en buenas condiciones ya que esto te evitará contratiempos al realizar la carga y traslado del fruto.

2.8.4 Cosecha

La cosecha del café comienza cuando se observan los frutos con un color rojo o amarillo dependiendo de la variedad. La piel externa coloreada, denominada exocarpio recubre la pulpa de nombre mesocarpio esta a su vez se encuentra encima de una membrana translúcida que envuelve las semillas del café.

El proceso de cosecha se puede realizar

Totalmente manual; en el que las cerezas maduras se seleccionan y recogen individualmente, produciendo cosechas muy homogéneas de alta calidad.

Para que se cumpla la cosecha, es importante que los cafetales estén bien podados, abonados, y limpios, el cual le sería rentable para cosechar selectivamente, se considera que lo ideal sería cosechar mínimo de 0 a 5% de granos de granos verdes; para no afectar la calidad de grano exportable y en taza.

Etapas de cosecha

1. La rebusca: es la etapa inicial de la cosecha, cuando se realizan las primeras recolecciones de los frutos.
2. La plena: es el momento de mayor cosecha, al haber una mayor producción de frutos maduros. Para recolectar toda la producción se requerirá realizar varias recolecciones.

3. La raspa: es la etapa final, donde se recogen todos los frutos que quedan en las ramas verdes, maduros y secos.

2.8.5 Post cosecha

El manejo post cosecha se considera como el tratamiento primario necesario para la obtener café pergamino seco para la comercialización, con el cual se busca conservar la calidad del café, que proviene de la variedad, altitud, riqueza del suelo, el clima y el manejo que se da a las plantaciones. Consta de 06 etapas básicas desde selección por flote, el despulpado, fermentado, lavado y selección, secado y el almacenado, y para ello necesitamos de una planta de beneficio, construido con material de la zona madera o con material resistente concreto; donde deben estar instalado la maquina despulpadora, zaranda y otros equipos necesarios.

Básicamente debemos contar con un pozo de cerezo, la despulpadora, poza de fermentación, una zaranda o el canal de correteo, el secadero y finalmente el almacén. (COSECHA Y POSTCOSECHA 1, 2021).

2.8.6 Despulpa

Consiste en separar la pulpa del grano del café, utilizando para ello una máquina despulpadora. Hay que tener cuidado de calibrar bien la despulpadora para que no dañe los granos de café. Es importante que el despulpado se realice el mismo día de cosechado el fruto, y si no se pudiera realizarlo, se tiene que dejar el cerezo en agua circulante o mínimo los sacos de café cerezo se deben de abrir y echar agua y dejarlo abierto durante la noche, para que no se sobre fermente y al día siguiente no se debe de mesclar con el café fresco que se cosecha y se debe de realizar el despulpado por separado.

2.8.7 Fermentado

El fermentado, se debe de realizar las horas medias de 12 a 15 horas en zonas adecuadas, en Zonas bajas están de 16 horas < en zonas altas de 18 a 20 horas, la forma práctica de determinar el estado de fermentación adecuado, es introduciendo nuestro puño y sacándolo

nuevamente en la masa de café, el cual debe de dejar un hoyo y no debe de cerrar, eso significa que está a punto de lavar el café fermentado.

Utiliza tanques, tinas o cajones limpios, como el tiempo de fermentación varía según la zona de producción, una forma práctica de saber que terminó es introduciendo un palo en la tina y verificando que éste sale limpio y queda además un hueco en la masa.

2.8.8 Lavado

Utilizando agua de buena calidad (limpia y sin olores) se lavará todo el mucilago desprendiendo durante la fermentación. Se realizarán tantas lavadas como sean necesarias hasta que al tocar los granos se sienten ásperos y produzcan un sonido parecido al cascajeo.

2.8.9 Secado

Los patios de secado deben ser lo suficientemente grandes para lograr un secado homogéneo. El proceso consiste en reducir la humedad de los granos de café hasta 1,2.5%. Cuando esto sucede, recién puedes almacenarlos sin perder su calidad. Formas de secar el Café:

- Secado natural o al sol: hay diferentes métodos en el cual se puede aprovechar el calor del sol para secar el café, usando: tendales de cemento, parihuelas, tarinas, secadores solares.
- Secado Mecánico: se utiliza máquinas secadoras, se introduce aire caliente a una temperatura de 45 a 50 centígrados impulsado por un ventilador para que pueda llegar a toda la masa de café que reposa en la secadora, se debe tener cuidado de no sobrepasarse la temperatura. El secado en maquina demora normalmente entre 25 y 30 horas el cual se recomienda hacerlo después que termina el lavado y escurrido. secado mixto: cuando se realiza primero un secado natural ► luego un secado mecánico.

2.8.10 Almacenado

Para almacenar bien los granos de café:

- Usar sacos limpios, de yute o sintéticos.

- Colocar los sacos sobre tarimas, nunca sobre el suelo, ya que el café puede volver a humedecerse.
- Cuidar que almacén tenga buena ventilación e iluminación.
- Tener especial atención en transporte del café, evitando cualquier riesgo de contaminación que afecte de calidad del café (COSECHA Y POSTCOSECHA 1. 2021).

2.9 Roya del café (*Hemileia vastatrix*) características y ciclo de vida

López et al (2024) expresa que la enfermedad de la roya es una enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*. El café es el único hospedero conocido de este hongo perteneciente al Phylum Basidiomycota, Orden Uredinales, Familia Pucciniaceae. Considerado un parásito obligado, no puede sobrevivir en el suelo o en material vegetal inerte; hasta la fecha no ha sido posible su cultivo en laboratorio.

La roya dejó entrever su gran importancia desde que se dieron a conocer las dos primeras epidemias documentadas. En el año 1868, en la isla de Ceilán hoy en día Sri-Lanka, el daño fue tan grave que quienes cultivaban el cafeto al no conocer la enfermedad ni su control, decidieron arrancar los cafetales y sembrar té. Posterior a este hecho, investigaciones efectuadas en África, Asia e India permitieron observar que sí se podía controlar la enfermedad.

Con la llegada de la Roya a Brasil iniciando los setenta, se estimó que en cultivos donde las plantas no habían sido tratadas los porcentajes de infección llegaron hasta un 80%, mientras que las plantas tratadas con fungicidas protectantes presentaban porcentajes iguales o inferiores a un 5%. Apareció en Centroamérica aproximadamente en 1976, y en Colombia llegó en los 80's afectando los cultivos de las áreas bajas de 600 a 1000 msnm.

La enfermedad afecta a las plantas de café mediante la caída prematura de las hojas infectadas, lo cual puede reducir el rendimiento en un 50%.

Una epidemia de la roya presenta tres fases claramente identificables en procesos denominados policíclicos. Una fase lenta con infección de unas pocas hojas; posteriormente una fase rápida o explosiva y una fase terminal o máxima.

Los síntomas corresponden a lesiones cloróticas, inicialmente con decoloración de áreas de la hoja, especialmente hacia los márgenes, donde tiende a acumularse más agua, y posteriormente con gran presencia de urediniosporas del hongo que se reconoce como el polvillo amarillo o naranja ubicado por el envés de la hoja afectada. Los cultivos atacados disminuyen drásticamente su producción porque se afecta la economía energética de la hoja, la cual es responsable de tres procesos vitales (fotosíntesis, respiración y transpiración); al ser atacada reduce su funcionamiento y puede incluso desprenderse del árbol. A mayor número de hojas enfermas, mayor es el impacto de la producción.

El agua es esencial para la dispersión y germinación de las esporas del hongo, la existencia de una epidemia de roya del café requiere de lluvia. Algunas investigaciones han concluido que la dispersión de la roya por el aire es de poca o ninguna importancia y que las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas.

Bajo condiciones favorables para la enfermedad (21 a 25°C) la urediniospora germina dentro de las primeras 72 horas, produce síntomas tempranos entre los 12-15 días de infección y genera nuevas urediniosporas en las lesiones en otros 18-22 días.

Este hongo necesita condiciones especiales para parasitar la hoja del café. En Colombia y otras regiones productoras de América, durante los últimos años se han presentado alteraciones en las condiciones climáticas (aumento de la precipitación, cambios en la temperatura del aire, disminución del brillo solar y alta humedad relativa), generando estrés en las plantaciones de café y ambientes propicios para desencadenar epidemias de roya, en aquellas variedades que carecen de genes de resistencia al hongo.

2.9.1 Impacto de la roya en la producción cafetalera

Los efectos de la Roya comprometen el desenvolvimiento económico del país, ya el Banco Central de Nicaragua ha indicado que la Roya disminuyó hasta en 0.6% el crecimiento económico proyectado para Nicaragua, el cual se encuentra en el intervalo de 4% a 5%. Organizaciones como el Consejo Nacional del Café (CONACAFE) han estimado afectaciones entre el 13 y 15 % del total de producto generado, lo que indudablemente se reflejará en una desaceleración en la generación de ingresos para los productores afectados.

Añadida a estas estimaciones, la crisis del café producto de la Roya se puede traducir en problema de pagos por parte de los productores a créditos para trabajar la tierra; la distribución de las superficies sembradas de café indica que la mayoría de los productores son de pequeña escala, lo que muy posiblemente implique unidades de producción con restricciones de liquidez y que presentan una gran demanda de la misma ante microfinancieras y ofertantes de créditos formales e informales. Los efectos no previstos de la Roya se perfilan como un pivote para generar desequilibrios en los pagos de crédito y ahondar más la crisis del campesinado nicaragüense (Oxfam, 2014).

2.9.2 Causas de incidencia de la roya del café en Nicaragua

- Esta enfermedad está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo, al nivel de producción de la planta, a la distribución y cantidad de lluvia.
- La roya del café es un hongo oportunista, que infesta a la planta que sufren de desequilibrio nutricional (desbalance del nitrógeno).
- La variabilidad climática (Temperaturas, lluvias, vientos, radiación solar.)
- Problemas manejo fertilidad suelos y nutrición de la planta de café.
- Más del 80% de la superficie está con variedades susceptibles y con un deficiente manejo agronómico.
- Plantaciones viejas y agotadas: Plantas de variedades susceptibles, mayores a los 25 años fueron mayormente afectadas.

- Plantíos expuestos al sol con mayor daño de roya.
- Falta de seguimiento de los técnicos a la implementación de los planes productivos por saturación de actividades (CAFENICA, 2013)

2.10 Agroecología

La agroecología es el manejo ecológico del agro ecosistema, a través de formas de acción colectivas, portadoras de estrategias sistémicas que buscan activar el potencial endógeno, promoviendo la biodiversidad ecológica y sociocultural de sus acciones productivas.

Se basa en la búsqueda de alternativas para el manejo de los recursos naturales a través de la capacitación y la investigación participativa, e integra ciencias como la ecología, la sociología, agronomía, antropología y política, entre otras. Se puede entender la soberanía alimentaria como la dimensión política de la agroecología.

Se diferencia de la “agricultura ecológica” en que no se limita a sustituir insumos tóxicos por ecológicos, sino que supone fomentar procesos que se adapten a cada territorio, a través de una diversificación de las prácticas agrarias; utilizando tecnologías adaptadas y propias a los agroecosistemas y priorizando la mano de obra frente a tecnologías de tipo industrial altamente consumidora de energías fósiles. (Asdenic, 2016)

2.11 Bioinsumos

Bioinsumo una palabra poca usada por muchos actores de la cadena productiva del café, en realidad solo significa que el insumo tiene una procedencia natural. Por su parte, la demanda de insumos químicos para atacar plagas y enfermedades, así como para la nutrición y fertilidad de la planta, es altísima.

En los procesos productivos se obtienen una serie de elementos, tradicionalmente considerados desechos, que se pueden transformar en la fuente básica de materias primas para crear productos que reemplacen el uso de químicos y se llama bioinsumos. (GRIND, 2022)

2.12 Fungicidas

Los fungicidas son sustancias tóxicas que se emplean para impedir el crecimiento o eliminar los hongos y mohos perjudiciales para las plantas, o los animales. Los fungicidas, por más eficaces que sean, si se utilizan en exceso puede causar daños fisiológicos a la planta y como todo producto químico, debe ser utilizado con precaución para evitar cualquier daño a la salud humana, a los animales y al medio ambiente.

Los fungicidas se utilizan con frecuencia en el ámbito de la agricultura para proteger los cultivos. Cuando se aplican fungicidas sobre las hojas, las flores, los frutos o las semillas, por ejemplo, se puede prevenir o eliminar el tizón, la roya o los mohos, entre muchos otros hongos

- Fungicidas protectores: también llamados de contacto, se aplican antes de que lleguen las esporas de los hongos. Actúan solamente en la superficie de la planta donde el fungicida ha sido depositado y evitan que los esporangios germinen y penetren las células. Por ello se recomienda cubrir la mayor parte de la planta con este tipo de productos.
- Fungicidas erradicadores: también llamados sistémicos o sistemáticos, se aplican para el tratamiento de la planta ya enferma por hongos. Son absorbidos a través del follaje o de las raíces y se movilizan por toda la planta. Otros productos sistémicos, conocidos como fungicidas translaminarales tienen la capacidad de moverse del lado superior de la hoja al inferior, pero no de hoja a hoja. Los fungicidas sistémicos afectan varias etapas de la vida del hongo (TecnosolucionesCR. 2019).

2.13 Caldo sulfocálcico

A fin de prevenir y controlar la aparición de plagas, hongos y enfermedades en cultivos de importancia económica, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria – Senasa promueve la vigilancia fitosanitaria en campos de cítricos de la región San Martín. (Senasacontigo, 2017)

Una de estas tareas es precisamente la demostración de preparación de caldo sulfocálcico, técnica agronómica que consiste en el uso de minerales que, además de ofrecer un control riguroso para las plagas, es fuente de alimento para el vegetal.

Dentro de los caldos minerales, el sulfocálcico es un preparado de comprobada eficiencia para el control de problemas fitosanitarios; es de fácil elaboración y obtención de los ingredientes.

La importancia de esta técnica es que facilita cultivos amigables con el medio ambiente y minimiza costos en el manejo de los problemas fitosanitarios, lo cual garantizará alimentos libres de contaminantes químicos y la sostenibilidad de la producción agrícola.

Según el jefe de sanidad vegetal en San Martín, Andrés Sixto Ponciano, la técnica puede ser empleada para combatir todo tipo de plagas. “En la región tenemos queresas, pulgones, enfermedades fungosas y principalmente la mosca de la fruta. Esta técnica es muy efectiva para todas ellas, sin embargo, el productor las desconoce”, señaló. (Senasacontigo, 2017)

Sixto Ponciano indicó que los ingredientes del caldo sulfocálcico son azufre, cal y agua, ingredientes de baja toxicidad que, aplicados en conjunto (siguiendo las recomendaciones del Senasa), no representan ninguna amenaza para el ser humano ni el medioambiente. (Senasacontigo, 2017)

2.13.1 Beneficios del Caldo Sulfocálcico en la agricultura orgánica

Control eficaz de plagas y enfermedades

El caldo sulfocálcico actúa como un insecticida natural, ideal para combatir plagas como ácaros, trips y diversas larvas de insectos, así como enfermedades provocadas por hongos como el oidio y la botrytis. Su capacidad para eliminar plagas sin afectar la salud del ecosistema lo convierte en una herramienta poderosa para los agricultores que buscan proteger sus cultivos de forma natural. (Agroecológicos, 2024)

Aporta nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal.

El caldo sulfocálcico no solo es efectivo en el manejo de plagas, sino que también es una fuente rica en calcio y azufre. El calcio ayuda a fortalecer las paredes celulares de las plantas, mientras que el azufre es crucial para la síntesis de proteínas y el metabolismo general de las plantas. Estos nutrientes fomentan una floración y fructificación más saludables, lo que resulta en cosechas de mayor calidad. (Agroecológicos, 2024)

Mejora del suelo y ajuste del pH

El uso de cal viva en la mezcla ayuda a neutralizar suelos alcalinos, creando un entorno más adecuado para el crecimiento de las raíces. Un suelo bien equilibrado permite una mejor absorción de nutrientes, lo que se traduce en cultivos más saludables y productivos. Además, la cal ayuda a prevenir la proliferación de bacterias no deseadas en el suelo, mejorando la calidad general del ecosistema agrícola. (Agroecológicos, 2024)

Curación de heridas en frutales

Uno de los subproductos generados durante la preparación del caldo sulfocálcico es la pasta sulfocálcica, una sustancia que es sumamente útil para curar heridas en árboles frutales causadas por podas o daños accidentales. Al aplicar esta pasta sobre los cortes, se protege al árbol de posibles infecciones y plagas, acelerando su recuperación. (Agroecológicos, 2024)

Eficiencia económica y ecológica

El caldo sulfocálcico es fácil de preparar y requiere ingredientes que son accesibles y de bajo costo. Al ser un bioinsumo natural, no genera residuos tóxicos ni daña la biodiversidad del suelo, lo que lo convierte en una opción sostenible. Los agricultores pueden reducir significativamente los costos en pesticidas y fertilizantes sintéticos al optar por este producto. (Agroecológicos, 2024)

2.14 Fungicida de Neem

Bravo y Ruiz (2022) expresan que el fungicida de neem es un extracto metanólico obtenido de las semillas y partes del árbol *Azadirachta* contiene un concentrado en su compuesto activo principal llamado azadiractina. es un tetranortriterpenoide, y contiene propiedades fungicidas que eliminan la germinación y crecimiento de hongos fitopatógenos, como contra la roya (*Hemileia vastatrix*) que afecta al cultivo de café. El extracto metanólico se destaca por su alta concentración de azadiractina (alrededor de 2478 ppm), lo que maximiza su eficacia como fungicida natura y retaldose por ser muy versáti en el campo agrícola.

2.7.14 Fungicida Nativo

- Nativo 30 SC es un fungicida que combina dos modos de acción provenientes de la mezcla de dos ingredientes activos formulados en una suspensión concentrada. Trifloxystrobin actúa en forma mesostémica, que consiste en la absorción a través de la capa superficial de cera de las hojas, controlando varios géneros de hongos, esta acción es complementada con el efecto sistémico de Tebuconazol que se distribuye en toda la planta. Da más verdor a las plantas, mayor productividad - más cosechas, mayor facilidad de uso en el campo por su formulación líquida, secamiento de la enfermedad por su efecto de choque, penetra la hoja con movimiento translaminar, no causa fitotoxicidad a las dosis recomendadas (Bayer, 2022)

Capítulo III

3. Diseño Metodológico

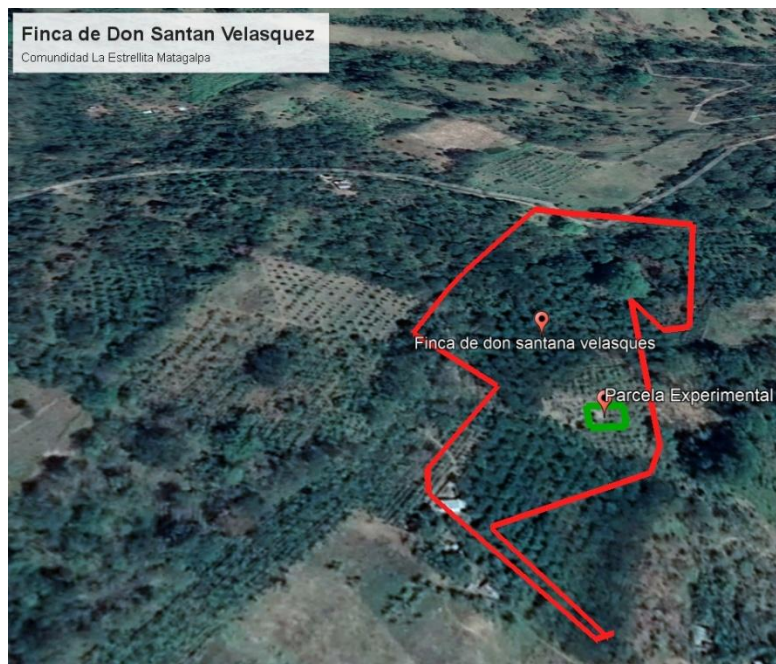
3.1 Localización del estudio

La finca Don Santana ubicada en la comunidad La Estrellita en el departamento de Matagalpa, ha pertenecido al productor Santana Velásquez Martínez.

Tabla 3: *Datos edafoclimaticos de la Finca de Don Santana*

Ubicación de la finca	La finca está ubicada en la comunidad la estrellita del departamento Matagalpa
Coordenadas	X627158 Y:1438685
Msnm	850 msnm
La extensión de la finca en Mz	3 Mz
PH	7.5
Precipitaciones	800-1200
Temperatura	24-30
Tipo de suelo	Franco arenoso

Fuente: *Elaboración propia*



Limitantes de la finca

Norte: Finca vecina y trocha

Sur: Finca de Marvin

Este: Predio baldío

Oeste: Finca de productores

Ubicación del estudio
experimental: Plantillo numero 2
(La mandarina)

Ilustración 1 Mapa de la finca Fuente: Google Earth pro

3.2 Tipo de diseño mixto

La investigación se elaboró con un diseño de investigación mixto, en donde lleva enfoque cualitativo y enfoque cuantitativo, cada enfoque tiene un papel importante en la investigación. El enfoque cualitativo se trabajo con datos no numéricos, como los textos, imágenes, entrevistas y experiencias, ayudaron a, describir y entender la información permitió recolectar información del comportamiento del cultivo durante su vida y el comportamiento de aplicaciones de tratamientos aportando un análisis más integral que facilita la redacción del documento.

Enfoque cuantitativo nos ayuda con datos numéricos y análisis estadísticos para describir, explicar y predecir nuestras teorías planteadas. El enfoque cuantitativo permitió la recopilación y recolección de datos numéricos obtenidos a través de mediciones específicas relacionadas con la incidencia de la roya en el café, la información se analizará estadísticamente para determinar la efectividad de los tratamientos en el sistema productivo.

3.3 Tipo de investigación

El estudio es experimental.

Es de manera experimental porque se llevó a cabo la investigación con un diseño de bloque completamente al azar DBCA, también conocido como diseño de doble vía, es un tipo de diseño experimental que se utiliza para controlar la variabilidad entre unidades experimentales homogéneas al agruparlas en bloques. Luego, los tratamientos se asignan aleatoriamente dentro de cada bloque. Esto permite reducir el error experimental y obtener resultados más precisos.

El DBCA es un diseño de doble vía que se aplica cuando el material experimental es heterogéneo. Las unidades experimentales homogéneas se agrupan formando grupos homogéneos llamados bloques. Dentro de cada bloque, los tratamientos se distribuyen al azar, y el número de unidades por bloque es igual al número de tratamientos. En el diseño se aplicaron los tratamientos bajos condiciones reales llevando a cabo bloques, y repeticiones siendo fundamental para entender y conllevar el trabajo. Se pudo tomar todos los datos

numéricos y analizarlos con el sistema de Andeva o Anova este nos permite a comprobar o a rechazar las hipótesis empleadas, con esta forma podremos validar o no el uso de los bioinsumos ante la enfermedad de la roya, se analizo y se toma información, de los procesos de cambio del comportamiento del cultivo frente a la aplicación de tratamientos, mostrando información vital del cultivo conforme el diseño de investigación elaborado y estudiado en la unidad productiva.

3.4 Población y muestra

Se trabajará con plantas de café (catimor) con una edad promedio de 8 año en donde se tienen con un manejo convencional y siendo monocultivo en la finca, en donde no tienen apoyo de alguna entidad y trabajan a base su conocimiento propio.

El café está dividido entre 5 partes en donde nos ubicamos en la parte 2 de la finca con nombre La mandarina donde la población total 2 serian 3122 plantas con una extensión de 1mz, se trabaja con una distancia de siembra de 1.50 cm entre pantas y 1.50 cm entre surcos, nosotros nos ubicamos en una zona plana en donde priorizamos no tener afectaciones por escorrentía o por la misma pendiente.

El diseño experimental aplicado es de Bloques Completamente al Azar, con cuatro bloques. En cada bloque se implementaron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, por lo que se utilizaron 64 plantas de muestra de una población de 3122 plantas en todo el lote bajo estudio.

3.4.1 Plano de campo

T1	Fungicida de Neem
T2	Caldos sulfocálcico
T3	Fungicida Nativo
T4	Testigo Carbendazim

Figura 1: *Tratamientos aplicados*

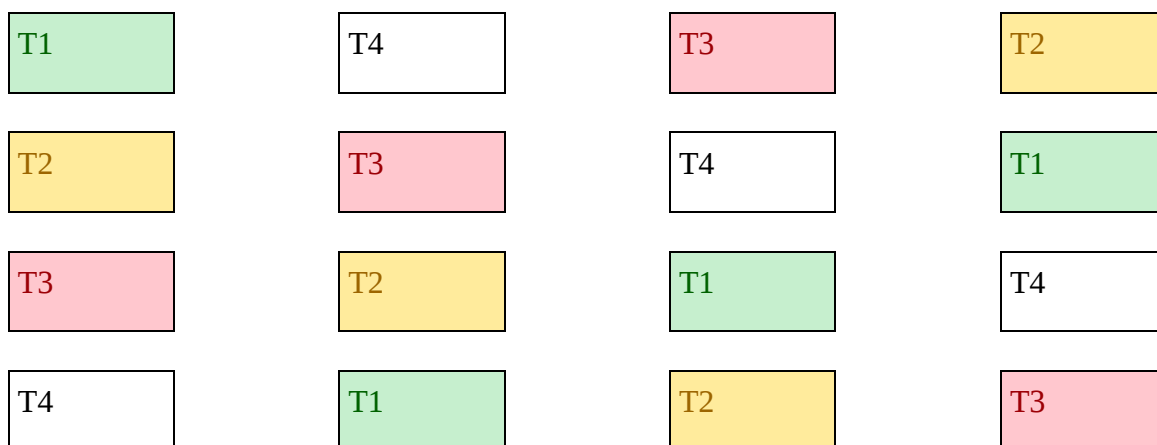


Figura 2: *Plano de campo*

Tabla 4: *Tratamientos evaluados en el estudio*

Bioinsumo	Preparación	Dosis / Aplicación en Café	Información Textual Citada con Fuente
Caldo Sulfocálcico	1 kilo de azufre, 1 kilo de cal 18 litros de agua	Se usaron 500 cc por bombada de 20 litros	El caldo sulfocálcico es un caldo mineral ecológico, muy útil para controlar enfermedades ocasionadas por hongos en los cultivos como mango, palto, café y cacao. También controla plagas en hortalizas y aporta nutrientes para el crecimiento, floración y fructificación de las plantas (Doctoragro, 2025)
Fungicida de Neem	1 kilo de hoja de Neem 1 kilo de semilla de Neem, se cose, después que el producto esté listo se procede a almacenar.	1 litro por 20 litros de agua	"Aceite de neem es un producto orgánico con actividad antifúngica e insecticida, efectivo para control de múltiples plagas y enfermedades." (Perfect Daily Grind, 2022)
Fungicida Nativo Bayer	Producto comercial, agitar antes de mezclar con agua para aplicación foliar. Contiene Tebuconazole (20%) y Trifloxistrobin (10%).	Dosis 0.5-0.6 L/mz, aplicación cada 10-14 días, máximo 3 aplicaciones por ciclo. Uso en etapa de vegetación activa.	"Fungicida sistémico que combina tebuconazole y trifloxistrobin, combate eficazmente roya y manchas foliares en cafetales." (Agro Link, 2025)
Testigo	Carbendazim tiene fórmula molecular $C_9H_9N_3O_2$ y su estructura incluye un anillo benzimidazol que es clave para su acción fungicida. Albaugh. (2023)	Dosis 300 ml por manzana	El carbendazim es un fungicida sistémico del grupo de los benzimidazoles, con fórmula química metil benzimidazol-2-ilcarbamato. Actúa inhibiendo la síntesis de beta-tubulina, esencial para la división celular de hongos, deteniendo su crecimiento y provocando la muerte del patógeno (Q-VAR, CA 2017)

Fuente: *Elaboración propia*

3.5 Variables y categorías (Operacionalización de variables)

Tabla 5 Variables y categoria

Objetivo	Variable	Sub variable	Indicadores	Materiales	Instrumento
Examinar el manejo agronómico del café de Don Santana Velásquez para optimizar la producción y controlar enfermedades como la roya.	Manejo agronómico del café	Control fitosanitario: manejo de roya	Eficiencia del control Incidencia y severidad de roya	Cuaderno de anotaciones Lapiceros Fotografías	Recorrido por la finca Fotografías tomadas Entrevista
Evaluar la eficacia de bioinsumos contra el manejo tradicional en la finca de Don Santana Velásquez en el control de roya (<i>Hemileia vastratix</i>) en el cultivo de café (<i>Coffea arábica</i>)	Incidencia de roya en el café	Total, de hojas afectadas	Porcentaje de afectación	Cuaderno lapiceros	Hojas de muestreo Visitas semanales a la finca
	Determinar la relación beneficio costo de tratamientos bajo estudio ante la enfermedad de roya	Costo de tratamientos	Costo total	Calculadora lapiceros	Entrevista

Fuente: *Elaboración propia*

3.6 Métodos, técnicas e instrumentos para recolección de información y datos

La entrevista fue la primera herramienta utilizada fue la guía de base para realizar nuestra investigación, porque con ella se conoció el contexto de la finca se conoció el majeo agronómico, su forma económica, su forma social, entre otros factores fue la herramienta clave que ayudo como pilar en la construcción y desarrollo del trabajo.

En la investigación se realizó una observación directa para evaluar las variables bajo estudio, utilizando un diseño de bloques al azar (DBCA). Este enfoque permitió controlar la variabilidad entre los bloques y analizar de manera eficiente los efectos principales y la interacción de los factores evaluados. Durante la observación directa se registraron datos precisos y detallados lo que ayudo a la obtención de resultados confiables para la interpretación estadística y después a la toma de decisiones en el experimento.

En esta investigación basada en un diseño de bloques al azar (DBCA), se realizó una segunda entrevista estructurada al productor para obtener información cualitativa sobre las prácticas agrícolas y la incidencia de roya en sus cultivos. Esta entrevista permitió complementar los datos cuantitativos y contextualizar los resultados obtenidos en campo.

Durante esta investigación se utilizaron diferentes técnicas y procedimientos que permitieron la recolección de datos para después analizarlos, para obtener la información precisa y concisa se realizaron las visitas a campo, las visitas permitieron observar directamente las condiciones del cultivo de café, la importancia de la observación nos proporcionó un contacto cercano con la realidad de estudio facilitando la identificación de las variables y su comportamiento conforme se iba desarrollando la investigación.

Las hojas de muestreo fueron la segunda herramienta nos ayudó a determinar la incidencia de roya en los cafetales y en el área experimental con los datos que nos da vamos comprobando y comparando cómo va el estudio de investigación, si hay afectaciones de forma creciente o decreciente en donde nos ayuda a validar o negar las hipótesis en donde nos ayudara para la validación de los productos dentro del experimento.

Para el muestreo de roya, se seleccionan plantas al azar dentro de cada bloque, registrando la incidencia y severidad de la enfermedad en hojas y frutos según un protocolo estandarizado. Los datos obtenidos permitieron un análisis comparativo entre tratamientos, siendo fundamentales para evaluar la efectividad de las medidas de control aplicadas.

El instrumento para el estimado de cosecha fue una hoja de recolección de información de frutos y bandolas reproductivas en las plantas de café, se realizó de manera aleatorizada la recolección de datos más fórmulas utilizadas dan el resultado de estimación de cosecha, se efectuó una estimación de cosecha mediante la cuantificación del número de frutos maduros y su peso promedio en las parcelas del experimento. Esta medición directa proporcionó información precisa acerca del rendimiento, facilitando el análisis de los efectos de los factores evaluados en el diseño DBCA sobre la productividad de los cultivos.

3.7 Confiabilidad y validez de los instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos empleados en esta investigación fue evaluada mediante la implementación de protocolos rigurosos y controles estrictos para asegurar la consistencia en la recolección de datos. En el caso de la entrevista estructurada, se realizó un piloto previo con un grupo reducido de productores para identificar posibles ambigüedades en las preguntas, ajustando el cuestionario en función de los resultados obtenidos. Esto permitió disminuir variaciones en las respuestas y mejorar del instrumento. Asimismo. Respecto al muestreo de roya, la confiabilidad se garantizó mediante la selección aleatoria de las plantas dentro de cada bloque, asegurando que la muestra fuera representativa y homogénea. Para la evaluación de la incidencia y severidad de roya, se utilizó protocolo detallado, utilizando escalas previamente validadas, lo que minimizó la variabilidad.

En cuanto a la validez de los instrumentos, se fundamentó en la revisión exhaustiva de la literatura especializada y en la consulta con investigadores y docentes expertos en enfermedades fungosas, agronomía y estadística, quienes validaron y aprobaron los métodos utilizados. La entrevista estructurada fue diseñada para cubrir aspectos directamente

relacionados con las prácticas agrícolas y la presencia de roya, garantizando así la validez aparente y de contenido. Para el muestreo de roya, se emplearon técnicas validadas en estudios científicos previos, que permiten medir de forma fidedigna la incidencia y severidad de la enfermedad en cultivos de café. En conjunto, la combinación adecuada de estas estrategias garantiza que los instrumentos midan con precisión y confiabilidad las variables de interés, fortaleciendo la calidad y la rigurosidad del estudio.

3.8 Métodos, técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos e información

El instrumento para la recopilación de datos fueron las hojas de campo y entrevistas diseñadas con ayuda de Excel para registrar variables cuantitativas y cualitativas del experimento, las hojas están diseñadas para la toma de datos específicos y organizar la información de manera pulcra y clara lo que contribuyó un mejor manejo, así minimizamos errores y garantizamos que los datos son comparables y necesarios para el análisis estadístico.

Ya con la base de datos (Excel) se procedió a procesar los datos utilizando el software estadístico SPSS herramienta muy reconocida por manera grandes operaciones, se aplicó el análisis de varianza (Anova) el cual permitió determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados para posteriormente proceder a realizar pruebas de separación de medias utilizando Tukey en los casos en que se determinó diferencias estadísticas significativas.

3.9 Criterios de calidad aplicados

Los criterios de calidad empleados en esta investigación se centraron en asegurar la rigurosidad, precisión de los datos obtenidos para garantizar resultados confiables y aplicables. Entre estos criterios destacan:

Como primer criterio se implementó la confiabilidad: Se implementaron procedimientos de diseño que permitieron la repetición y mediciones, con lo aprendido de la carrera la

confiabilidad de los instrumentos como hojas de muestreo, entrevista, etc son sumamente confiables y aplicados y revisados por docentes

El segundo criterio es la representatividad el cual nos ayudó en el muestreo aleatorio dentro de cada bloque garantizó que la muestra fuera representativa de la población estudiada, lo que facilitó la generalización de los resultados.

El tercer criterio es la precisión: Durante la observación directa y el estimado de cosecha se utilizaron equipos y técnicas que permitieron la obtención de mediciones exactas y detalladas, minimizando el margen de error.

El cuarto criterio es la pertinencia: Los instrumentos y técnicas seleccionados respondieron específicamente a los objetivos planteados en la investigación, asegurando que nuestros datos recolectados permitan un análisis significativo y útil para la toma de decisiones

Estos criterios contribuyen a garantizar que la investigación realizada con una calidad necesaria para obtener conclusiones sólidas y aplicables en el manejo y control de la roya en los cultivos evaluados bajo el diseño DBCA.

Capítulo IV

4. Análisis y discusión de resultados

A continuación, se presentan los resultados de la investigación, así como el análisis de los mismos contrastándolos con estudios antecedentes y el manejo técnico que debería desarrollarse. Para su abordaje se considera el orden presentado en la matriz de operacionalización de variables.

4.1 Manejo agronómico del cultivo de café

Para esta variable se consideró entre otros indicadores, el tipo de control de incidencia de roya realizado por parte del productor. El manejo fitosanitario es una práctica que se debe de realizar año a año, en donde se debe de llevar registros de las actividades realizadas en tiempo y forma, esto ayuda a tener un control más específico y claro en donde ayuda a la prevención de enfermedades.

La roya es una enfermedad que está presente en todo el país y durante la mayor parte del año, su impacto es mayor en zonas cafetaleras de altura media y baja la enfermedad se ve favorecida por las temperaturas cálidas y ambientes húmedos y lluviosos, se reconoce por manchas redondas de color amarillo claro en la parte superior de la hoja y presencia de un polvo color naranja en su parte inferior, en las lesiones viejas se puede observar tejido muerto de color café. La roya afecta a las plantas de café mediante la caída prematura de las hojas infectadas, disminuyen drásticamente su funcionamiento afectando la producción de la planta (Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA, 2018)

En la finca de Don Santana Velásquez, prevalece la variedad de café catimor, que se consideraba como tolerante a enfermedades como la roya del café (*Hemileia vastatrix*). Es usada por muchos de los agricultores en los alrededores, pero se ve afectada por la roya esto se debe a los cambios climáticos y al manejo agrícola que se les da a los cafetales.

Se evaluó el cafetal de Don Santana Velásquez con una Guía Técnica para el Cultivo del Café del INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA Centro de Investigaciones en Café (CICAFE) escrito por Barva – Heredia (2011)

Este enfoque permitió realizar un análisis de las practicas agronómicas, fitosanitarias y productivas del cafetal, facilitando la identificación de áreas críticas que hacen la propagación y mantenimiento de la enfermedad de roya en los cafetales.

1. La primera práctica es establecer distancias de siembra más amplias. En la finca del productor, las plantas se encuentran muy cerca entre sí y entre los surcos, lo que mantiene una mayor humedad relativa en el ambiente lo que favorece al desarrollo y expiración de la enfermedad de roya, en donde dificulta la circulación de aire entre ellas, la falta de ventilación crea un ambiente húmedo y fresco ideal para la proliferación de roya. Las plantas cercanas favorecen que la enfermedad se propague rápidamente una hacia otra haciendo un mayor daño en donde se dificulta más su control, por eso es conveniente tener una distancia de siembra para reducir el riesgo de roya y también faciliten los manejos ante las enfermedades.
2. La segunda practica es la poda a las plantas agotadas o enfermas, realizan la poda en el cafetal pero solo una es la poda alta en donde dejan ramas afectadas y agotadas al eliminar este tipo de ramas ayuda eliminar partes infectadas por el hongo esto favorece a la ventilación y la entrada de luz entre las plantas se debe de realizar la poda de limpieza, enfocada en eliminar ramas enfermas o dañadas para evitar que las enfermedades se propaguen y la poda esquelética esto ayuda con la estructura del árbol evita que se vuelva denso en donde también favorece la circulación de aire y disminuye la humedad interna este tipo de práctica se debe de realizar para reducir la incidencia de roya
3. La tercera practica de manejo es deshijar una al año, dejando 2 ejes por punto de siembra esta práctica se debería de realizar en la finca porque de igual manera ayuda a mejorar la aireación y entrada de luz al cafetal al controlar los brotes y tallos se reduce la densidad de follaje lo que crea un ambiente menos favorable (Instituto del Café de Costa Rica, 2014), esta actividad permite que la planta concentre más energía

en mantener un crecimiento más saludable y vigoroso, esta es una medida preventiva clave en el manejo integrado para controlar esta enfermedad y garantizar la salud productiva.

4. La cuarta practica es de realizar uno o dos arreglos de sombra por año, manteniendo alrededor del 25-35% del sombrío (Díaz, 2021). Esta actividad se realiza en la finca, pero no todos los años y no se practica antes de la entrada del invierno y terminando el invierno, la poda la realizan cuando pueden, esta actividad se debería de realizar entre marzo y abril cuando el clima es más seco para evitar un sombreado excesivo que aumente la humedad, este manejo se debería de realizar de manera adecuada ayuda a mantener la humedad del micro clima dentro del cafetal evitando la formación de un ambiente húmedo al realizar bien esta actividad contribuye significativamente a mantener la salud del cultivo y reducir el riesgo de roya.
5. Como quinta practica la aplicación de fungicidas el manejo que le da a la roya solo es química el carbendazim y solo ese aplica 2 veces al año aun así tiene un nivel alto de roya del 9.72% de roya en el cultivo y los niveles críticos ya es 5 se encuentra sumamente elevado , por ende puede aplicar productos biológicos también para reducir dicha enfermedad se recomienda En la primera aplicación (mayo) se puede utilizar fungicidas protectores como óxido o hidróxido de cobre (Caldo bordelés) y en septiembre el caldo sufocálcico el cual es uno de los bioinsumos se está comprobando y validando dentro de la investigación .

4.2. Efecto de dosis de tratamientos evaluados ante la enfermedad de roya *Hemileia vastatrix*.

Se determinó que en la finca de Don Santana la enfermedad de roya presenta un nivel de incidencia del 9.72%. Esto se obtuvo por medio de muestreo en los diferentes bloques antes de inicio de la aplicación de los tratamientos. En el muestreo se eligieron tres bandolas (Alto, medio, bajo) donde se contaron las hojas totales por bandola y hojas afectadas por *Hemileia vastatrix*.

El nivel de incidencia base se considera alto ya que el umbral de daño permisible es de 5%. Se encontraron afectaciones de otras enfermedades como ojo de gallo y mancha de hierro, pero con un nivel de incidencia más bajo. El productor manifestó que no realiza ningún manejo de roya, por falta de información sobre las enfermedades y por el costo económico para adquirir insumos.

Tabla 6: Análisis estadístico del método Anova

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre tratamientos	447.37	3	149.12	7.94	0.000
Dentro de tratamientos	1126.24	60	18.77	—	—
Total	1573.61	63	—	—	—

Fuente: *Elaboración propia*

Los resultados del análisis estadístico mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para el control de la roya del café ($p \leq 0.05$), hubo cambio significativo entre los tratamientos aplicados ante la enfermedad de roya en el cultivo de café.

El análisis de varianza indicó que existieron diferencias significativas en el número total de hojas afectadas entre los tratamientos, se observó una disminución considerable en los índices de afectación en dos tratamientos, esto indicó que los tratamientos (Fungicida Nativo, caldo sulfocálcico) lograron controlar la enfermedad de manera efectiva. Entonces se aprueba la hipótesis alternativa en donde al menos uno de los tratamientos tuvieron cambios significativos.

Los tratamientos que dieron resultados se graficaron para poder observar y determinar cuáles fueron los mejores tratamientos.

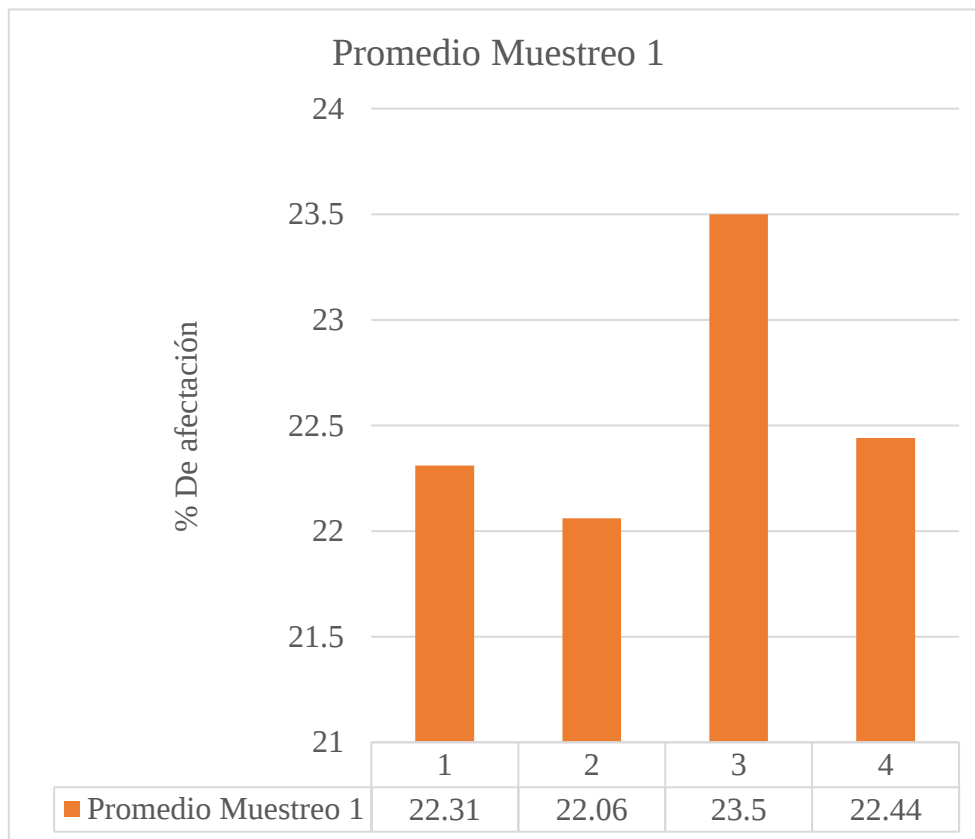


Figura 3. Resultados de tratamientos en su efectividad en muestreo, elaboración propia

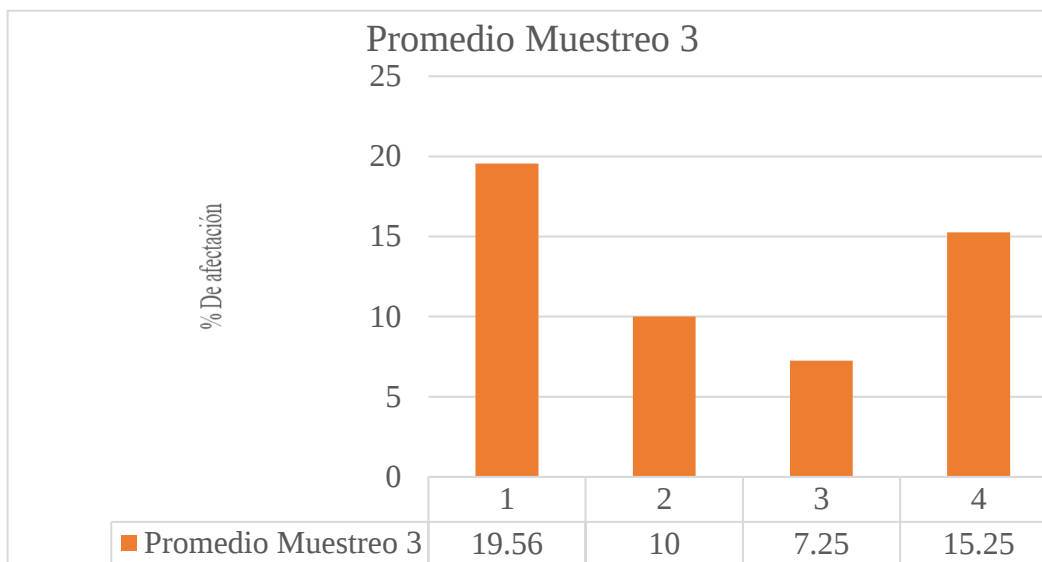


Figura 4. Resultados de tratamientos en su efectividad en muestreo, elaboración propia

Los tratamientos T3 (Fungicida químico) y T2 (Caldo sulfocálcico) en el control de la enfermedad de roya mostraron que ambos tratamientos sí presentaron un cambio significativo en la incidencia de la enfermedad en comparación con el testigo absoluto (sin aplicación) y con el tratamiento T1 el Fungicida de Neem y se evidenció en los gráficos.

Se llegó a la conclusión que ambos tratamientos T3 y T2 reflejan un cambio significativo, tuvieron su efectividad en la reducción de la enfermedad de la roya, siendo mejores opciones para el manejo integrado de esta enfermedad en cultivos de café y solo se valida un producto biológico para el control de roya el cual es el caldo sulfocálcico el cual es el producto que se validará por ser la alternativa agroecológica y más efectiva ante la enfermedad de la roya.



Ilustración 2: Antes y después del tratamiento

4.3 Costo beneficio de los tratamientos aplicados ante la enfermedad de Roya dentro del cultivo de café.

El productor para el control de enfermedades fungosas solo ocupa el fungicida químico Carbendazim en donde realiza 2 aplicaciones al año en donde las aplica en coctel, con otros productos foliares.

Tabla 7 : *Costos Fungicidas Nativo*

Producto	Costo del producto	Costo total
Fungicida Nativo preventivo curativo con actividad mesostémica y sistémica sobre el cultivo. Control contundente de Oidium y manchas foliares. Eficaz herramienta para el manejo de resistencia. Tiene efectos positivos sobre los rendimientos del cultivo.	Para una manzana se necesita 0.5L con un costo de 533cordobas	Para 3 manzanas se necesita 3 L de nativo en donde en 2 aplicaciones para 3 manzanas se gasta 3198 cordobas

Fuente: Fuente propia

Tabla 8: Costos de Caldo Sulfocálcico

Producto	Costo del producto	Costo total
El caldo sulfocálcico es una solución mineral de uso agrícola, diseñada para actuar como un insecticida, fungicida y acaricida natural. Además, este insumo corrige deficiencias de calcio y azufre, esenciales para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas. Al ser permitido en la agricultura orgánica, se convierte en una opción ideal para los agricultores que buscan métodos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.	Para preparar 15 litros se requiere 1.5 kilo de azufre y 1.5 kilo de cal, más la leña y la mano de obra de preparación Para realizar 7.5 litros de caldo sulfocálcico para ocuparlo en 3 manzanas se gasta 140 córdobas	Para 15 litros de caldo sulfocálcico que se aplicara en 3 manzanas 2 aplicaciones se gasta 280 córdobas

Fuente: *Fuente propia*

Tabla 9: Costos de Carbendazim

Producto	Costo del producto	Costo total
Carbendazim es un fungicida sistémico ampliamente utilizado en la agricultura, conocido por su eficacia en el control de una amplia gama de enfermedades fúngicas que afectan a los cultivos. Pertenece a la bencimidazol clase de fungicidas que se utiliza para proteger diversos cultivos, incluidos cereales, frutas, verduras y plantas ornamentales. El compuesto actúa inhibiendo la división celular de los hongos, lo que en última instancia impide el crecimiento y la propagación de los patógenos	C\$350/L. Dosis 2 litros al año	C\$700

Fuente: *Fuente propia*

Tabla 10: *Tabla comparativa de tratamientos*

Tratamientos	Costo anual total (3 manzanas)	Aplicaciones	Efectividad	Beneficios	Desventajas
Carbendazim	C\$ 700	2	Buena	Control rápido; fungicida sistémico	Genera resistencia; residuos tóxicos; afecta ambiente y salud
Nativo	C\$ 3,198	2	Muy alta	Efecto Greening; plantas más sanas; mayor rendimiento	Costo muy elevado
Caldo sulfocálcico	C\$ 280	2	Buena	No tóxico; controla hongos/insectos; aporta Ca y S; orgánico	

Fuente: *Fuente propia*

El manejo de la roya en el cultivo de café es un aspecto fundamental para mantener la productividad del cafetal. El Carbendazim es un fungicida químico accesible para el productor, ya que su costo anual es relativamente bajo (C\$700 para 3 manzanas), ofrece buenos resultados en el corto plazo y ayuda a reducir rápidamente la roya. Sin embargo, su uso frecuente trae consecuencias importantes: con el tiempo los hongos pueden volverse resistentes, dejando el producto cada vez menos efectivo (AgroEnlace, 2025); además, sus residuos se acumulan en el suelo y pueden afectar tanto al ambiente como a la salud de quien lo aplica, por estas razones, aunque es barato, no resulta una opción sostenible a largo plazo.

En el caso de Nativo, los resultados agronómicos son muy superiores. Este fungicida logra un control más rápido y profundo de la roya, mantiene las hojas verdes durante más tiempo gracias al efecto *Greening*, y mejora el vigor de la planta y la calidad del grano (Bayer SA, 2022). El problema es su costo: con un gasto cercano a C\$3,198 por año para 3 manzanas,

muchos pequeños productores no pueden permitírselo, aun cuando sus beneficios técnicos son excelentes.

Por otro lado, el caldo sulfocálcico se destaca como una alternativa económica y amigable y agroecológica con el ambiente, su costo es muy bajo (C\$280 al año) y, aunque su acción no es tan inmediata como la de los fungicidas químicos, ofrece un control efectivo de hongos, insectos y ácaros. Además, aporta nutrientes como calcio y azufre, no deja residuos tóxicos, no genera resistencia y está permitido en la agricultura orgánica. Esto lo convierte en una opción más sostenible y segura para quienes buscan proteger tanto el cultivo como el entorno.

A diferencia del Carbendazim y el Nativo, el caldo sulfocálcico no deja residuos tóxicos y es completamente biodegradable, por lo que no representa un gran riesgo para el ambiente ni para la salud del productor, tiene la ventaja de ser permitido en la agricultura orgánica, lo que lo convierte en una opción más sostenible y agroecológica mas segura a largo plazo.

La comparación del Carbendazim y Nativo ofrece resultados rápidos en el control de la roya, el caldo sulfocálcico resulta una alternativa más económica, ecológica y beneficiosa para la salud del cultivo y del suelo, su uso constante no genera resistencia en los hongos, lo que permite mantener su efectividad a lo largo del tiempo por estas razones, el caldo sulfocálcico se considera una mejor opción frente al Carbendazim y al Nativo, especialmente para los productores que buscan prácticas más sostenibles y amigables con el medio ambiente sin comprometer la sanidad del cafetal.

Capítulo V

5. Conclusiones

- Se evaluó el manejo actual de la roya en la finca de Don Santana Velásquez en donde se identificó varias prácticas agronómicas que requieren fortalecimiento de manejo agronómico como manejo de sombra, y poda etc, en donde ayudaran a disminuir la incidencia de la roya en donde fortalecerá la sanidad del cafetal, facilitando un ambiente menos favorable para la propagación y distribución de la enfermedad.
- La aplicación de alternativas agroecológicas como el uso de caldo sulfocálcico ayudaron a reducir significativamente la incidencia de roya en el café, se presentaron cambios significativos estadísticamente y visuales en donde las alternativas son de gran importancia en el control y prevención de enfermedades fungosas.
- El análisis de costos y beneficios entre uno de los tratamientos que tuvo resultados en comparación con el Carbendazim el caldo sulfocalcico como las alternativas agroecológicas resulto más rentables a largo plazo, al reducir gastos en insumos y mejorar la salud del suelo y planta, aumentando la productividad y calidad del café sin impactos ambientales negativos.

5.1 Recomendaciones

Al productor

- Tener calendario de actividades de cultivo del café para tener orden las actividades en específicas como: floraciones del café, actividades foliares, fertilización granular, poda a plantas agotadas o viejas, prácticas de deshije, arreglos de sombra. control de plagas y enfermedades entre otras actividades.
- Realizar raleo en varios puntos de la finca, hay mucha concentración de plantas que no permiten realizar actividades específicas.
- Efectuar un análisis de suelo para de un plan de fertilización apropiado para el cultivo de café.
- Desarrollar un plan de manejo ante la enfermedad de roya la cual es el problema principal que afecta al cultivo dentro de la finca
- Utilizar productos orgánicos dentro de la unidad productiva que ayuden al manejo del cultivo de café reduciendo costos económicos.
- Incorporar coadyuvantes adherentes en las aplicaciones foliares al cultivo de café, para mejorar la retención de las gotas sobre el follaje, disminuir las pérdidas por escurrimiento o lavado por lluvias.
- Implementar un sistema de drenaje en el cafetal para evacuar el exceso de agua acumulada en el suelo, especialmente en épocas de lluvias intensas.

A la universidad

- Se recomienda que la universidad organice de capacitaciones continua (talleres, días de campo y charlas técnicas) dirigidos a estudiantes y productores, enfocados en manejo integrado del cultivo de café.

5.2 Referencias

Abonamos. (2018). Ficha técnica para cultivo de café. <https://www.abonamos.com/cultivodecafe>

About Coffee. (2025). Coffee bean varieties. About Coffee. <https://www.aboutcoffee.org/beans/varieties/>

Agroecológicos. (2024). (CONAHCYT). Obtenido de <https://farosagroecologicos.ciad.mx/que-es-el-caldo-sulfocalcico-y-como-beneficia-los-cultivos/>

AgroEnlace. (2025). Para qué sirve el carbendazim: beneficios y usos. AgroEnlace. <https://agroenlace.co/para-que-sirve-el-carbendazim/>

Albaugh. (2023). Boletín técnico Carbendazim 500 SC. Albaugh Inc. <https://www.albaugh.com/docs/colombialibraries/productfiles/cropzim-500-sc-technical-bulletin.pdf>

Asdenic. (2016). Introducción a la agroecología. de <http://www.asdenic.org/wp-content/uploads/2016/02/agroecologia.pdf>

Asociación Nacional del Café (Anacafé). (2019). Guía de variedades de café [PDF]. <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

Bayer SA (2022). Nativo 30sc Bayer Costa Rica. https://www.agro.bayer.cr/es-cr/productos/product-details.html/fungicide/nativo_30_wg.html

Bayer. (2022). Nativo 30SC. https://www.agro.bayer.gt/es-gt/productos/product-details.html/fungicide/nativo_30_sc.html

Boletín técnico: Recomendaciones y consideraciones para la renovación exitosa de una plantación (2015). Centro de Investigaciones en Café (CEDICAFÉ), ANACAFÉ. <https://www.anacafe.org/uploads/file/12c78feb8c28400bbf17b975b727f8b5/20-manejo-tejido-productivo.pdf>

Bravo-Ruiz, O. (2022). Potencial fungicida del árbol de neem contra el hongo. Serv UV , 18(2). <https://uvserva.uv.mx/index.php/Uvserva/article/view/2852/4831>

Burbano Alvear, E. (2014). Variedad Catimore e implementación de buenas prácticas agrícolas en 15 familias del programa Red Unidos de la vereda El Pensil del municipio de La Argentina Huila (Trabajo para obtener el título de Ingeniero Agroforestal). Universidad Nacional Abierta ya Distancia UNAD. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/3473/1/8324143.pdf>

Cárdenas López, J, Suárez, OR, & Orozco Miranda, EF (2024). Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). CropLife Latinoamérica. <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/roya-del-cafeto>

Challco Rojas, F. M. (2023). Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la Roya (*Hemileia vastatrix*) del Cafeto (*Coffea arabica*), en la microcuenca Chirumbia, Quellouno [Trabajo de investigación, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio UNAMBA. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1213>

COSECHA Y POSTCOSECHA 1. (2021). Scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/462036885/COSECHA-Y-POSTCOSECHA-1>

Díaz Suchini, MT (2021). La sombra en el café. Proyecto RENACER-CRS. <https://asa.crs.org/wp-content/uploads/2021/05/La-Sombra-en-el-Cafe.pdf>

Doctoragro. (2025). Caldo sulfocálcico: Preparación y beneficios para tu cultivo. <https://doctoragro.pe/blog/https-doctoragro-pe-blog-caldo-sulfocalcico/>

Escobedo, A., Bendaña, E. y Gutiérrez (2014). Cadena de Valor del Café de Nicaragua. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8657/Cafe_de_Nicaragua_Cartilla.pdf?sequence=1

Espanica. (2018). Cultivo bajo sombra. Recuperado de <https://espanica.org/cafe-de-nicaragua/variedades/>

GRIND, P. D. (2022). Obtenido de <https://perfectdailygrind.com/es/2022/05/20/bioinsumos-en-industria-cafetera/>

HLPE (2019). *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition*. Informe de referencia que sintetiza principios, evidencia y recomendaciones de política. Open Knowledge FAOFAOHome

Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA). (2018). Manejo de la roya del cafeto (Hemileia vastatrix Berk y Br) Folleto. <https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/4%20Sanidad%20Vegetal%20y%20Semillas/Vigilancia%20Fitosanitaria/afiches%20prueba/roya%20del%20cafe.pdf>

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). (2011). Guía técnica para el cultivo del café (1a ed.). CICAfé. <https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>

Instituto del Café de Costa Rica. (2014). La deshija del café [Boletín técnico]. https://www.icafe.cr/wpcontent/uploads/roya_cafe/recomendaciones_tecnicas/boletines/2014/La%20deshija%20del%20cafe%20%5BJunio%2C%202014%5D.pdf

León Ospina, IS, & Sánchez Giraldo, LM (2021). Análisis del efecto antifúngico de los hidrolatos ajo-ají sobre la monilia (Moniliophthora roreri). Repositorio Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4dca0a49-34bd-8942-4f3cb4747dd5/content>

Molina, A. K. (2019,). Guía de plagas y enfermedades comunes del café. Perfect Daily Grind Español. <https://perfectdailygrind.com/es/2019/01/25/guia-de-plagas-y-enfermedades-comunes-del-cafe/>

Monroig Inglés, MF (2018). Control integrado de malezas en el cafetal [PDF]. Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. https://www.uprm.edu/ecosdelcafe/wp-content/uploads/sites/133/2018/11/MALEZAS_EN_EL_CAFETAL.pdf

Mora S., N. (2008). Agrocadena de café [Informe]. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/e70-9314.pdf>

Pérez, L., Martínez, A., & Gómez, F. (2023). Potencial fungicida del árbol de neem contra el hongo Hemileia vastatrix. Revista Mexicana de Fitopatología, <https://uvserva.uv.mx/index.php/Uvserva/article/view/2852/4780>

Perfect Daily. (2021). Roya del café: por qué es nociva y cómo controlar su propagación. <https://perfectdailygrind.com/es/2021/01/13/roya-del-cafe-por-que-es-nociva-y-como-controlar-su-propagacion/>

POMAI. (s. f.). Fungicida Carbendazim | Carbendazim para Plantas. Recuperado de <https://www.pomais.com/es/product/carbendazim/>

Q-VAR, CA (2017). Ficha técnica Cropzim 500 SC <https://qvarvenezuela.com/wp-content/uploads/2021/09/FT-Cropzim-500-SC.pdf>

Ramos Rodríguez, M., Sánchez de León, Y., & Dávila Negrón, M., con la colaboración de Nazario, G. (2014). Manejo de malezas en cafetales orgánicos . Universidad de Puerto Rico en Utuado. Programa Sur SARE - Investigación y Educación en Agricultura Sostenible. <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Management-of-Weeds-in-Organic-Coffee.pdf>

Salazar Lezama, GE, & Alemán Zeledón, SR (2020). El café en Nicaragua: Perfil de la finca agroecológica productora de café La Lotería ubicada en la comunidad La Fundadora en el municipio de Matagalpa periodo 2017-2018 (Seminario de graduación). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/14500/1/14500.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Bioinsumos: una alternativa más para llegar a la autosuficiencia alimentaria. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/bioinsumos-una-alternativa-mas-para-llegar-a-la-autosuficiencia-alimentaria>

Secretaría del Trabajo y Previsión Social & Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural. (2020). *Manual sobre cosecha de café: material del participante* (diciembre de 2020). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/915832/03.pdf>

Senasacontigo. (2017). Senasacontigo. Obtenido de <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-uso-de-caldo-sulfocalcico-para-prevencion-y-control-de-plagas-en-citricos/>

Solano Vázquez, MC, Gómez Luna, JA, Flores Ricardez, AG, Novelo Galindo, ML, & López Espinosa, DJ (2021). Evaluación de estrategias biológicas y químicas para el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix*). En Liliana Patricia Moreno Cancino et al. (Coords.), Los retos socioeconómicos y de ingeniería. Cuarto Congreso Internacional de Emprendimiento Sustentable y Tecnológico para el Desarrollo Social y Empresarial (págs. 114-121). Tecnológico Nacional de México. https://normateca.eadtecnm2.net/images/repositorio/Comunicacion_y_Difusion/los-retos-socioeconomicos-y-de-ingenieria.pdf

Sosa López, M. H., & Ordóñez, M. A. (2017). *Uso y manejo de sombra en los cafetales*. En Tec Guía Uso Manejo Sombra (Cap. 6). Instituto Hondureño del Café (IHCAFE).

TecnosolucionesCR. (2019). Fungicidas: impacto en la salud y el medio ambiente. <https://tecnosolucionescr.net/blog/145-fungicidas-impacto-en-la-salud-y-el-medio-ambiente>

Urueña Gómez, M. (2013). El mercado mundial y nacional del café en el siglo XXI . En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Ed.), Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 1, págs. 17–25). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_01

5.3Anexos

Tabla 12: Tabla para toma de datos de hojas afectadas con roya

PM	Planta	Roya			M. H	Ant	Broca					O. G	H. T
		1	2	3			A	B	C	D	F		
1	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
2	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
3	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
4	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
5	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
Incidencia (%)													

Tabla 11: Tabla para determinación de % de afectación

PLAGA O ENFERMEDAD	% ENCONTRADO	UMBRAL PERMISIBLE (%)	CALIFICACIÓN
Hojas con Roya		5	
Hojas con Mancha de Hierro		5	
Hojas con Antracnosis		5	
Hojas con Ojo de gallo		5	
Hojas con Pellejillo		5	
Bandolas con Antracnosis		2	
Frutos con Ojo de gallo		3	
Frutos con Antracnosis		3	
Frutos brocados		5	

Tabla 13 : *Tabla de datos recolectados en campo*

Tratamientos	1																2																3																4															
	1				2				3				4				1				2				3				4				1				2				3				4																			
1	24	20	16	14	13	11	2	16	14	2	6	12	18	11	10	7	8	3	2	16	3	2	11	16	18	12	5	25	12	8	3	12	9	2	7	9	22	16	9	17	11	13	3	7	9	2	6	11																
2	17	12	10	11	10	9	3	18	12	1	5	10	11	6	4	14	11	16	2	11	5	2	18	15	16	11	3	4	16	5	2	16	6	1	14	6	13	12	8	8	12	14	2	1	2	1	6	11																
3	12	10	12	4	13	15	2	7	15	1	6	3	17	21	9	9	5	4	3	4	3	1	13	15	11	16	12	0	2	4	2	11	5	1	16	3	8	3	14	0	9	16	1	3	11	2	5	12																
4	16	14	12	22	7	21	3	9	3	2	4	11	22	16	13	10	2	8	3	2	3	3	14	12	9	4	11	23	11	13	1	3	5	3	2	11	10	16	11	27	8	11	2	8	4	2	9	12																

Tabla 14 *Tabla de porcentaje de afectacion de enfermedades*

PLAGA O ENFERMEDAD	% ENCONTRADO	UMBRAL PERMISIBLE (%)	CALIFICACIÓN	DECISIÓN A TOMAR
Hojas con Roya	9.72	5	Alta	Aplicación de tratamiento químico
Hojas con Mancha de Hierro	2.84	5	Baja	Aplicar un maejo de producto preventivo
Hojas con Antracnosis		5		

Tabla 15: *Tabla de datos ANOVA*

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Muestreo1	Entre grupos	19.297	3	6.432	.174	.914
	Dentro de grupos	2222.313	60	37.039		
	Total	2241.609	63			
Muestreo2	Entre grupos	773.125	3	257.708	6.223	.001
	Dentro de grupos	2484.875	60	41.415		
	Total	3258.000	63			
Muestreo3	Entre grupos	1443.047	3	481.016	14.651	.000
	Dentro de grupos	1969.938	60	32.832		
	Total	3412.984	63			



Ilustración 4: *Reunión con productores*



Ilustración 3: *Muestreo en campo*



Ilustración 5: *Plantillo de café*



Ilustración 6: *Preparación de bioinsumos*



Ilustración 8: *Fungicida de Neem*



Ilustración 7: *Fungicida Nativo*



Ilustración 9: *Caldo Sulfocalcico*



Ilustración 10: *Última visita*



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



