



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## TESIS DE GRADO

**EVALUAR LA EFICACIA DE BIO-INSUMOS PARA EL MANEJO DE LA  
ENFERMEDAD ROYA EN CAFÉ (*HEMILEIA VASTATRIX*), EN LA FINCA LOS  
CORRALES EN LA COMUNIDAD LAS ESCALERAS**

**II SEMESTRE 2025**

Castellón, E; Pérez, N.

*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## **Asesor/Tutor**

PhD, Francisco Javier Chavarría Arauz

ÁREA DE CONOCIMIENTO  
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE

**Área de Conocimiento**  
**Centro Universitario Regional de Matagalpa**

Departamento Ciencias Tecnología y Salud

## **Informe de Investigación**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO AGRONOMO**

### **Autor/es**

Br. Norlan José Pérez Mairena

Br. Engel Siman Castellón Rivera

### **Asesor/es**

**Asesor:** PhD, Francisco Javier Chavarría Arauz



## **DEDICATORIA.**

**A Dios:** Por darme el don de la vida y tener salud, recibir de sus bendiciones durante estos años de formación y la sabiduría brindada para llegar a este momento.

**Mi amada madre:** Angela Mairena quien es el pilar más grande de mi vida y por haberme apoyado incansablemente durante mi formación profesional.

**A mis maestros:** agradezco profundamente a cada maestro por sus conocimientos, tiempo y dedicación quienes estuvieron al frente de cada componente recibido durante mi formación como ingeniero agrónomo, por sus horas bajo sol y lluvia en cada practica realizadas con el fin de educarnos.

**A nuestro maestro asesor:** PhD, Francisco Javier Chavarría Arauz, por la paciencia brindada en su acompañamiento para lograr concluir la investigación y sus consejos lleno de conocimientos.

**Br. Norlan José Pérez Mairena**

## **DEDICATORIA.**

**A Dios:** Por ser parte fundamental de mi vida, ser el guía en mi proceso de formación académica, darme la sabiduría e inteligencia cada día; brindarme la fortaleza y salud en cada momento “ Isaías 41:10 “.

**Mi familia:** Agradecerle especialmente por su apoyo brindado, y ser una de mis motivaciones para culminar mi carrera de Ingeniero Agrónomo.

**A mis maestros:** Por apórtame de su conocimiento profesional, los cuales sirvieron para mi aprendizaje como estudiante y formación como Ingeniero Agrónomo.

**A mi maestro asesor:** PhD. Francisco Javier Chavarría Arauz, por su paciencia y compromiso el cual fue parte crucial para la culminación de la investigación.

**Br. Engel Siman Castellón Rivera**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, a Dios nuestro padre y creador quien nos brindó vida y salud para llegar a este momento, agradecemos de poder gozar de sus bendiciones y acobijar la perseverancia y sabiduría necesaria para lograr conquistar nuestra formación profesional.

Agradecemos a nuestro asesor: PhD, Francisco Javier Chavarría Arauz por brindarnos la oportunidad de realizar esta investigación y por guiarnos en cada paso hasta su conclusión, y a la vez el intercambio de conocimientos que nos ha dejado.

Agradecemos al propietario de la finca los corrales, don Alejandro Jirón quien nos abrió las puertas de su finca para acompañarlos durante 3 meses en la realización de nuestra investigación.

**Br. Norlan José Pérez Mairena**

**Br. Engel Siman Castellón Rivera**

### **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 “Bio-insumos para el manejo de la enfermedad roya en café (*Hemileia Vastatrix*), en la finca los Corrales en la Comunidad las Escaleras, II semestre 2025”. Realizado por los bachilleres: **NORLAN JOSÉ PÉREZ MAIRENA**, carné # 21-61030-2 y **ENGEL SIMAN CASTELLÓN RIVERA**, carne # 21-61159-0.

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

Espero que sigan cosechando éxitos en su labor profesional.

Matagalpa, 25 de noviembre del año dos mil veinticinco.

---

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz  
Tutor de tesis

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar y describir la eficacia de los bio insumos orgánicos como caldo Sulfocalcico y su desempeño en el manejo y control de la enfermedad Roya (*Hemileia Vastatrix*) haciendo frente al manejo convencional realizado en la finca Los Corrales ubicada en la comunidad Las Escaleras, Matagalpa, durante un periodo de 2 meses se evaluaron criterios técnicos mediante visitas regulares para evaluar cómo se comportaba el bioinsumo frente a la incidencia de la enfermedad en la plantación de café. Se identificaron factores ambientales los cuales se consideran que actúan como impulsadores claves en la incubación y propagación de la enfermedad haciendo los cafetales más susceptibles a esta enfermedad. Al evaluar la aplicación del caldo Sulfocalcico este no demostró un desempeño eficaz al momento de controlar la enfermedad en comparación a los productos químicos aplicados en parcelas cercanas del área experimental, esto se debe a que el caldo actúa como un fungicida preventivo en porcentajes menores de afectación de la enfermedad (*Hemileia Vastatrix*). Por ende, se da a conocer la utilización e implementación de productos orgánicos con el fin de reducir la contaminación y preservar el ecosistema en las plantaciones, al igual que se alcanzara reducir los costos de producción y ser una opción viable de bajos costo y fácil elaboración con productos y materiales que el productor tiene acceso en su finca. Se logro familiarizar con el área de estudio y se elaboraron diferentes propuestas de mejora en el cafetal para impulsar el manejo fitosanitario de enfermedades.

**Palabras clave:** Roya (*Hemileia Vastatrix*). Caldo Sulfocalcico. Eficacia. Fungicida preventivo

## INDICE

### Contenido

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| <b>RESUMEN</b> .....                                                | 8  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....                                        | 14 |
| <b>2. ANTECEDENTES</b> .....                                        | 16 |
| 2.1.    Roya del café en el sector cafetalero a nivel global .....  | 16 |
| 2.2.    Incidencia de roya en América latina.....                   | 16 |
| 2.4.Utilización de bioinsumo caldo sulfocálcico .....               | 17 |
| 2.5. Uso de Caldo sulfocálcico en centro América .....              | 17 |
| 2.6.Implementación de caldo Sulfocalcico en América latina .....    | 18 |
| <b>3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....                           | 19 |
| <b>4.Preguntas de investigación</b> .....                           | 20 |
| 4.1Pregunta General .....                                           | 20 |
| 4.2Preguntas Especificas.....                                       | 20 |
| <b>5.JUSTIFICACIÓN</b> .....                                        | 21 |
| <b>6.OBJETIVOS</b> .....                                            | 22 |
| 6.1.Objetivo general .....                                          | 22 |
| 6.2.Objetivos específicos .....                                     | 22 |
| <b>7.Hipótesis de la investigación</b> .....                        | 23 |
| 7.1 Hipótesis afirmativa (HA): .....                                | 23 |
| 7.2 Hipótesis nula (HO): .....                                      | 23 |
| <b>8. LIMITACIONES</b> .....                                        | 24 |
| <b>9. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....                        | 25 |
| <b>10. MARCO TEORICO</b> .....                                      | 26 |
| 10.1 Evaluación de Fungicida Orgánico contra la Roya del Café ..... | 26 |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>10.2. Vinculación con la Agroecología.....</b>                              | <b>26</b> |
| <b>10.3. Historia del café.....</b>                                            | <b>27</b> |
| 10.3.1. Aspectos a destacar del cultivo de café en Nicaragua. ....             | 28        |
| <b>10.4. Variedades de café en Nicaragua.....</b>                              | <b>29</b> |
| <b>10.5. Requerimientos edafoclimáticos en el cultivo del café.....</b>        | <b>29</b> |
| 10.5.1. Suelo: .....                                                           | 29        |
| 10.5.2. Clima: .....                                                           | 29        |
| 10.5.3. Temperatura:.....                                                      | 30        |
| 10.5.4. Altitud: .....                                                         | 30        |
| 10.5.5. Humedad relativa:.....                                                 | 30        |
| 10.5.6. Manejo de Sombra: .....                                                | 30        |
| 10.5.7. Densidad de Siembra: .....                                             | 31        |
| 10.5.8. (Manejo de Arvenses).....                                              | 31        |
| 10.5.9. Poda (Deshijas) .....                                                  | 31        |
| <b>10.6. Enfermedades fúngicas en el café .....</b>                            | <b>31</b> |
| 10.6.1. Roya del café. ....                                                    | 31        |
| 10.6.2. Ciclo biológico de la enfermedad .....                                 | 31        |
| 10.6.3. Factores que afectan la epidemiología de la roya anaranjada .....      | 32        |
| <b>10.6.9. incidencia de la sombra en el café.....</b>                         | <b>33</b> |
| <b>10.6.10. Humedad relativa en el desarrollo de la roya.....</b>              | <b>34</b> |
| <b>10.6.11. Etapa de germinación de la roya. ....</b>                          | <b>35</b> |
| <b>10.6.12. Etapa de reproducción de la roya.....</b>                          | <b>35</b> |
| 10.6.13. Curva de progreso de la roya .....                                    | 35        |
| <b>10.6.14. Control biológico de la enfermedad (agentes y mecanismos).....</b> | <b>36</b> |
| <b>10.6.15. Control químico de la roya.....</b>                                | <b>36</b> |

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10.7. El caldo sulfocálcico .....                                                                     | 36 |
| 10.7.1. Historia del caldo sulfocálcico .....                                                         | 37 |
| 10.7.2 Compuestos del caldo sulfocálcico .....                                                        | 37 |
| 10.7.3. Elaboración: .....                                                                            | 38 |
| 10.8. Impacto económico de la roya ( <i>Hemileia Vastatrix</i> ) en sector cafetalero...39            |    |
| 10.9. Afectaciones de la roya en sector económico nicaragüense .....                                  | 39 |
| 11. DISEÑO METODOLÓGICO .....                                                                         | 41 |
| 11.1. Ubicación del estudio .....                                                                     | 41 |
| 11.2. Enfoque de la investigación .....                                                               | 43 |
| 11.3. Tipo de estudio.....                                                                            | 43 |
| 11.4. Población y muestra .....                                                                       | 43 |
| 11.5. Métodos, técnicas e instrumentos .....                                                          | 43 |
| 11.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de la información..... | 44 |
| 11.7. Métodos, técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos e información.....   | 45 |
| 11.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....                                                           | 45 |
| 11.9. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.....                                                | 46 |
| 11.10. Criterios de calidad .....                                                                     | 46 |
| 12. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....                                                          | 48 |
| 12.1. Factores Climáticos y ambientales presentes en la finca .....                                   | 48 |
| 12.2. Factores de luminosidad encontrados en la parcela .....                                         | 48 |
| 12.4. Requerimientos técnicos para el establecimiento de las variedades.....                          | 51 |
| 12.5. Comparación de bioinsumo orgánico frente al manejo convencional de la finca .....               | 53 |
| 12.6. Relación Beneficio - costo.....                                                                 | 55 |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 12.6.2 Evaluación cualitativa del beneficio–costo..... | 57 |
| 13. Conclusiones .....                                 | 59 |
| 14. Recomendaciones .....                              | 60 |
| 15. ANEXOS .....                                       | 61 |
| 16. REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS.....                     | 64 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Datos edafoclimáticos de la finca .....                        | 41 |
| Tabla 2: Operacionalización de variables .....                          | 45 |
| Tabla 3: Costo de elaboración caldo sulfocálcico(20lts) .....           | 55 |
| Tabla 4: Costos de los fungicidas químicos utilizados en la finca. .... | 56 |

## INDICE DE ILUSTRACIONES

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1: Mapa actual de la finca .....                                                | 42 |
| Ilustración 2: Mapa del área de estudio.....                                                | 42 |
| Ilustración 3: Escala visual de porcentaje de sombra.....                                   | 50 |
| Ilustración 4: Dosel de la Finca Los Corrales (Sombra) .....                                | 50 |
| Ilustración 5: Finca los corrales .....                                                     | 61 |
| Ilustración 6: Hojas a afectadas por roya(Hemileia Vastatrix) .....                         | 61 |
| Ilustración 7: Planta de café, con defoliación a causa de la roya(Hemileia Vastatrix) ..... | 62 |
| Ilustración 8: Fungicida orgánico caldo sulfocálcico.....                                   | 62 |
| Ilustración 9: Realización de entrevistas a los productores.....                            | 63 |
| Ilustración 10: Coordenadas del área de estudio .....                                       | 63 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación abarca un enfoque de alternativas agroecológicas en el cultivo de café, implementadas en la finca Los corrales, la cual está ubicada en la Comunidad Las Escaleras, municipio de Matagalpa. Dicho estudio se evaluó el desempeño de un bioinsumo orgánico, en el manejo en enfermedades fúngicas presentes en el cultivo de café, de modo que se demostrará el manejo convencional llevado en la finca contra la implementación de un manejo ecológico y sostenible al medio ambiente.

El cultivo del café representa una de las actividades agrícolas más importantes en las familias rurales de Nicaragua, tanto por su valor económico como por su impacto económico, social y ambiental. Sin embargo, su producción se ve afectada constantemente por diversas enfermedades fúngicas, entre las que destaca la Roya (*Hemileia Vastatrix*), considerada una de las principales limitantes del rendimiento y la calidad del grano. Esta problemática ha impulsado la búsqueda de alternativas de manejo que permitan reducir los costos de producción y un control eficaz de la enfermedad, sin comprometer la sostenibilidad de los agroecosistemas.

El tratamiento con bio insumos para tratar enfermedades fúngicas en los cultivos, se describen como compuestos catalogados bio-controladores, recomendados para el control de hongos, debido a su efecto supresor en los fitopatógenos. Estos extractos realizan una función fungicida, orientando de manera directa al follaje de la planta. De forma similar, el caldo sulfocálcico es una lejía mineral, un fungicida, acaricida e insecticida de amplio espectro el cual resulta eficaz en etapas tempranas de enfermedades contra fitopatógenos que sobreviven en el suelo y área foliar de la planta.

El proceso de acompañamiento en campo incluyó la recopilación de información de manera general en la finca y la observación directa del estado en que se encontró el cultivo de café. Durante un periodo de dos meses se realizaron evaluaciones practicas con el fin de describir la incidencia de la roya y documentar los cambios visibles en las plantas, así como la eficacia del caldo sulfocálcico, esta información permitió obtener una visión clara del desempeño de las alternativas agroecológicas y de su contribución al manejo sostenible del cultivo de café.

Para evaluar la eficacia del producto, el estudio se realizó en un área de 82 m<sup>2</sup>. Para la muestra, se seleccionaron plantas al azar por conveniencia tomando en cuenta las plantas más afectadas por la enfermedad de manera indirecta, priorizando a aquellas que exhibían síntomas más visibles de infección, con el fin de describir y cuantificar su incidencia de forma representativa.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Roya del café en el sector cafetalero a nivel global

La roya (*Hemileia Vastatrix*) es la enfermedad más destructiva y de mayor importancia económica en el café a nivel mundial en *Coffea arábica L.* Se presenta en el ciclo de las plantas y para su control se utilizan métodos químicos, biológicos, culturales, manejo integrado y resistencia genética; aunque algunos son inefectivos, caros y contaminantes; cuando la enfermedad de la roya aparece y se establece en una plantación no es posible erradicarla por completo, a pesar de múltiples estrategias implementadas por las familias productoras. En consecuencia, las familias han tenido que adaptarse y convivir con la roya; así, se han desarrollado prácticas culturales y diversos métodos de prevención y manejo. (Rodríguez et. al, 2020)

Desde la llegada de la roya del café a Bahía, Brasil en 1970 y su posterior diseminación por el continente americano, la preocupación del sector cafetalero ha ido en aumento debido a que la mayoría de variedades de café cultivadas son susceptibles a la enfermedad. La principal preocupación ha sido que se produjeran grandes epifitas como se presentaron en los países del continente asiático a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, debido al ataque de la enfermedad y, en consecuencia, la reducción paulatina de la producción de café casi hasta desaparecer. (Virginio Filho et. al ,2015)

### 2.2. Incidencia de roya en América latina

Según Morales Aranibar et al., (2023) una de las enfermedades con mayor impacto económico en el cultivo del café a nivel mundial y particularmente en Perú es la roya del café (*Hemileia Vastatrix*). Es necesaria la búsqueda de métodos sostenibles de control como estrategias de manejo de la enfermedad en el cultivo del café. El objetivo de esta investigación fue determinar la efectividad de cinco bioplaguicidas basados en cedrón (*Cymbopogon citratos*) para el control de la roya, aplicados en condiciones de laboratorio y campo, que permitan la recuperación del café (*Coffea arábica L.* var. típica) en La Convención, Cusco, Perú. Se evaluaron cinco bioplaguicidas (aceite, macerado, infusión, hidrolato y Biol) y cuatro concentraciones (0, 15, 20 y 25%). Los bioplaguicidas se evaluaron en condiciones de laboratorio (luz y oscuridad) en diferentes concentraciones. El diseño utilizado fue completamente aleatorizado en esquema factorial.

### **2.3. Incidencia de roya en Nicaragua, en el departamento de Matagalpa.**

Según un estudio realizado por Villarreyna (2014, citado por Virginio Filho et. Al., 2015) en los municipios de Jinotega, el Tuma-La Dalia y San Ramón en Nicaragua, buscaba entender mejor los efectos de la epidemia de la roya del café que afectó los cafetales del país en el año 2012, en cuanto al manejo del cultivo. Virginio Filho et. al (2015) plantea que se encontró que los mayores impactos generados por la epidemia se relacionaban con los bajos niveles de manejo y condiciones socioeconómicas de los productores.

### **2.4. Utilización de bioinsumo caldo sulfocálcico**

El caldo sulfocálcico es mencionado en la literatura como una alternativa clave en el manejo agroecológico del café, junto con el caldo bordelés. Montejo et. al (2018) plantea que su efectividad se logra cuando se integra en un calendario de aplicaciones preventivas y en rotación con otros caldos minerales (como el Caldo Bordelés y Caldo Visosa) para evitar la resistencia del hongo y maximizar la protección

El mecanismo de acción del caldo sulfocálcico se basa en la desecación de esporas fúngicas y la alteración de la membrana celular de los patógenos, lo que impide su reproducción y propagación. Además, su uso es compatible con prácticas agroecológicas, ya que no deja residuos tóxicos y puede ser elaborado por los propios agricultores, reduciendo costos y dependencia de insumos externos (CONCYTEC, 2023).

### **2.5. Uso de Caldo sulfocálcico en centro América**

Montejo, (2018) argumenta que trabajos de campo realizados en Guatemala, comparando fungicidas orgánicos y químicos, encontraron que si bien los fungicidas sintéticos (como los a base de triazoles o estrobilurinas) mostraron menores índices de infección y mayor poder curativo, el caldo sulfocálcico funcionó como un fungicida protector que, aunque no superó el 50% de eficacia en el control curativo de la roya, fue una alternativa viable en la producción orgánica.

Aunque hay pocos estudios de costo-beneficio puros, sobre la rentabilidad de los costos de producción y la eficacia en el rendimiento, indica (Dávila, 2025) que el caldo sulfocálcico es la opción más económica en términos de costo de insumos, ya que se prepara con azufre y cal, materiales de bajo costo y fácil acceso para el productor. Esta reducción en los costos fijos de

insumos es lo que impulsa una buena Tasa de Retorno Marginal incluso si requiere más aplicaciones que un fungicida sintético costoso.

## **2.6.Implementación de caldo Sulfocálcico en América latina**

Challco Rojas, (2023) señala que la “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 Perú. Realizado 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*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de café es uno de los grandes rubros que contribuyen a la economía de las familias rurales en la región norte del país, específicamente a Matagalpa. Sin embargo, los productores enfrentan desafíos relacionados con enfermedades fúngicas, como la roya, la cual afecta la calidad, producción y el rendimiento del café.

Según Hernández, (2016) la roya (*Hemileia vastatrix*) es un hongo que vive en las hojas del café de las cuales se alimenta. Este hongo ataca y defolia las plantas del café. Su ciclo de vida inicia cuando una pequeña espora de la roya, llega al envés de la hoja del café. Esta espora sólo germina cuando hay la humedad adecuada y la temperatura del aire esta entre 15 y 28 grados centígrados. Entonces el hongo infecta a la planta y se establece dentro de ella para alimentarse, para su posterior reproducción mediante sus esporas, que se observan como el polvo naranja característico en las hojas de cafetos infectados.

Esta enfermedad es la más incidente y que ataca con mayor fortaleza y severidad en la finca Los Corrales debido a que no existe un plan de manejo que se ejecute para frenar la propagación de esta enfermedad en el café, esto se debe a que el personal a cargo de la finca no cuenta con conocimientos en este cultivo, lo cual crea una deficiencia en cuanto al manejo agronómico. Debido al daño que provoco la roya (*Hemileia Vastatrix*) la cosecha del ciclo pasado tuvo un rendimiento muy bajo como consecuencia de no ser controlada de manera eficaz.

Por otra parte, a tener en cuenta es que la finca los Corrales está situada en un área rural con climas que rondan temperaturas entre 21 C° y 28 C° las cuales permiten registrar precipitaciones anuales de hasta 1200mm el cual crea un ambiente oportuno para la proliferación de la enfermedad mediante los factores de humedad, baja nutrición foliar y exceso de sombra en los lotes.

## **4.Preguntas de investigación**

### **4.1Pregunta General**

¿Qué impacto tendrá la implementación de caldo sulfocálcico como alternativa agroecológica en el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arábica*) en la finca Los Corrales en la comunidad, Las Escaleras Departamento de Matagalpa?

### **4.2Preguntas Especificas**

¿Cuánto contribuyen los bioinsumos agroecológicos a la reducción de la incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*) en las plantas de café en la finca Los Corrales?

¿Cuál es la relación beneficio-costos de utilizar bioinsumos orgánicos en comparación con fungicidas químicos sintéticos para el manejo de enfermedades fúngicas en el cultivo de café?

## 5.JUSTIFICACIÓN

La presente investigación está enfocada en la evaluación e implementación de bio insumos orgánicos como alternativas agroecológicas para el control de roya (*Hemeleia Vastatrix*) en café, en la comunidad las Escaleras Matagalpa.

La investigación tiene una importancia significativa para el productor, de igual manera para nosotros como estudiantes y comunidad en sí; ya que se propone un sistema de tecnologías de alternativas agroecológicas para el control de enfermedades que afectan al cultivo de café.

El principal enfoque de la investigación se centra en la práctica y participación; dando un acompañamiento en la finca del productor evaluando tecnologías agroecológicas aplicadas en el área de producción en cuanto al manejo brindado.

El resultado de la investigación podrá generar un conocimiento útil a la comunidad cafetalera ya que a su vez se trabaja directamente con el productor proporcionándole un plan de manejo mediante el uso de fungicidas organicos tales como el caldo sulfocálcico.

## 6.OBJETIVOS

### 6.1.Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de alternativas agroecológicas con el uso de bioinsumos que reduzcan la incidencia de la Roya (*Hemileia Vastatrix*) y mejoren la producción de café en la finca Los Corrales, en la comunidad Las Escaleras.

### 6.2.Objetivos específicos

- Determinar el efecto de bioinsumos agroecológicos en la reducción de incidencia de Roya (*Hemileia Vastatrix*) en las plantas de café en la finca Los Corrales.
- Diferenciar la relación costo-beneficio de la aplicación de fungicidas orgánicos en comparación con fungicidas químicos sintéticos, mediante la cuantificación de los costos de producción, y reducción de enfermedades fúngicas.

## **7.Hipótesis de la investigación**

### **7.1 Hipótesis afirmativa (HA):**

- El uso de bioinsumos reduce de manera significativa la incidencia de roya en plantas de café en comparación con los métodos convencionales de control.

### **7.2 Hipótesis nula (HO):**

- El uso de bioinsumos no produce una reducción significativa en la incidencia de roya en plantas de café respecto a los métodos tradicionales de control

## 8. LIMITACIONES

En el transcurso de los meses en que se desarrolló la investigación en finca Los Corrales, enfrentamos diferentes retos para lograr concretar dicho trabajo, la mayor limitante fue que el productor no vivía dentro de la finca lo que dificultó la toma de datos e información necesaria de la finca, la solución fue por optar la realización de llamadas y aplicarle pequeñas entrevistas. Por lo tanto, el personal activo de la finca es relativamente nuevo por lo que no dominaban información básica referente al manejo anterior aplicado al cultivo.

Los factores climáticos nos afectaron previamente en numerosas visitas, ya que es una zona con tendencia boscosa lo que favorece la acumulación de humedad lo que es idóneo para la proliferación de hongos y bacterias, y la formación de lluvias dispersas por lo tanto se nos dificultaba la aplicación del bioinsumo.

El acceso al cafetal muchas veces se vio comprometido por la distancia de los lotes y los grados de inclinación de las plantaciones, lo que dificultaba el llevar herramientas de trabajo por el peligro en cuanto a los deslizamientos de suelo y el área boscosa donde se encontraba.

Dado a conocer lo anterior esas fueron las principales contras que atravesamos para lograr concretar la investigación, pese a los retos superados por nosotros, estos continúan siendo a su vez uno de los factores relevantes para el personal que labora en la finca quienes dan el manejo agronómico a las plantaciones.

## 9. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en la finca Los Corrales del productor Alejandro Jirón, ubicada en la comunidad Las Escaleras #1, la cual es de uso agropecuario, por lo cual se tomó como referencia trabajar con el cultivo de café, cuyas plantaciones son relativamente jóvenes que no superan los 4 años desde el inicio de su producción.

La finca cuenta con un área total de 50 manzanas, 4 manzanas son de café productivo, un área de pasto de aproximadamente 10mz, otras áreas están distribuidas en árboles forrajeros, cítricos, musáceas, huerto, casa, corral, gallinero, porqueriza, beneficio húmedo y un pozo artesanal para cosecha de agua.

Dentro de la finca laboran 4 personas provenientes de una misma familia, quienes la mayor parte del tiempo están enfocados en el cuidado del ganado como rubro principal de la finca y de manera secundaria el manejo agronómico del café como segunda fuente de ingresos.

La finca está situada a una altura de 750 MSNM, con precipitaciones anuales que rondan los 1,200 milímetros de lluvia por año, el área de café en su mayoría está plantada en un suelo franco-arcilloso, con porcentajes de sombras de alrededor 55%.

Las plantas de café están situadas bajo una área muy poblada de árboles maderables, acompañadas de plantas de cacao y musáceas, por consiguiente dificulta la entrada de luminosidad al plantillo por lo que sea un entorno húmedo apropiado para la proliferación de hongos y bacterias, sumado a esto los grados de inclinación de hasta un 35% lo que ocasiona lixiviaciones en épocas lluviosas, y el pobre manejo agronómico se hace notar, en plantas esqueléticas completamente defoliadas por el avance rápido de enfermedades y la presencia de plantas invasoras llamadas comúnmente “vejucos” que actúan como chupones hacia la planta invadiendo su espacio y arrebatándole nutrientes.

## 10. MARCO TEORICO

El presente marco teórico tiene como finalidad fundamentar los principales conceptos relacionados con el uso de bioinsumos en la caficultura, empleado como alternativa agroecológica para el control de Roya (*Hemileia Vastatrix*)

### 10.1 Evaluación de Fungicida Orgánico contra la Roya del Café

Estudio realizado por Montejo. L, (2015) realizado en Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala, evaluó la eficacia de fungicidas para el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, ejecutada en el año 2015, en la que se analizó el porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad y la eficacia de los tratamientos: caldo bordelés, caldo sulfocálcico y te de árbol, además un testigo absoluto; el método experimental utilizado fue bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; la unidad experimental constó de una parcela neta de 41.6 metros cuadrados, integrada por 16 plantas, y parcelas brutas de 166.4 metros cuadrados integradas por 64 plantas, haciendo un total de 16 unidades experimentales, con un área total de 2,662.40 metros cuadrados.

Según INIFAP, (2022, citado por CARDENAS-CAGAL. et al., 2025) el caldo sulfocálcico proporciona una serie de beneficios para el desarrollo y protección de los cultivos: Aporte de nutrientes esenciales: Contribuye al crecimiento vegetal y radicular, así como a la floración y fructificación de los cultivos al proporcionar nutrientes esenciales. Acción fungicida e insecticida del azufre: El azufre presente en el caldo sulfocálcico tiene la capacidad de tratar enfermedades fungosas como mildiu, oídio, fusarium, roya, entre otras.

### 10.2. Vinculación con la Agroecología

De acuerdo con Marenco, (2022) La agroecología en Nicaragua es un modelo de producción que se ha venido desarrollando desde la década de los 80 del siglo pasado, por medio de pequeños productores, grupos organizados y otros sectores sociales interesados en el cuidado del medioambiente y por una vida saludable.

La implementación de prácticas agroecológicas en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.), es vital para el mantenimiento y aumento de la fertilidad de los suelos y el manejo sostenible de la planta. LARIOS (2014) reporta que los sistemas convencionales y el manejo con enfoque agroecológico, se destacan como manejos claramente diferenciados a nivel de la producción cafetalera de Nicaragua.

### **10.3. Historia del café**

*Coffea arabica* L., comúnmente conocido como café arábico, es una especie de arbusto perenne perteneciente a la familia Rubiaceae, es la especie de café más cultivada a nivel mundial, apreciada por su calidad de taza superior, sabor suave y complejidad aromática en comparación con otras especies

Según FISAC PEDRAJAS, (2014) El primer registro histórico del café se sitúa en la antigua región de Abisinia, actual estado de Etiopía, concretamente en la región de Kaffa, en torno al siglo x. Los primeros documentos atribuían a la planta del cafeto propiedades curativas. Al Razí, médico árabe de la época fue el primero en describir la planta del cafeto, el grano y sus propiedades estimulantes como «muy apropiadas para combatir la melancolía».

De acuerdo con AGRONICA, (s,f) el café que llegó a tierras centroamericanas era originario de África, en la zona norte. Con el pasar del tiempo se popularizó y los europeos iniciaron a obsequiarlo a los lugares que visitaban. Algunos ofrecían plantas de café o semillas hacia las zonas de Europa y Latinoamérica. Las historias relatan que al llegar a Brasil encaminó hacia la zona norte. A Nicaragua llegó posiblemente entre 1840 y 1845.

Arceda, B. (s.f.) plantea que el cultivo de café en Nicaragua comenzó a gran escala en 1850 y se convirtió en el principal cultivo de exportación del país en 1870, manteniendo ese estatus durante los siguientes 100 años. Aunque el café sigue siendo un importante producto de exportación para Nicaragua, especialmente durante los períodos de inestabilidad política en los siglos XX y XXI, la región central del país, particularmente los departamentos de Jinotega y Matagalpa, ofrecen las mejores condiciones para el cultivo debido a su altitud, suelos y clima.

Asimismo, SALAZAR et al, (2020) El beneficiado de café es la mayor industria del municipio de Matagalpa y el mayor empleador de la población matagalpina, gran parte de los beneficios de café

a nivel nacional están ubicados en la zona sur de la ciudad de Matagalpa, propiamente en el valle de Waswali. En los últimos años el desarrollo de complejos industriales de beneficiado de café le ha dado un impulso considerable a la economía matagalpina.

#### **10.3.1. Aspectos a destacar del cultivo de café en Nicaragua.**

- El café es históricamente el principal rubro de exportación agrícola de Nicaragua, generando una porción significativa de las divisas del país. De acuerdo con Servicio Agrícola Exterior. (2025). Nicaragua produce principalmente café de variedades arábicas; más del 95 por ciento de la producción total fue arábica en el año agrícola 2024/25. Caturra es la variedad de grano arábica más común (72 por ciento de la superficie total cultivada con arábica). Otras variedades comunes incluyen Bourbon, Paca, Catuai, Catimore, Maragogype y Pacamara.
- Es la principal fuente de empleo rural; miles de campesinos dependen directa o indirectamente de su cultivo, especialmente pequeños productores. Investigación mundial sobre el café. (2025) Afirma que fuentes técnicas y reportes estiman entre 200,000 y 330,000 personas vinculadas directa o indirectamente al cultivo
- Un ejemplo claro de su importancia es la región norte-central de Nicaragua (Matagalpa, Jinotega, Nueva Segovia), donde el cultivo define el paisaje, la economía y la cultura local, predominando sistemas de pequeños productores que cultivan variedades como Caturra y Catuai bajo sombra diversificada
- Cuando el café se maneja bajo sistemas agroforestales (sombra) Van Oijen et al. (2022) asegura que el café contribuye a la conservación de la biodiversidad, la protección de cuencas hídricas, la captura de carbono y la reducción de la erosión del suelo.

#### 10.4. Variedades de café en Nicaragua

Las variedades que principalmente se cultivan en Nicaragua son de la especie arábica como Borbón, Maragogipe, Catuaí, Sarchí y Geisha. Sin embargo, en los últimos años debido a la proliferación de virus como la roya, se han utilizado nuevas variedades arábicas como Catimor y Sarchimor las cuales contienen genes resistentes a la roya a partir de cruces de *Coffea arábica* con *Coffea Canephora*

El café Catimor es un híbrido creado a partir de cruces entre *Coffea arábica* y *Coffea canephora* (robusta), desarrollado en Centroamérica en la década de 1950 como una respuesta a enfermedades y condiciones climáticas adversas, fue desarrollado específicamente para resistir enfermedades como la roya y para adaptarse a diferentes climas y suelos.

Dicha variedad puede crecer en una amplia variedad de condiciones climáticas. Se desarrolla bien en altitudes entre 600 y 1500 metros sobre el nivel del mar, soportando tanto climas húmedos como sequías moderadas. Esta adaptabilidad lo convierte en una opción viable para zonas donde otras variedades de café podrían no prosperar. (Álvarez, 2025)

#### 10.5. Requerimientos edafoclimáticos en el cultivo del café

**10.5.1. Suelo:** Según Ministerio del Poder Popular de Ciencia y Tecnología, (2024) Suelos ideales para el cultivo de café son aquellos con buen drenaje, ya que el café es especialmente sensible al encharcamiento. Suelos con textura franco-arenosa o franco-arcillosa son los más adecuados, ya que permiten un drenaje óptimo y retienen la humedad necesaria para el desarrollo de la planta.

Estos conjuntos de elementos dan el primer paso en el éxito del cultivo y posteriormente el agricultor cafetalero deberá dar segundos pasos utilizando buenas prácticas agrícola para elevar la productividad de sus frutos y que brinden una buena calidad.

**10.5.2. Clima:** La cantidad de agua es muy importante para el buen desarrollo del cafeto, con escases de lluvia se limita el crecimiento de la planta y sequias prolongadas pueden provocar defoliación. Entre 1,000 y 3,000 mm anuales, bien distribuidos. Menos de 1,000 mm limita el crecimiento y causa defoliación. Más de 3,000 mm afecta calidad física del grano y problemas fitosanitarios.

La cantidad de agua disponible para la planta determinara un excelente llenado de granos, apoyara el crecimiento vegetativo y desarrollo de la planta.

**10.5.3. Temperatura:** De acuerdo con CICAPE (2011), citado por Zeledon y Urbina (2015) “la temperatura promedio anual favorable para el café, se ubica entre los 17 a 23 °C. Temperaturas inferiores a 10 °C, provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes”.

Las temperaturas óptimas para el cultivo de café varían según la variedad.

- **Café arábico:** La franja óptima está entre 18 y 22 °C.
- **Café robusta:** Prefiere temperaturas entre 22 y 26 °C.

**10.5.4. Altitud:** CICAPE (2011) Expresa “la altitud incide de forma directa sobre los factores de temperaturas y precipitación, la altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1700 MSNM”.

Las plantaciones ubicadas por encima de los 1200 MSNM tienen más tiempo para madurar sus frutos lo que resulta granos más matizes y grandes dependiendo de la variedad, sin embargo, dichas plantaciones bajan la cantidad de producción en altitudes más altas en comparación con plantaciones bajas.

**10.5.5. Humedad relativa:** La Humedad relativa Cuando alcanza niveles superiores al 85%, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas. Esto es un factor climático crucial para el cultivo del café. Los cafetales prosperan en condiciones de alta humedad, idealmente entre el 60% y el 80%, mantener una humedad relativa constante contribuye al buen desarrollo del fruto, pero en este sentido también cuando la humedad es bastante alta, hay más vulnerabilidad de la planta hacer afectada por enfermedades fungosas.

**10.5.6. Manejo de Sombra:** Establecer cafetales bajo sistemas agroforestales o mixtos con árboles de sombra nativos y foráneos es una práctica recomendada, especialmente en regiones específicas. El manejo adecuado de la sombra (mantener hasta un máximo de 40% de luz) influye en las condiciones micro climáticas, lo que puede afectar la incidencia de plagas y enfermedades, y contribuir a la estabilidad económica y ecológica

**10.5.7. Densidad de Siembra:** Una menor densidad de siembra puede ayudar a prevenir la proliferación de hongos como la roya, ya que reduce el sombreado excesivo de las plantas

**10.5.8. (Manejo de Arvenses)** El control de arvenses (malezas) puede ser mecánico mediante el uso de machete o azadón, aunque el MIP promueve el manejo integrado de arvenses, se realiza una selección de plantas hospederas no deseadas y se eliminan.

**10.5.9. Poda (Deshijas)** Ramírez et. al (2023). Recomiendan Las podas (como las deshijas) se realizan para mantener la productividad y el vigor de las plantas, dejando pocos hijos por planta (2 o 3) y asegurando que la planta no se sombree excesivamente, lo que también incide en la salud de la plantación

## **10.6. Enfermedades fúngicas en el café**

**10.6.1. Roya del café.** La roya del café (*Hemileia vastatrix*.) es la enfermedad foliar más devastadora del cultivo a nivel mundial. De acuerdo con Perfect Daily Grind. (2021) La roya es una enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*. Ataca principalmente a las variedades derivadas de Typica y Bourbon, entre ellas Caturra, Catuaí, y Pache.

Para que una epidemia como la roya se propague, es necesario un patógeno (el hongo), un huésped (el cafeto) y las condiciones ambientales que favorecen su desarrollo

### Descripción y Síntomas:

- La enfermedad se manifiesta principalmente en el envés (parte inferior) de las hojas.
- manchas anaranjadas o amarillentas en el envés de las hojas
- al avanzar la enfermedad provoca defoliación prematura, Las lesiones crecen, se necrosan (mueren) en el centro de la hoja (defoliación). Al perder las hojas, la planta no puede realizar la fotosíntesis.

### **10.6.2. Ciclo biológico de la enfermedad**

La infección inicia cuando las uredosporas del hongo germinan en la superficie foliar y penetran las estomas; tras un periodo de incubación (que depende de temperatura y humedad) aparecen manchas amarillas en el haz y en el envés se forma la esporulación anaranjada característica (uredosoros), que libera nuevas uredosporas que dispersan la enfermedad y reinician el ciclo. (SENASICA, 2016).

### **10.6.3. Factores que afectan la epidemiología de la roya anaranjada**

La epidemia de la roya se manifiesta en dos fases: la primera inicia con la presencia del inóculo inicial, el cual es responsable del desarrollo inicial de la enfermedad; la segunda empieza después de las primeras infecciones con la esporulación, que da lugar al inóculo secundario y la repetición del ciclo a través del tiempo Trinidad (2014) citado por (Avelino y Rivas 2013) Habla acerca de una epidemia policíclica. La epidemia depende poco del inóculo inicial. La intensidad de la epidemia depende más del número de ciclos que se puedan repetir en el año. se han descrito factores que puede afectarla, entre los de mayor importancia se encuentran: el inóculo residual, lluvia y rocío, temperatura, y la sombra.

### **10.6.4. El inóculo inicial**

Su mayor fuente es el inóculo residual, constituido por el inóculo que queda en hojas viejas después de un ciclo productivo. El inóculo residual se ve afectado por una alta defoliación de las plantas, la misma que depende de: periodos prolongados de sequía, estado nutricional de las plantas y prácticas culturales como la cosecha y las podas

### **10.6.5. La temperatura y altitud**

La temperatura está definida por la latitud y la altitud sobre el nivel del mar, aunque otros factores inciden en la temperatura, como la época del año y la nubosidad. Asimismo, la temperatura de un lugar está en función de dónde se registre: a plena exposición o bajo sombra. Este aspecto es determinante para entender el efecto de la temperatura en el desarrollo del hongo en cafetales con o sin sombra. Según Virginio, et al. (2021) La temperatura óptima para el desarrollo de la roya del cafeto es de 22° a 23 °C, el periodo de incubación de la enfermedad se acorta con temperaturas favorables. Entre más cercana esté la temperatura de 22 °C, más probable es que se desarrolle la roya. Cuando la altitud es baja (cerca de 750 m s. n. m.) el periodo de latencia del hongo puede llegar a completarse en 62 días, mientras que a 1200 m s. n. m. puede completarse en 80 días debido a las bajas temperaturas

### **10.6.6. La lluvia y rocío.**

la epidemia alcanza su mayor desarrollo en la época de lluvia, y su ausencia hace que descienda, Pero el déficit de lluvias no es una limitante para el desarrollo de la epidemia, Fuentes de agua libre, como el rocío, que se origina por efecto de la condensación (temperaturas altas en el día y

bajas en la noche), pueden favorecer la germinación de las esporas Müller, (1975, citado por Trinidad, 2014)

#### **10.6.7. Dispersión**

Las urediniosporas, que se generan en cantidades enormes y son ese polvo amarillento-naranja que ves en el reverso de las hojas, son las responsables de la propagación. Entre los elementos del entorno que ayudan a esparcir el hongo *Hemileia Vastatrix* están la lluvia, que lo hace saltar con el salpique, y el viento. La dispersión cercana, como de una hoja a otra o entre plantas, especialmente en fincas con siembras muy apretadas, se facilita mucho con el agua de la lluvia que salpica. Además, el viento tiene un rol clave para llevar esas urediniosporas de una zona cafetera a otra (Rivillas et al., 2011; APS, 2011., citado en Clyde, K., & Santos, J. 2023).

#### **10.6.8. Precipitaciones en la reproducción de la roya.**

Estudios realizados por López (2010) citado por Virginio, et al. (2015) habla sobre la incidencia y severidad de la roya en el cultivo del café bajo tres condiciones de lluvia determinó que la mayor temperatura promedio del aire al sol alcanzó hasta 32 °C en plantaciones a pleno sol, mientras que en condiciones de sombra fue de 29 °C, entre las 10:00 am y 2:00 pm. se determinó que las temperaturas son menos altas en los días con lluvia y más cercanas a la temperatura óptima para la germinación de la uredospora de la roya.

La precipitación actúa como factor determinante en la germinación y dispersión de las esporas e, indirectamente, sobre otros factores ambientales como la humedad relativa, la temperatura y la luminosidad. Cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles, el contagio tiende a bajar ya que la precipitación actúa a nivel de esporulación. La lluvia contribuye al transporte (dispersión) de las esporas de la roya a corta distancia. El agua libre también es necesaria para la germinación. Esto explica que la epidemia se desarrolle durante la época de lluvias y que detenga su crecimiento durante la época seca. Virginio Filho, et al. (2015, citado por (Gálvez et al. 1982, Santacreo et al. 1983, Holguin 1985).

#### **10.6.9. incidencia de la sombra en el café**

La sombra en el café intercepta parte de la lluvia. (Imbach et al. 1989; Jaramillo-Robledo y Chaves-Córdoba 1998) citado por Virginio Filho et, al (2015) Cuando la intensidad y duración de la lluvia es ligera (0,25 a 1,00 mm/hora), puede que el agua no llegue hasta las plantas de café bajo sombra. Por el contrario, cuando la lluvia es intensa y larga, la sombra canaliza el agua, se forman grandes

gotas (hasta de 9 mm de diámetro) que caen esparcidamente en el cafetal. Se espera, por lo tanto, que en lluvias de baja intensidad la sombra contribuya a limitar la dispersión de esporas de la roya; al contrario, las lluvias fuertes alientan la dispersión, por el impacto de las gotas grandes de agua en las hojas (Catie, s.f).

Virginio et, al (2015 citado por López 2010) determinó que en el periodo entre las 6:00 pm y 6:00 am, en condición sin lluvia en café sembrado al sol se da una estrecha relación entre la temperatura de la hoja y el punto de rocío, lo que favorece la germinación de las esporas de la roya del café. En condiciones del café bajo sombra regulada, la temperatura de la hoja está por encima del punto de rocío, lo que reduce considerablemente la formación de rocío y, en consecuencia, la posibilidad de germinación de la espora del hongo.

Conocemos que la sombra es necesaria para adaptarse al cambio climático. El microclima bajo sombra es, sin embargo, favorable para el desarrollo de la roya. Aunque también sabemos que, bajo sombra, la menor carga fructífera observada incrementa la resistencia fisiológica del cafeto a la roya y el impacto de la roya sobre la defoliación es menor. Es por lo tanto es necesario tratar de reducir los efectos negativos de la sombra, mediante prácticas como culturales sin disminuir los efectos positivos de la sombra en el café.

#### **10.6.10. Humedad relativa en el desarrollo de la roya.**

El cultivo del café requiere una humedad relativa de entre 70 y 85%; en cuanto a la roya, es poco lo que sabe sobre el efecto de la humedad relativa en su desarrollo. Virginio et, al 2015 citado por Avelino y Rivas (2013) afirman que la humedad relativa y la mojadura de la hoja tienen un efecto sobre la germinación de la uredospora de la roya. Cuando hay alta humedad relativa en el ambiente, mejora la disponibilidad de agua y los tejidos (hojas, frutos y ramas) permanecen húmedos, lo que favorece la germinación de la uredospora de la roya del café y la proliferación de la infección. Cuando existe una mayor incidencia solar disminuye la humedad relativa por debajo del 70% en las horas de la tarde, tanto en las calles de las plantaciones a pleno sol como bajo sombra, Esto genera condiciones desfavorables para el desarrollo de la roya, el café que es cultivado a pleno sol presenta menor humedad durante el día respecto al café cultivado bajo sombra regulada, lo que genera condiciones adversas para el desarrollo de la enfermedad.

#### **10.6.11. Etapa de germinación de la roya.**

Campos, (2015). Afirma que cuando la espora se ha depositado sobre el envés y cuenta con condiciones climáticas favorables como la presencia de una capa de agua, poca o ausencia de luz y un rango de temperatura entre 16 °C y 28 °C, se emiten los tubos germinativos que buscan las cavidades de las estomas para penetrar al interior de la hoja e iniciar el proceso infectivo.

#### **10.6.12. Etapa de reproducción de la roya**

Después de 30 días de ocurrida la colonización, el hongo ha alcanzado su maduración, etapa en la que puede diferenciarse a través de la formación de estructuras llamadas soros que son los encargados de producir, durante un periodo de 4 a 5 meses, nuevas uredin esporas a razón de 1,600 por milímetro cuadrado del área de la hoja, luego estas uredin esporas serán dispersadas para dar inicio a un nuevo ciclo infectivo. (ANACAFE, 2015).

Según Virginio Filho, (2021) Las condiciones que favorecen la enfermedad son: temperaturas templadas (óptimas alrededor de ~22–24 °C), humedad relativa alta y periodos prolongados de humedad foliar (rocío o lluvia), y plantas susceptibles con densidad de follaje alta o prácticas de manejo inadecuadas —estas condiciones reducen el tiempo de incubación y aumentan la esporulación y dispersión.

#### **10.6.13. Curva de progreso de la roya**

Campos, (2015) Afirma que la epidemia de la roya tiene un avance que se presenta en 3 fases, establecidas en procesos policíclicos que se presenta en una curva de progreso en las dimensiones de tiempo y espacio

- ✓ Fase lenta: En esta fase la epidemia inicia con una infección en la que no se visualizan los síntomas, sino hasta después de ocurrido el proceso de incubación del hongo, presentándose índices de infección de hojas menores del 10 %, que son parte del inóculo residual (primario) que se mantuvo en la planta durante la época seca. El inicio de esta fase coincide con el establecimiento de las lluvias.
- ✓ Fase rápida o explosiva: Es un producto de los procesos de incubación y esporulación iniciado en la fase lenta, aquí la roya inicia su dispersión de manera acelerada. Esta fase ocurre en el periodo de junio a diciembre, en el que, de acuerdo a la naturaleza del hongo, ocurren varios ciclos infectivos. En un estudio para conocer la curva de progreso de la roya, se reportó que, en su fase rápida o explosiva, comprendida en el periodo indicado, la roya

alcanzó un crecimiento diario de 0.32 %. Este crecimiento diario de la infección varía entre regiones por efectos de clima, altura y fenología de la planta.

- ✓ Fase terminal o máxima: En esta fase la epidemia alcanza su máximo desarrollo (noviembre-diciembre), llegando a su etapa final. Las hojas caen de la planta debido a la alta severidad, reduciéndose alarmantemente el número de hojas, provocando un agotamiento de los cafetos. A partir de enero, la curva epidemiológica inicia un descenso natural como producto de la fuerte caída de hojas afectadas por una alta severidad, hasta llegar a su nivel más bajo en mayo-junio.

#### **10.6.14. Control biológico de la enfermedad (agentes y mecanismos)**

Los enfoques de control biológico documentados incluyen el uso de hongos antagonistas en observaciones de hiperparasitismo sobre uredosporas), biofungicidas basados en *Bacillus* spp. y *Trichoderma* spp., y la gestión del microbioma foliar para aumentar la competencia y antagonismo; estos agentes actúan por hiperparasitismo directo, antibiosis y/o inducción de resistencia en la planta. La evidencia es prometedora pero variable: la eficacia depende de condiciones ambientales, formulación y manejo. (Hernández et al., 2021).

#### **10.6.15. Control químico de la roya**

De acuerdo con SENASICA, (2016) para el control químico de la roya se utiliza fungicidas protectores y sistémicos (por ejemplo, oxiclورو de cobre como preventivo; tebuconazol/triadimefon/azoxystrobin/ciproconazol en programas curativos según disponibilidad y recomendaciones locales). La eficiencia depende de la cobertura (especialmente envés de las hojas), dosis correctas y rotación de modos de acción para evitar resistencia. El control químico debe integrarse con medidas culturales y de manejo de resistencia.

### **10.7. El caldo sulfocálcico**

Bioinsumo orgánico compuesto principalmente por azufre y cal, utilizado como fungicida, insecticida y acaricida natural en la agricultura orgánica. López-Méndez (2025) plantea que es efectivo para prevenir y controlar enfermedades causadas por hongos como *mildiu*, *cenicilla*, *Hemileia Vastatrix* y *botritis*, además de fortalecer las plantas y mejorar la salud del cultivo.

### **10.7.1. Historia del caldo sulfocálcico**

El caldo sulfocálcico fue inventado en 1902 y fue válido en 1986 como insecticida en California. A partir de 1992 se inició el uso más generalizado como insecticida y fungicida. Uno de sus ingredientes, que es el azufre, se ha utilizado, según referencias históricas, desde hace más de 3 mil años. De acuerdo con Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2021) el azufre es un producto que se encuentra en la naturaleza y es conocido por presentar una baja toxicidad para la salud humana y animal. La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo clasifica en la categoría III, como ligeramente tóxico. El azufre es molido finamente con materiales inertes seleccionados, tiene aplicaciones como fungicida, acaricida e insecticida, además de formar parte en los procesos de desarrollo de las plantas por ser un nutriente considerado dentro de los macronutrientes requerido por los cultivos para su producción.

### **10.7.2 Compuestos del caldo sulfocálcico**

El oxiclорuro de cobre y los caldos minerales considerados los más eficientes para el control de la roya, puesto que no alteran la biota del agroecosistema, estos penetran en el tejido de las hojas y tienen efectos curativos atacan al hongo durante el crecimiento micelial y la formación de pústulas, así como el uso de microorganismos como hongos y bacterias con capacidad de sobrevivir a expensas del hongo afectando las estructuras reproductivas del patógeno.

- Su ingrediente activo es el sulfuro de calcio ( $\text{CaSx}$ ), que se obtiene al reaccionar la cal con el azufre en agua hirviendo.
- Es utilizado en la agricultura orgánica para el control preventivo de enfermedades fúngicas como mildiu, cenicilla y botritis, así como para el control de ácaros y trips.
- Se recomienda aplicar en horas frescas y evitar su uso en cultivos de cucurbitáceas y leguminosas en floración, ya que puede causar daños.
- Es un producto de bajo costo, permisible en agricultura orgánica y puede almacenarse por más de un año en envases oscuros.
- Además, el sedimento que queda puede usarse como cubre corte en podas de árboles frutales.

Ingredientes:

- azufre en polvo
- Cal viva
- Agua (no clorada)

Materiales y herramientas para la elaboración

- Cubetas metálicas
- Caldero
- Leña
- bastón de madera
- Embudo
- Colador
- Guantes

### **10.7.3. Elaboración:**

24 horas antes de hacer la preparación, en una cubeta de plástico se añade 1 kg de azufre en una cantidad proporcional de agua (aproximadamente 1.5 litros) hasta lograr una mezcla homogénea, tratando de que se deshagan las partículas grandes. Utilizar guantes y mascarilla en todo momento.

Igualmente, 24 horas antes de hacer la preparación, la cal viva se mezcla con agua; para este paso, con suma precaución, en una cubeta metálica se añaden 0.5 kg de cal viva en aproximadamente 1 litro de agua; la cal viva va a reaccionar químicamente con el agua a través de una reacción exotérmica, hasta el punto de hervor, por lo que hay que cuidarse de salpicaduras para evitar quemaduras. Utilizar guantes y mascarilla en todo momento.

La dosis descrita es para preparar 10 litros de caldo sulfocálcico y alcanza para una aplicación. Si la cantidad requerida es menor, la dosis deberá fraccionarse, por ejemplo: para 5 litros, la dosis

deberá ser dividida a la mitad, y se preparará las veces necesarias de acuerdo al número de aplicaciones que se realicen. Colocar el caldero o recipiente en la parrilla y encender a fuego alto, poner 7 litros de agua limpia y dejar que se caliente lo suficiente; previo a que el agua llegue a ebullición.

#### **10.8. Impacto económico de la roya (*Hemileia Vastatrix*) en sector cafetalero.**

De acuerdo con Piñeiro, V., et al (2015) Durante los últimos tres años, la roya ha devastado la actividad cafetera en América Central. Por lo han provocado grandes pérdidas en la producción de café en esta región a causa de dicha enfermedad. Este hongo, que se dispersa por el aire, este puede ser controlado con un adecuado manejo agronómico, por lo que es importante contar con una política común entre los países centroamericanos para erradicar la enfermedad.

Según Torrez Mejía, F., et al (2023) En los últimos diez años, el cultivo del café ha sufrido mucho por la roya, enfermedad causada por el hongo *Hemileia Vastatrix*, que destroza las plantaciones. Esto se debe en gran parte a un mal manejo de las fincas y al impacto del cambio climático, lo que ha creado una situación socioeconómica muy inestable en todo el país, sobre todo en áreas cafeteras como la región del Paraíso. A pesar de los esfuerzos realizados, el 60% de las fincas del departamento se vieron afectadas entre las temporadas 2011-2012 y 2012-2013, generando problemas serios para los productores y toda la cadena del café. Por ejemplo, las exportaciones cayeron tanto que el país perdió 645.1 millones de dólares en la cosecha 2011-2012. Y no paró ahí: la cosecha de 2017-2018 también se vio golpeada fuerte, con un declive notable en las ventas del "grano oro" y la producción bajando a solo 1.3 millones de sacos. Por eso, es urgente que el gobierno y todos los involucrados en el sector desarrollen estrategias efectivas, basadas en técnicas y ciencia, para combatir la roya y crear conocimientos que se puedan compartir con los caficultores, que son los que más sufren al final del día.

#### **10.9. Afectaciones de la roya en sector económico nicaragüense**

En Nicaragua, el café ha sido por mucho tiempo el cultivo más importante para las exportaciones agrícolas. Su relevancia no se limita solo a traer divisas al país, sino que también crea muchos empleos, tanto fijos como temporales. El estudio que se hizo entre 2008 y 2013 examina cómo la roya afectó la economía nicaragüense, con el fin de señalar las zonas cafeteras más golpeadas por

esta enfermedad, calcular las pérdidas que sufrió el producto interno bruto del país, el balance comercial del café y un indicador de competitividad en el comercio relativo, ya que el café es uno de los motores principales que impulsa la economía nacional. (Repositorio UNA, 2015).

Ríos Herrera., et al (2024) Realizó un estudio con el objetivo examinar cómo afecta económicamente la roya (*Hemileia Vastatrix*) al café (*Coffea arábica*) en la comunidad de San Antonio, en El Tuma-La Dalia, Matagalpa, entre 2019 y 2022. Los datos que se obtuvieron muestran que el aumento de la roya se debe sobre todo a los cambios del clima, que ayudan a que esta enfermedad se propague, dejando al café más expuesto y siendo la razón principal de los golpes económicos para los productores de la zona. En cuanto a las finanzas, los números indican que la roya afectó la rentabilidad en la temporada agrícola de 2019-2020, con una pérdida calculada en un 34.36% ese año.

## 11. DISEÑO METODOLÓGICO

### 11.1. Ubicación del estudio

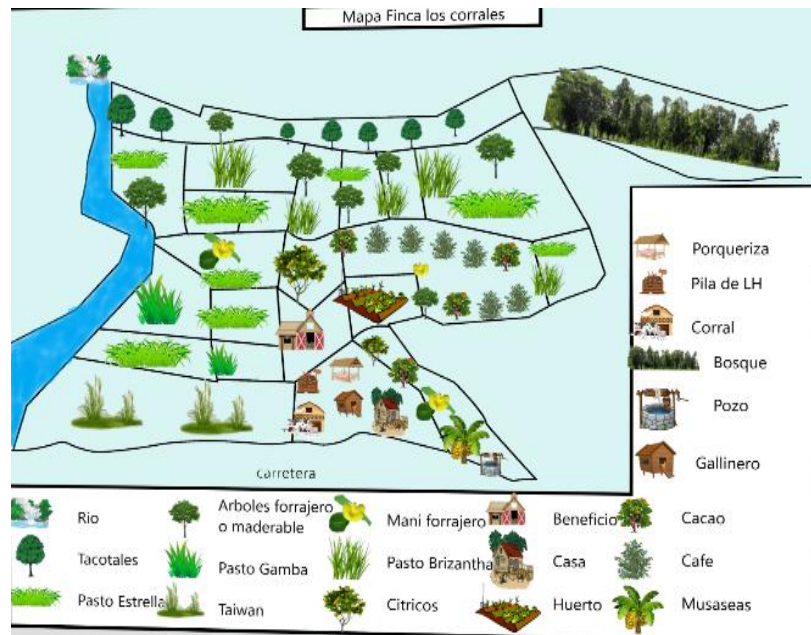
La investigación se llevó a cabo en la finca Los Corrales, propiedad del productor Alejandro Jirón, ubicada en la comunidad Las Escaleras #1, municipio de Matagalpa, Nicaragua.

La finca se encuentra a una altitud aproximada de 750 msnm, con una precipitación anual promedio de 1,200 mm y temperatura entre 21°C y 28°C, condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo de café y la aparición de la roya

*Tabla 1: Datos edafoclimáticos de la finca*

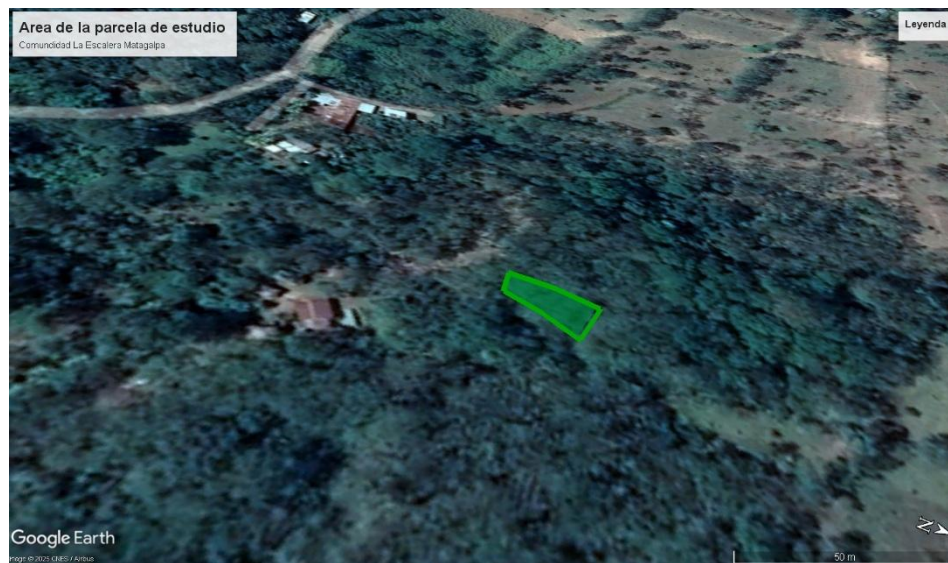
| DATOS GENERALES                 | FINCA LOS CORRALES                                          |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Nombre del productor            | Alejandro Claudio Jirón                                     |
| Ubicación de la finca           | Comunidad Las Escaleras 1,<br>Matagalpa                     |
| Coordenadas                     | 624637-1436102                                              |
| Extensión de la finca           | 50 Mz                                                       |
| Altitud                         | 730 MSNM                                                    |
| Precipitaciones                 | 1,800 mm                                                    |
| Principales usos de la finca    | Agropecuaria                                                |
|                                 | Café y cacao                                                |
|                                 | Huerto                                                      |
|                                 | Musáceas                                                    |
|                                 | Gallinero                                                   |
|                                 | Porquerizas                                                 |
| Variedades de café establecidas | Catuai y catimor, ambas con la edad<br>aproximada de 5 años |

Fuente: Propia



*Ilustración 1: Mapa actual de la finca*

**Fuente:** propia



*Ilustración 2: Mapa del área de estudio*

**Fuente:** UTM Geo Maps

### **11.2. Enfoque de la investigación**

La presente investigación se realizó mediante un enfoque cualitativo, cuantitativo y descriptivo, la cual nos permite la recolección de datos y el análisis, con el fin de obtener resultados verificables, dicho enfoque nos permite medir variables como la incidencia de roya en café (*Hemileia Vastatrix*).

### **11.3. Tipo de estudio**

La estudio es de tipo descriptivo, ya que implica observar, analizar las características o datos del fenómeno de estudio sin manipular variables. Se pretende describir la incidencia de la roya (*Hemileia Vastatrix*) en café; y los efectos que tiene distintos bio insumos en control de la enfermedad, empleados por los productores para su manejo, dentro de un periodo y área determinados.

### **11.4. Población y muestra**

La población de estudio estuvo conformada por las plantas de café afectadas por roya en la finca los Corrales, la cual se realizó en un área de 82 m<sup>2</sup>.

Para la muestra se seleccionaron 36 plantas distribuidas en el terreno. La selección se realizó de forma indirecta, considerando aquellas plantas que presentaban síntomas visibles de roya, a fin de describir su incidencia.

Este tamaño muestral fue considerado suficiente para representar el comportamiento de la enfermedad en el área de estudio.

### **11.5. Métodos, técnicas e instrumentos**

#### **11.5.1. Métodos**

El estudio se basó en métodos de observación, con el cual se pudo registrar y analizar los datos del comportamiento de la roya en café (*Hemileia Vastatrix*).

A través de las observaciones sistemáticas en campo, se recopilaron datos cuantitativos de incidencia de la enfermedad (porcentaje de plantas afectadas), con la intención de describir la eficacia del tratamiento.

### **11.5.2. Técnicas**

- **Hoja de toma de datos:**

Es un instrumento fundamental que consiste en un formato, ya sea impreso o digital, utilizado para registrar sistemáticamente información recopilada durante la investigación, este documento permite organizar y controlar los datos para su posterior análisis, garantizando la coherencia y confiabilidad en la recolección de variables determinadas en el estudio.

- **Entrevistas:**

La técnica de entrevista fue fundamental en el desarrollo de la investigación, ya que permitió obtener información directa, detallada y confiable en la investigación, ya que nos facilitó la recolección de datos cualitativos y cuantitativos; que ayudaron en la complementación de la información obtenida por otras técnicas.

### **11.5.3. Instrumentos**

Clinómetro: Instrumento utilizado para medir la inclinación de una superficie u objeto. En investigaciones ambientales, topográficas, sirve para determinar la pendiente o altura de elementos naturales o estructuras con precisión, facilitando la evaluación de condiciones como estabilidad o cambios geomorfológicos. Los clinómetros pueden ser analógicos o digitales, y miden ángulos en grados en relación con la vertical o la horizontal.

UTM con Geomap: Se refiere al uso de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) para la georreferenciación de puntos en campo mediante herramientas digitales como el software Geomap. Este método permite registrar la ubicación exacta de coordenadas en un mapa, facilitando el análisis espacial y la integración de datos geo-ambientales relevantes para la investigación.

## **11.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de la información**

Análisis documental o de revisión de registros. Entre esto la revisión de documentos, bases de datos, estadísticas o registros existentes relacionados con el efecto de bio insumos en el control de roya en café. Se elaboraron fichas bibliográficas, organizadas por cada una de las variables bajo estudio.

### 11.7. Métodos, técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos e información.

Para hacer posible la gestión de datos recabados, se creó base de datos en Excel, se utilizó el programa Word para la escritura de texto y Power point para la redacción de las diapositivas

### 11.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable dependiente: Incidencia de roya: porcentaje de plantas que muestran síntomas visibles de infección. Esta variable refleja la extensión del problema en cada tratamiento y es crucial para evaluar la eficacia del bioinsumo.

Variable independiente: : Tipo de tratamiento aplicado: bioinsumo orgánico, fungicida químico convencional o ausencia de tratamiento (control). Este factor es el principal objeto de estudio para determinar si fungicida orgánico produce mejores resultados.

*Tabla 2: Operacionalización de variables*

| OBJETIVO ESPECÍFICO                                                                                                                                                                                                               | VARIABLE                                                        | SUB VARIABLE                                              | INDICADOR                                                           | MEDIO DE VERIFICACIÓN                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Evaluar la eficiencia de alternativas agroecológicas de bioinsumos sobre la incidencia de la Roya ( <i>Hemileia Vastatrix</i> ) café en la finca Los Corrales, en la comunidad Las Escaleras.                                     | Eficiencia de bioinsumos en el control de roya                  | Factores de clima que favorecen incidencia                | Temperatura (°C)<br>Precipitación (mm)                              | Referencia bibliográfica                    |
|                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 | Factores de manejo del cultivo                            | Sombra (%)<br>Tipo de sombra                                        | Hoja de campo                               |
|                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 | Efectividad de tratamientos                               | Incidencia (%)                                                      | Hoja de campo                               |
| Diferenciar la relación costo-beneficio de la aplicación de fungicidas orgánicos en comparación con fungicidas químicos sintéticos, mediante la cuantificación de los costos de producción, y reducción de enfermedades fúngicas. | Relación beneficio costo fungicida orgánico – fungicida químico | Costo de producción de los productos (orgánico y químico) | Precio de los fungicidas.<br>Gasto en mano de obra para aplicación. | Entrevistas                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 | Reducción de enfermedades fúngicas                        | Disminución de incidencia de roya (%)                               | Hojas de campo<br>Monitoreo constante       |
|                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 | Diferencia de costos entre los tratamientos               | Variación del costo total (orgánico – químico)                      | Hoja d registro (costo de cada tratamiento) |

**Fuente:** Propia

## **11.9. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS**

### **Validez**

La validez de los instrumentos utilizados tales como las referencias bibliográficas, hojas de campo, entrevistas y monitoreo constante; radica en que cada uno aporta información pertinente y directamente relacionada con las variables estudiadas. Las referencias bibliográficas aseguro la precisión al comparar definiciones con estudios previos en el contexto teórico, las hojas de campo ofrecen validez ya que se reflejó directamente la variable registrada en el área de estudio, las entrevistas nos permiten obtener información de primera mano y el monitoreo constante sigue la evolución del fenómeno en campo. Todo esto asegura que los datos recolectados representen de manera clara lo que se desea analizar.

### **Confiabilidad**

La confiabilidad se garantiza mediante la aplicación adecuada, sistemática de cada instrumento. El uso de formatos estructurados en las hojas de campo, la realización de entrevistas siguiendo una guía establecida, la revisión continua en el monitoreo y la posibilidad de corroborar las referencias bibliográficas con fuentes de calidad y actualizadas, permiten obtener resultados consistentes. Combinarlos mejora la consistencia general, ya que pruebas piloto ayudan a minimizar errores y lograr resultados estables y criterios claros durante todo el proceso, se asegura que la información recopilada sea precisa, coherente y confiable.

## **11.10. Criterios de calidad**

De acuerdo al criterios de calidad que se consideraron en el estudio se enfocaron en asegurar la relevancia de los datos obtenidos con el fin de sustentar conclusiones confiables, estos criterios nos permitieron verificar los instrumentos.

- Para asegurar la validez de la investigación, se verificó que los instrumentos y procedimientos utilizados midieran las variables previstas por los objetivos de la investigación. Se revisaron fuentes teóricas y experiencias previas para confirmar que las técnicas seleccionadas fueran adecuadas.
- Mediante la utilización de las hojas de muestreo, registros de campo y entrevistas. Los procedimientos se llevaron a cabo mediante una estructura ya establecida, lo que permitió obtener resultados confiables.

- Se emplearon técnicas de evaluación precisas, instrumentos y procedimientos que minimizaron errores. Las observaciones directas en campo y el registro detallado permitieron obtener información clara sobre las variables analizadas.
- La pertinencia de los datos seleccionados se dio obteniendo información que aportara al análisis y respondiera directamente a los objetivos del estudio. Cada instrumento utilizado nos permitió obtener datos e información claves para la investigación.

## 12. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los métodos y técnicas descritos en el capítulo anterior.

### 12.1. Factores Climáticos y ambientales presentes en la finca

La incidencia de roya se refiere al total de hoja afectadas por el hongo *Hemilea Vastatrix* (Avelino, 1999) esta enfermedad se desarrolla más en temperatura entre 16 °C y 28 °C considerando que la finca del productor presenta temperaturas de 27 °C y precipitaciones de 1800 mm; siendo este un factor clave para la propagación de la enfermedad. Este es un café relativamente nuevo sin embargo tiene una dependencia fuerte al uso de fungicidas químicos generando una resistencia de la enfermedad.

Se verificó que las temperaturas se mantenían en 23°C las cuales están dentro del rango óptimo para la germinación rápida de las esporas de roya, contribuyendo a la diseminación de la enfermedad que conlleva a aumentar la incidencia y afectaciones al cultivo.

Las condiciones de clima como las precipitaciones y bajas temperaturas, aunado a la existencia de sombra densa (Becker, 1991), contribuye al incremento de incidencia de roya en el café, debido a la alta humedad relativa en ese ambiente, pero además la falta de ingreso de luz solar y poca ventilación.

En consecuencia, al comparar lo investigado en la literatura con las condiciones presentes en la finca, se confirma que el ambiente del lugar es altamente favorable para el desarrollo del hongo. Esto explica por qué la incidencia de la roya ha sido tan severa y no ha sido controlado, aun cuando año tras año se hace uso de fungicidas químicos. La enfermedad no aparece únicamente por falta de control, sino porque las condiciones del entorno favorecen de manera significativa su proliferación.

### 12.2. Factores de luminosidad encontrados en la parcela

Se ha demostrado que la sombra incrementa la incidencia de roya bajo sombra de es decir que los procesos pre-infecciosos están favorecidos, especialmente la germinación Avelino, J. (2016). Dentro de la parcela de la finca se realizó un estudio visual del porcentaje de sombra del cafetal con el apoyo de imágenes de referencia se determinó que hay un exceso de sombra alrededor del

55%. En efecto la sombra intercepta y acumula el agua de lluvia, forma gotas más grandes que impactan fuertemente las hojas del café liberando así “en seco” las esporas de roya, asimismo se verificó que las temperaturas se mantenían en 23°C las cuales están dentro del rango óptimo para la germinación rápida de las esporas de roya.

### **12.3. Porcentaje de sombra**

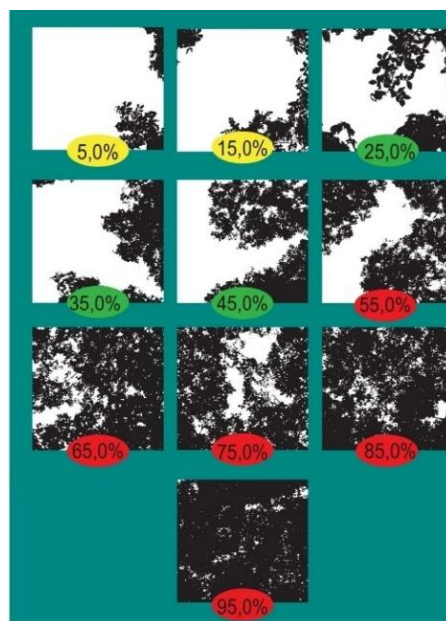
Una planta necesita mayor cobertura de sombra (50-70%) y menor cantidad de luz (50-30%) cuando hay:

1. Altas temperaturas
2. Baja humedad relativa
3. Suelos con baja fertilidad
4. Mayor exposición a luz solar
5. Menor altitud sobre el nivel del mar.

Baja Densidad de sombra

Una planta necesita menor cobertura de sombra (25-30%) y mayor cantidad de luz (70-75%) cuando hay:

1. Bajas temperaturas
2. Alta humedad relativa
3. Suelos con alta fertilidad
4. Menor exposición a luz solar
5. Mayor altitud sobre el nivel del mar



*Ilustración 3: Escala visual de porcentaje de sombra*

**Fuente:** Doc. Francisco Chavarría



*Ilustración 4: Dosel de la Finca Los Corrales (Sombra)*

**Fuente:** Propia

La primer imagen que se muestra, es la herramienta que se utilizó para medir el porcentaje de sombra en la parcela, y la segunda imagen tomada de referencia en el área experimental. Observamos la cantidad de follaje denso que cubre el cielo en comparación con las áreas abiertas de cielo azul y nubes, el nivel de capacidad lumínica parece rondar en un aproximado al 55%.

Como se logra apreciar en las imágenes tanto de referencia como del dosel en la parcela de estudio, la sombra es aproximadamente de 55%, de sombra, nivel superior al recomendado (30–40% para Catuaí y 20–30% para Robusta), considerando la altura sobre nivel del mar y las condiciones de temperatura y de precipitaciones.

Según Avelino et al. (2016), la sombra excesiva Mantiene la humedad en el follaje, Aumenta el tiempo de mojado de las hojas, Reduce la ventilación, Favorece la germinación de esporas, esto es uno de los factores más determinantes en la presencia de roya en esta finca. La sombra densa crea un microclima ideal para el hongo y limita el efecto natural del sol, que ayuda a reducir el inóculo.

La sombra promueve la conservación de las esporas mientras que al pleno sol éstas se lavan y se queman fácilmente, dejando de participar en el crecimiento de la enfermedad. Se sabe que la sombra es necesaria para adaptarse al cambio climático, pero el microclima que se genera bajo sombra es, sin embargo, principalmente un agente favorable para el desarrollo de la roya. Aunque también se sabe que, bajo sombra, la menor carga fructífera observada incrementa la resistencia fisiológica del cafeto a la roya y el impacto de la roya sobre la defoliación es menor. (Avelino et. Al., 2016)

#### **12.4. Requerimientos técnicos para el establecimiento de las variedades**

En la finca se presentan dos variedades productivas, Catuai el cual es una variedad proveniente de Coffea Arábica y Catimor quien es un Híbrido entre arábigo y robusta, estas plantaciones rondan los 5 años, considerándose como plantaciones jóvenes. La plantación está a una altura de 730 MSNM y cuenta con precipitaciones anuales que se acercan a los 1800mm anuales, a continuación, se mostraran los requerimientos técnicos para conocer si las variedades presentes en la finca cumplen correctamente o no con los estatutos correspondientes.

Cafés Robusta (*Coffea Canephora*):

- ✓ Se adapta muy bien en alturas entre 450 a 800 msnm

- ✓ Porcentaje de sombra requerido es entre 20% a 30% con especies de sombra alta.
- ✓ Precipitación anual total 1,500 – 2,500 mm por año

#### Cafés Arábicos (*Coffea Arábica*)

- ✓ Altura recomendada entre 600 a 1800 msnm
- ✓ Porcentaje de sombra entre el 30% al 45% de sombra
- ✓ En variedades derivadas del híbrido Timor entre el 30% al 50% de sombra

Al comparar los requerimientos técnicos encontrados en la literatura con las condiciones climáticas actuales en la finca, se observa que la altitud y la precipitación anual se encuentran dentro de los rangos recomendados para ambas variedades establecidas, lo cual indica que el entorno climático general es adecuado para su desarrollo.

Sin embargo, el principal factor que no coincide con las especificaciones de las fichas técnicas es el porcentaje de sombra. Los datos muestran que la finca presenta un porcentaje de sombra que supera en aproximadamente un 15% el rango recomendado tanto para las variedades Catuai (arábico) como para Catimor (híbrido con robusta). La excesiva sombra se constituye como un factor limitante que afecta directamente el rendimiento y favorece la presencia de enfermedades como la roya (*Hemileia Vastatrix*). Esto explica en gran medida por qué, a pesar de manejar variedades con cierta tolerancia como es Catimor, la incidencia de roya continúa siendo un problema.

## 12.5. Comparación de bioinsumo orgánico frente al manejo convencional de la finca

Para esta investigación se comparó la eficacia de un bioinsumo orgánico frente al manejo tradicional de la parcela.

En la finca Los Corrales para el manejo de roya en café se hace un uso exclusivo de productos químicos entre los cuales están el Nativo, el cual tiene una composición química de Trifloxystrobin, el cual actúa de manera mesotérmica, absorbiéndose en las capas cerosas de la hoja, redistribuyéndose sobre la superficie, y el Tebuconazole, actúa de manera sistemática ascendente en la planta inhibiendo la biosíntesis (Agromil, s.f).

El carbenzin cuyo ingrediente activo es el Metil 1H Benzimidazol -2L Carbamato, con franja azul un nivel más toxico que el Nativo, inhibe la síntesis de la Beta- Tubulina que es esencial para la formación del huso cromático en la división celular el cual detiene la multiplicación celular terminando con su crecimiento, es sistémico y actúa por acción de contacto y curativo (Albauhg, s.f).

Por el contrario, el Caldo Sulfocalcico tiene un ingrediente activo que se obtiene al mezclar la cal viva con el azufre el cual da como resultado el sulfuro de calcio, que interrumpe las enzimas y vías metabólicas del hongo impidiendo su respiración celular, dificulta la germinación de las esporas y el crecimiento del micelio en las plantas (Perfect Daily Grind español, 2019).

En el área de estudio se encontró que, de 36 plantas afectadas por roya, utilizando un DBCA diseño de bloques completamente al azar, para el aérea con bioinsumos se aplicó una dosis de 300 cc por bomba de 20 litros, se realizaron 3 aplicaciones.

En cambio, el área con fungicidas químicos se aplicó 30 a 40 cc. para un área similar.

Entender esta relación es importante debido a que se necesita comprender cómo se comportan ambas alternativas ante la enfermedad. Al describir cuál de los dos tratamientos a nivel visual obtuvo una mayor reducción en la incidencia de la roya se notó que el espacio con químicos redujo la incidencia de roya en contraste con el uso del caldo sulfocálcico, esto responde a ciertas características propias que se mencionan a continuación.

El caldo sulfocálcico es un producto que actúa en los primeros estadios de la enfermedad (Perfect Daily Grind Espalol,2019), en el caso de la parcela, la roya estaba en un nivel de incidencia considerable, lo cual plantea una infestación de la enfermedad, se procedió hacer las aplicaciones sin embargo el caldo es un producto preventivo, en algunos casos es curativo, pero con esta infestación no logro los resultados deseados. Una de las posibles causas de esto podría ser la dosis utilizada, La agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA, s.f) plantea que se debe de aplicar 0.5 – 1 litro en 20 litros de agua con frecuencia de 15 días entre aplicaciones.

Esta situación replantea dos vías, por un lado, el uso de químicos es más rápido y efectivo sin embargo los efectos colaterales a la salud son adversos (Zhou,2023), en cambio el uso de bioinsumos como el caldo sulfocálcico al ser utilizados de manera preventiva pueden ser una solución controladora y muy viable frente a esta enfermedad, siempre teniendo en cuenta que actúa mejor en niveles bajos de infección (<5%), funcionará reduciendo la germinación inicial de esporas.

El efecto del caldo no solo se queda ahí, el caldo sulfocálcico desprende una pasta al final de su proceso de elaboración, la cual sirve para curar heridas de las plantas de café las cuales en los meses de febrero y marzo pasan por distintas podas según sea su condición; asimismo, para proteger los injertos de alguna infección por plagas o enfermedades y provee una fuente de nutrientes como el calcio y azufre para corregir deficiencias nutricionales en las plantas (INIFAP, S.f).

## 12.6. Relación Beneficio - costo

En la finca Los Corrales, donde se ha implementado el uso del caldo sulfocálcico como alternativa a productos químicos convencionales como Nativo y Carbendazim. Este análisis se centra en la relación beneficio-costos, evaluando no solo los aspectos económicos directos, sino, como la sostenibilidad la efectividad en el control de enfermedades tales como la *Hemileia Vastatrix*. Basado en datos recopilados durante el período de estudio, se compara el caldo sulfocálcico a base de azufre, cal, y productos como fungicidas químicos, ampliamente utilizados en la finca para el control de la enfermedad. El objetivo es que se tome en cuenta esta alternativa natural como un fungicida preventivo y que puede ofrecer ventajas significativas en la economía del productor

### 12.6.1. Costos estimados del caldo sulfocálcico.

*Tabla 3: Costo de elaboración caldo sulfocálcico(20lts)*

| Concepto                         | Unidad | Cantidad | Costo unitario(C\$) | Costo total (C\$) | Descripción                                         |
|----------------------------------|--------|----------|---------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Materia prima</b>             |        |          |                     |                   |                                                     |
| Azufre en polvo                  | Kg     | 4        | 8                   | 32                | Ingrediente principal, fuente de azufre activo      |
| Cal                              | Kg     | 2        | 9                   | 75                | Reactivo alcalino para la formación del polisulfuro |
| Agua                             | Lts    | 20       |                     |                   | Medio de disolución                                 |
| Leña                             |        | 2        | 12                  | 24                | Fuente de calor                                     |
| <b>Subtotal materia prima</b>    |        |          |                     | <b>C\$ 132</b>    |                                                     |
| <b>Mano de obra</b>              |        |          |                     |                   |                                                     |
| Ayudante                         | D/H    | 1        | 200                 | 200               | Mano de obra directa                                |
| <b>Subtotal mano de obra</b>     |        |          |                     | <b>C\$ 200</b>    |                                                     |
| <b>Materiales auxiliares</b>     |        |          |                     |                   |                                                     |
| Envases plásticos (bidones 20 L) | Lts    | 1        | 160                 | 100               | Almacenamiento del producto                         |
| <b>Subtotal</b>                  |        |          |                     | <b>C\$ 100</b>    |                                                     |
| <b>Total de costo</b>            |        |          |                     | <b>C\$ 432</b>    |                                                     |

**Fuente:** Propia

Tabla 4: Costos de los fungicidas químicos utilizados en la finca.

| Producto                          | Presentación | Ingrediente activo                         | Costo unitario(C\$) | Costo total (C\$) | Descripción del producto                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nativo (Bayer CropScience)</b> | 1Lts         | trifloxistrobina (10%) y tebuconazol (20%) | 2400                | 2400              | Nativo combina dos ingredientes activos en la cual te da un control preventivo, curativo y erradicativo. Tiene un efecto sistémico y mesostémico dentro y fuera de la planta (Agro Bayer, s.f)              |
| <b>Carbendazin</b>                | 1Lts         | Metil 1H Benzimidazol -2L Carbamato        | 350                 | 350               | La Carbendazima inhibe la síntesis de beta-tubulina, una proteína que participa en la formación de microtúbulos, que son cruciales para la división y el crecimiento de las células fúngicas (POM AIS,2025) |
| <b>Total, de costo</b>            |              |                                            |                     | <b>C\$ 2750</b>   |                                                                                                                                                                                                             |

Fuente: Propia

Después de conocer y verificar ambas tablas de costos podemos ver que este método no solo es económico, sino que también promueve la autosuficiencia en la finca, reduciendo la dependencia de insumos externos. En términos de efectividad, los resultados observados indican que el caldo sulfocálcico actúa como un fungicida preventivo y acaricida natural, controlando plagas y enfermedades, hongos como la *Hemileia Vastatrix* en etapas tempranas de la enfermedad, durante el estudio, se aplicó cada 15 días logrando no a gran escala la reducción de la enfermedad, sin efectos residuales tóxicos, lo que contrasta con los productos químicos que requieren aplicaciones más frecuentes y precisas.

### **12.6.2 Evaluación cualitativa del beneficio–costo**

Con base en observaciones y la literatura podemos decir que el uso del caldo sulfocálcico tendría una relación beneficio–costo positiva siempre y cuando se reduzca los índices de sombra, si se inicia un programa preventivo de aplicaciones de manera temprana cuando la enfermedad aparece, y si se complementa con un buen manejo nutricional. La relación sería negativa o poco eficaz si se aplica cuando la roya ya está avanzada, si no se corrigen los factores del microclima relacionados con la sombra y si no existe seguimiento constante de la enfermedad.

Por otro parte en la finca Los Corrales, el Nativo (un fungicida a base de cobre) y Carbendazim (un benzimidazol sistémico) han sido los utilizados para el control de enfermedades fúngicas. El gasto en Nativo ronda los C\$2400, mientras que Carbendazim tiene costos de C\$ 350, A diferencia del caldo sulfocálcico con un costo más económico, estos requieren equipo de protección personal y capacitación para su manejo, lo que incluyen costos adicionales.

En términos de efectividad, Nativo y Carbendazim ofrecen un control rápido y confiable, pero presentan desventajas notables. Por ejemplo, el uso prolongado de Carbendazim ha generado resistencia en algunas plagas de la finca, obligando a rotaciones o dosis más altas, lo que incrementa el costo a largo plazo. Además, ambos productos dejan residuos químicos en el suelo y cosechas, afectando la calidad del producto final y limitando el acceso a mercados orgánicos. El caldo sulfocálcico, al ser orgánico, no genera residuos persistentes y mejora la salud del suelo al aportar azufre y calcio naturales.

El caldo sulfocálcico fomenta prácticas agroecológicas, reduciendo la exposición de trabajadores a tóxicos y preservando la biodiversidad en la finca los corrales Los Corrales.

Los resultados de este estudio en la finca Los Corrales demuestran que el caldo sulfocálcico representa una alternativa preventiva, viable y económicamente confiable; al uso de Nativo y Carbendazim, con un claro predominio en la relación beneficio-costos. Mientras que los productos químicos ofrecen control inmediato, pero a un precio alto en términos de sostenibilidad, proporciona ahorros significativos, efectividad comparable y beneficios ambientales a largo plazo.

### 13. Conclusiones

- La evaluación en la finca Los Corrales demostró que los bioinsumos agroecológicos, como el caldo sulfocálcico, actúan en las etapas iniciales de la roya del café (*Hemileia Vastatrix*) de forma preventiva. La cual ofrece mayor rentabilidad ambiental y económica que los fungicidas químicos, al disminuir costos de insumos, riesgos de contaminación y aportar nutrientes al suelo. Sin embargo, el microclima favorable de la finca (alto porcentaje de sombra) promueve la enfermedad, limitando su eficacia sin aplicaciones tempranas.
- El caldo sulfocálcico reduce preventivamente la incidencia de roya, pero no generó cambios significativos debido a aplicaciones tardías; limitando su acción curativa. El microclima y el porcentaje de sombra favorecen la germinación de esporas, incrementando la propagación.
- El caldo sulfocálcico supera en costo-beneficio a químicos como Nativo y Carbendazin, con costos bajos, menor contaminación y aporte nutricional, versus reducción rápida pero recurrente y riesgosa de los sintéticos. Es más rentable para control preventivo, cuantificando ahorros en insumos y salud.

## 14. Recomendaciones

- Hacer uso de bioinsumos orgánicos para reducir costos de producción y disminuir el uso de productos químicos.
- Tomar en consideración una regulación de sombra de hasta un 25% en toda el área del cafetal.
- Emplear el caldo sulfocálcico de manera preventiva, especialmente al inicio de la temporada lluviosa y al post ciclo de la cosecha para brindar un aporte extra de nutrientes.
- Realizar recepo de plantas esqueléticas y enfermas.
- Rotar el uso de fungicidas químicos y bio insumos controladores utilizados para evitar que se genere una resistencia de la enfermedad ante los métodos de control actual.

## 15. ANEXOS



*Ilustración 5: Finca los corrales*

**Fuente:** Propia



*Ilustración 6: Hojas a afectadas por roya(Hemileia Vastatrix)*

**Fuente:** Propia



*Ilustración 7: Planta de café, con defoliación a causa de la roya(Hemileia Vastatrix)*

**Fuente:** propia



*Ilustración 8: Fungicida orgánico caldo sulfocálcico*

**Fuente:** Propia



*Ilustración 9: Realización de entrevistas a los productores*

**Fuente:** Propia



*Ilustración 10: Coordenadas del área de estudio*

**Fuente:** UTM Geo Maps

## 16. REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS

Agromil. (s.f.). *Nativo 300 SC* - fungicida. <https://www.agromil.com.uy/nativo.php#:~:text=Informaci%C3%B3n%20general>

Agronica. (s.f.). *Conozca más de la historia del café en Nicaragua*. Recuperado el 26 de septiembre de 2025. <https://agronicasa.com/conozca-mas-de-la-historia-del-cafe-en-nicaragua/>

Albaugh. (s.f.). *Rodazim fungicide* [Ficha técnica]. [https://www.albaugh.com/docs/mexicolibraries/productfiles/ft-rodazim-\(15062018\)eebd5c6d-01ac-45cc-a23c-50deda4cb4d4.pdf](https://www.albaugh.com/docs/mexicolibraries/productfiles/ft-rodazim-(15062018)eebd5c6d-01ac-45cc-a23c-50deda4cb4d4.pdf)

**Álvarez, S.** (2025, 11 de marzo). *Café Catimor Características, Todo sobre esta variedad resistente y aromática*. Cafés de Colombia. <https://cafesdecolombia.co/cafe-catimor-caracteristicas/>

Angrong Zhou, Tao Guo, Yan Wang, Andong Wang, Manyun Zhang, (2022). Toxicological impacts of carbendazim exposure: An overview. *Science of The Total Environment*, 851, 158292. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158292>

**Arceda, B.** (s.f.). *Ensayo Hisyoria Del Cafe en Nicaragua*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/516226318/ENSAYO-HISYORIA-DEL-CAFE-EN-NICARAGUA>

Avelino, J. (2016). Efectos de la sombra sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*). CIRAD-UPR Bioagresseurs, CATIE, IICA.

Bayer Perú. (s.f.). *Nativo fungicida*. <https://www.agro.bayer.pe/es-pe/productos/product-details.html/fungicide/nativo.html>

Campos Almengor, O. G. (2015). Manejo integrado de la roya anaranjada del café (*Hemileia vastatrix*) [Boletín Técnico]. Centro de Investigaciones en Café (CEDICAFÉ), ANACAFE. <https://www.anacafe.org/uploads/file/a0782d43ce214d408c7077394059f17f/17-situacion-roya.pdf>

CARDENAS-CAGAL, A., Gutiérrez-Rivera, B., Hernández-Rosas, F., Herrera-Corredor, J. A., Osorio-Acosta, F., Salinas-Ruiz, J., & Salomón-Meza, E. (2025). *Caldo sulfocálcico: una*

*alternativa sustentable en la producción agrícola.* Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9(1), 18605. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/18605>

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 (UNAMBA). <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1213>

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 grado).* Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1213>

Clyde, K., & Santos, J. (2023). *Control de Hemileia Vastatrix Berkeley & Broome mediante la aplicación foliar de microorganismos eficientes en coffea arabica L. Var. Caturra Roja.* [Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía, Escuela Profesional de Agronomía]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8a271a3a-1611-4ecd-924d-5eda11a95a29/content>

CONCYTEC. (2023). *Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la Roya (Hemileia vastatrix) del Cafeto (Coffea arabica), en la microcuenca Chirumbia, Quellouno.* Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMB\\_95844aa9d4252130640e5368e72273db](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMB_95844aa9d4252130640e5368e72273db)

Durán C., M., López-Méndez, M. C., López González, Y., & Arvizu de León, I. C. (2025). Caldo sulfocálcico: Una alternativa sustentable en la producción agrícola. Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 9(3), 9505-9517. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10317607.pdf>

Fisac Pedrajas, R. (2014). El mundo del café. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52350075/ORIGEN\\_Y\\_EXPANSION\\_DEL\\_CAFE-libre.pdf?1490754363=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEL\\_MUNDO\\_DEL\\_CAFE\\_RAMON\\_FISAC\\_PEDRAJA\\_S\\_D.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52350075/ORIGEN_Y_EXPANSION_DEL_CAFE-libre.pdf?1490754363=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEL_MUNDO_DEL_CAFE_RAMON_FISAC_PEDRAJA_S_D.pdf)

Hernández, C., et al. (2021). *Agentes de control biológico de la roya del café: ¿Cómo funcionan y qué tan efectivos son?* (revisión). <https://smbb.mx/wp-content/uploads/2021/05/Hernandez-et-al.-2021.pdf>

Hernández, C., López, L., & Sánchez, L. (2021). *Agentes de control biológico de la roya del café ¿Cómo funcionan y qué tan efectivos son?* BioTecnología, 25(1), 21-28. <https://smbb.mx/wp-content/uploads/2021/05/Hernandez-et-al.-2021.pdf>

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

Larios González, R. C. (2014). *Fertilidad del suelo bajo prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café, Nicaragua 2009-2010* (Trabajo de Maestría). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/2776/1/tnp35l323f.pdf>

Ministerio del Poder Popular de Ciencia y Tecnología. (2024). *Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del café*. Agrodigital. <https://agrodigital.mincyt.gob.ve/condiciones-edafoclimaticas-para-el-cultivo-del-cafe/>

Marenco, J. (10 de Enero de 2022). *Producción agroecológica: buenas prácticas y desafíos en pro del desarrollo local y social de Nicaragua*. file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-ProduccionAgroecologica-9513694.pdf

Montejo Lenny, (2015). *Evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala* <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2018/06/14/Montejo-Lenny.pdf>

Montejo, L. A. (2018). *Evaluación de fungicidas para el control de roya del café (Hemileia vastatrix) en producción orgánica; Jacaltenango, Huehuetenango (Tesis de licenciatura)*. Universidad Rafael Landívar. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2018/06/14/Montejo-Lenny.pdf>

Morales-Araníbar, L., Yucra, F. E., Pílares Estrada, N. M., et al. (2023). *Production of new biopesticides from Cymbopogon citratus for the control of coffee rust (Hemileia vastatrix) under laboratory and field conditions*. *Plants*, 12(5), 1166. <https://doi.org/10.3390/plants12051166> [ncbi.nlm.nih.gov](https://ncbi.nlm.nih.gov)

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

Piñeiro, V., Morley, S., & Elverdin, P. (2015, August 28). *Los efectos de la roya en las economías Centroamericanas* (IFPRI Discussion Paper 1457SP). International Food Policy Research Institute. <https://cgspace.cgiar.org/items/41e38253-8ebb-4dfd-98f4-2dadbea9be6f>

PoMais. (2025, 12 de marzo). *Uso de carbendazima en la agricultura*. <https://www.pomais.com/es/carbendazim-use-in-agriculture/>

Repositorio UNA. (2015). *Impacto económico de la Roya (Hemileia Vastatrix) del Café (Coffea arabica) en Nicaragua en los ciclos comprendidos entre el (2008/2009 – 2012/2013) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]*. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3131/1/tne71b918.pdf>

Ríos Herrera, J. M., & Vargas López, H. B. (2024). *Efecto económico de la roya (Hemileia Vastatrix) en el cultivo del café (Coffea arábica) en la comunidad San Antonio, El Tuma-La Dalia, Matagalpa, 2019-2022* [Trabajo de tesis, Universidad Nacional Agraria]. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh20r586.pdf>

Rodríguez-Castro, J., Hernández-López, M., & Gómez-Bernal, A. (2020). *Efectividad de biofungicidas para el control de la roya en plántulas de café*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1403-1412. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2614>

Salazar Centeno, D. J., García Centeno, L. J., & Rodríguez González, H. R. (2020). *Evaluación Agroecológica de dos Agroecosistemas con Café (Coffea Arabica L) en San Ramon y dos en Condega, Nicaragua* <https://digitum.um.es/server/api/core/bitstreams/7e203ba6-8f14-431d-9d87-45e19158c542/content>

Salazar Lezama, G. E., & Alemán Zeledón, S. R. (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 (Trabajo 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. (2021). Caldo sulfocálcico: El caldo sulfocálcico puede utilizarse como insecticida, fungicida y bactericida. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737327/5\\_Caldo\\_sulfoca\\_lcico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737327/5_Caldo_sulfoca_lcico.pdf)

SENASICA. (2016, abril). *Ficha técnica: Roya del cafeto (Hemileia vastatrix)*. Dirección General de Sanidad Vegetal. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20cafeto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Roya%20del%20cafeto.pdf>

Servicio Agrícola Exterior. (2025). *Informe anual sobre el café: Nicaragua (Informe n.º NU2025-0004)*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee+Annual+Managua+Nicaragua+NU2025-0004.pdf>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2016, abril). *Ficha técnica: Roya del cafeto (Hemileia vastatrix)*. Dirección General de Sanidad Vegetal. [https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya\\_cafeto/Fichas\\_técnicas/FichaT%C3%A9cnica de Roya del cafeto.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya_cafeto/Fichas_técnicas/FichaT%C3%A9cnica%20de%20Roya%20del%20cafeto.pdf?utm_source=chatgpt.com)

Torres Mejía, F., Torres Mejía, J & Maradiaga Pérez, Ronal (10, agosto, 2023). *Análisis retrospectivo del impacto socioeconómico generado por la roya del café (Hemileia Vastatrix) en el departamento del Paraíso Honduras*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Tecnológico UNAH TEC DANLI, Danlí El Paraíso, Honduras. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería agroindustrial. file:///C:/Users/DELL/Downloads/5.pdf

Trinidad Pico Rosado, J. (2014). *Efecto de la sombra del café y el manejo sobre la incidencia, severidad, cantidad de inóculo y dispersión de Hemileia Vastatrix en Turrialba, Costa Rica (Tesis de maestría)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7054/Efecto\\_de\\_la\\_sombra\\_del\\_cafe.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7054/Efecto_de_la_sombra_del_cafe.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

van Oijen, M., Haggard, J., Barrios, M., Büchi, L., Cerda, R., Cerretelli, S., López, E., Virginio Filho, E. de M., & Ospina, A. (2022). Ecosystem services from coffee agroforestry in Central America: estimation using the CAF2021 model. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00755-6>

Virginio Filho, E. de M. (2021). *Estado del arte sobre el conocimiento de razas, monitoreo y control de la roya*. CATIE [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/11389/Estado\\_del\\_arte\\_sobre\\_el\\_conocimiento\\_de\\_razas\\_monitoreo\\_y\\_control\\_de\\_la\\_roya.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/11389/Estado_del_arte_sobre_el_conocimiento_de_razas_monitoreo_y_control_de_la_roya.pdf?isAllowed=y&sequence=1)

Virginio Filho, E. de M., & Astorga Domian, C. (2015). *Prevención y control de la roya del café: Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores (Manual técnico no. 131)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8186/Prevencion\\_y\\_contol\\_de\\_la\\_roya\\_del\\_cafe.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8186/Prevencion_y_contol_de_la_roya_del_cafe.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Virginio Filho, E. de M., & Astorga Domian, C. (2015). *Prevención y control de la roya del café: Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores (Manual técnico No. 131)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). [https://www.bolsagro.com.ni/documentos/buenas\\_practicas\\_agricolas/Prevencion\\_y\\_contol\\_de\\_la\\_roya\\_del\\_cafe.pdf](https://www.bolsagro.com.ni/documentos/buenas_practicas_agricolas/Prevencion_y_contol_de_la_roya_del_cafe.pdf)

Virginio Filho, E. de M., Cervantes Calderón, M. J., & Garita Rojas, C. (2025). *Guía Práctica de Caficultura Sostenible y Regenerativa*. Instituto del Café de Costa Rica, CATIE <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12741>