



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Informe Final de investigación para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

**Alternativas de control químico de Roya (*Hemileia
vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la
comunidad, San Pedro de Buculmay, Jinotega 2023**

Autor

Yaristel Ariana Altamirano García

Tutor

M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo

Asesor

Ing. María Mercedes Aráuz Ramírez

Estelí, diciembre 2023

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
IV. JUSTIFICACIÓN.....	4
V. OBJETIVOS.....	5
5.1. Objetivo General.....	5
5.2. Objetivo Específico.....	5
VI. LIMITACIONES.....	6
VII. MARCO TEÓRICO	7
7.1. Descripción de variedad Caturra.....	8
7.2. Variedad Caturra.....	9
7.3. La Roya del café	9
7.4. Ciclo de vida de la enfermedad.....	10
7.5. Diseminación	11
7.6. Germinación.....	11
7.7. Penetración:	11
7.8. Esporulación	12

7.9.	Epidemiología.....	13
7.10.	Lluvia	13
7.11.	Temperatura	13
7.12.	Carga fructífera	14
7.13.	Factores edafoclimáticos del cultivo del café	14
7.3.1.	Clima	14
7.3.2.	Suelo	15
7.14.	Incidencia de la roya y las principales prácticas de manejo.....	15
7.15.	Manejo de Sombra en los cafetales	16
7.16.	Manejo de tejido en los cafetales	16
7.17.	Control químico de la roya del café	17
7.17.1.	Productos cúpricos	18
7.17.2.	Fungicidas sistémicos	18
7.18.	Descripción de las alternativas a utilizar en el estudio.....	19
7.18.1.	Floxastrobin	19
7.18.2.	Futriafol	20
7.18.3.	Hexaconazole	21
VIII.	HIPÓTESIS	22
IX.	DISEÑO METODOLÓGICO	23
9.1.	Ubicación Geográfica	23
9.2.	Enfoque, alcance de la investigación experimental	23
9.3.	Descripción de unidad de análisis experimental.....	23
9.4.	Definición de variables con su operacionalización.....	24
9.5.	Diseño Experimental.....	26
9.6.	Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de los datos	26

9.7.	Procesamiento y análisis de la información.....	27
9.8.	Consideraciones éticas	27
9.9.	Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de los datos	27
9.10.	Aplicación de la técnica o instrumento para la recolección de los datos	28
9.11.	Diseño Experimental	29
9.12.	Procedimiento para el análisis de resultados.....	29
X.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
10.1.	Incidencia de la enfermedad.....	30
10.2.	Retención Foliar	31
10.3.	Área bajo la curva de la enfermedad (AUDPC).....	32
10.4.	Días control	33
10.5.	Plan de acción para el control de <i>Hemileai vastratrix</i>	34
XI.	CONCLUSIONES.....	35
XII.	RECOMENDACIONES	36
XIII.	BIBLIOGRAFIA	37
XIV.	ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Descripción Fluoxastrobin.....	19
Tabla 2. Descripción Flutriafol.....	20
Tabla 3. Descripción Hexaconazole	21
Tabla 4. Tratamientos	23
Tabla 5. Variables con su operacionalización	24
Tabla 6. Distribución de los tratamientos en los Bloques	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Incidencia de la enfermedad	30
Figura 2. Retención Foliar	31
Figura 3. Área bajo la curva de la enfermedad (AUDPC)	32
Figura 4. Días de control	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Anexo 1. Ubicación geográfica	40
Anexo 2. Hoja de campo	40
Anexo 3. Diseño Experimental	41
Anexo 4. Retención Foliar por muestro	41
Anexo 5. Análisis Estadísticos	42
Anexo 6. Galería Fotográfica	46

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios, fuente de sabiduría y fuente de inspiración. Agradezco tus bendiciones, tu presencia constante y la fe que infundes en mi vida. Que este logro sea un reflejo de tu grandeza y amor eterno.

De gran manera a mis padres **Yacarelis del Socorro García Gutiérrez y Arístides Ramón Altamirano González** vuestra devoción, amor incondicional y sacrificio han sido el faro que ha iluminado mi camino académico. Vuestra constante fe en mí, vuestro apoyo incansable y vuestro ejemplo de perseverancia han sido la fuerza impulsora detrás de cada logro Este trabajo está dedicado a ustedes, quienes con su infinito amor han sido mi mayor inspiración. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y por creer en cada paso de mi camino."

Además, a mis abuelos **Juan Francisco Altamirano Rizo y María Luisa Gonzales Torrez** quien gracias a este logro es un tributo a su legado, a la enseñanza de valores y al cariño inquebrantable que han compartido generosamente a lo largo de los años y por sembrar en mí el espíritu de lucha y superación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarme durante todo este proceso muchas fortalezas, paciencia, entendimiento y ánimo de superación para lograr una meta más en mi vida.

A mis padres por su amor incondicional, dedicación y todo el apoyo que con mucho sacrificio siguen haciendo cada día para que tuviera la oportunidad de alcanzar y finalizar una meta tan importante en mi vida.

A mi Tutor el **M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo** por sus valiosos aportes, por sus conocimientos, paciencia, seguimiento y dedicación a lo largo de este proceso. Sus consejos y conocimientos fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo

A mi Asesor **Ing. María Mercedes Aráuz Ramírez** por sus sugerencias y recomendaciones.

A la **Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP)**, por transmitirme experiencias y conocimientos de gran ayuda para mi formación profesional con valores y principios y con seguridad de seguir enfrentando los fundamentos necesarios.

Por último, agradezco a todas las fuentes, instituciones y personas cuyas contribuciones y conocimientos han sido citados y han enriquecido este trabajo.

Este logro no habría sido posible sin el aporte y respaldo de cada uno de ustedes. Gracias por formar parte de este importante capítulo en mi vida académica.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en Finca San José de la Montaña en la comunidad San Pedro de Buculmay, municipio de Jinotega, con la finalidad evaluar el comportamiento epidemiológico de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*) bajo tres alternativas de control químico, analizando el comportamiento epidemiológico de la roya (*H. vastatrix*), incidencia, retención foliar y días control de las alternativas. Se utilizó el diseño experimental de un Bloque Completo al Azar (BCA) con un modelo 4x4, es decir cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Bloque) para un total de 16 Unidades Experimentales (UE); la técnica que se utilizó para la recolección de datos fue la observación, la cual estuvo acompañada una hoja de campo, las visitas para la recolección de la información se realizaron con una periodicidad de quince días; los datos fueron procesados en el software estadístico e InfoStat. Cuando se tienen condiciones climáticas óptimas para la propagación de roya, ningún sistema de manejo independiente logrará mantener la enfermedad a niveles bajos. Por lo tanto, se tendrá que recurrir a prácticas de control específicas basadas en el uso de fungicidas químicos sistémicos o de contacto. Se encontró que el tratamiento que redujo la incidencia fue el Floxastrobin + Futriafol 190cc x B/125cc x B) donde se ve la disminución gradual de la incidencia de *Hemileia vastatrix*, disminuyendo desde un 23% en el muestro inicial a un 4.5% en el muestro final (séptimo muestro), para el AUDPC no se encontró diferencia significativa con p-valor de 0.0115 atribuido por el manejo nutricional de las plantas, pero a nivel de campo se observó que el tratamiento 1 es decir Floxastrobin + Futriafol 250cc x B/125cc x B presento mejor control hasta el día de la finalización del estudio a los 105 días.

Palabras claves: Evaluar, Epidemiológico, *Hemileia vastatrix*, Incidencia, Control.

I. INTRODUCCIÓN

La caficultura ha sido para Nicaragua, especialmente en las últimas cuatro décadas, el principal rubro de agro exportación del país. La importancia de la caficultura no solo radica en su capacidad de generación de divisas, también en su facultad de generar empleos permanentes y temporales, La actividad cafetalera sostiene económicamente, al 20 % de la población nacional y el 60% del sector agropecuario (Lanzas & Trujillo, 2015)

La roya del café es causada por el hongo (*Hemileia vastatrix*), un parasito obligado que se alimenta de las hojas vivas de las especies del género *Coffea*. De las especies cultivadas, (*Coffea arabica*) es la más afectada por el hongo. La enfermedad provoca defoliaciones, que cuando son graves; pueden conducir a la muerte de las ramas y por tanto, fuertes pérdidas de las plantaciones (Garcia, 2013)

La forma principal de multiplicación de (*Hemileia vastatrix*) es la uredospora; esta entidad infecciosa se presenta con una coloración naranja, reniforme, eapurulada sobre su mitad superior y lisa ventralmente. Los primeros síntomas aparecen en el envés de la hoja, como pequeñas lesiones de color naranja. El hongo penetra la hoja a través de las estomas. Las pequeñas lesiones crecen, se vuelven coalescentes y producen las uredosporas con su característico color naranja. En la parte superior de la hoja, pueden observarse manchas cloróticas a medida que las lesiones crecen, las que finalmente se vuelven (Estévez V, 2010)

Las epidemias severas se han venido relacionando con las constantes variaciones climáticas de las últimas décadas. Sin embargo, los impactos del año 2012 no fueron uniformes; en los países donde se presentó la enfermedad se pudieron identificar fincas con poca incidencia, aún dentro de una zona severamente afectada y con variedades susceptibles. Estas variaciones de impacto están relacionadas con el manejo que cada productor realiza en su finca, incluyendo un paquete de prácticas implementadas en el tiempo oportuno y fungicidas eficientes. El uso de prácticas culturales en el cultivo de café podría reducir la incidencia hasta en un 40%. Por otra parte, reflejan que el tipo de manejo realizado por el productor puede tener una relación ya sea positiva o negativa con la incidencia de la enfermedad (Lanzas & Trujillo, 2015)

II. ANTECEDENTES

El café es un producto cultivado en los países de clima tropical, de ahí mayormente es producido por los países en desarrollo, constituyéndose en el principal rubro de exportación agrícola y primera fuente generadora de divisas después del petróleo, además de mostrar grandes perspectivas de desarrollo en el mercado internacional (MAGFOR, 2013)

Investigación realizada en Jinotega por (Gadea & Herrera, 2019) de agosto a octubre de 2018 demostrando la eficacia del uso de fungicidas a base de triazoles, concluyeron que “los tratamientos (flutriafol 50 SC, pyraclostrobin + epoxiconazole 18.3 SE y trifloxystrobin + cyproconazole 53.5 SC, bajaron los porcentajes de roya al concluir el estudio en 35%, 29%, y 34% respectivamente, mientras el testigo bajo un 14%”.

El efecto positivo demuestra una acción curativa de los productos utilizados, ya que ejercieron un control en un cultivo donde ya la enfermedad se encontraba establecida, atacando las estructuras de los micelios del hongo dentro de los tejidos vegetales.

En otro estudio realizado en Colombia (Rivillas *et al*, 2011) señala que existe otra forma de usar el fungicida a base de triazoles, aplicado al follaje, en dosis de 250 cc de producto comercial por hectárea, confirmado que tiene un importante efecto sobre el área sobre la curva y control de la roya del cafeto, y consecuentemente sobre la producción, cuando se aplican sobre el follaje, con acción preventiva y curativa.

III. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las enfermedades del café, entre estas la roya (*Hemileia vastatrix*), ocasionan caída de hojas, frutos; muerte de ramas y en consecuencia provocan disminución de los rendimientos y longevidad de la planta. Esta enfermedad se puede ver favorecida por un manejo deficiente del cultivo, principalmente en el manejo foliar y uso de fungidas (Avelino & Rivas, 2013)

La roya del cafeto continúa siendo el principal problema patológico en el cultivo del café. Esta enfermedad está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo, al nivel de producción de la planta y a la distribución y cantidad de las cosechas. A pesar de la información técnica generada y divulgada por (Cenicafe, 2018), se ha encontrado que los caficultores no están controlando adecuadamente la enfermedad. Cuando el control solo se realiza en presencia de altos niveles de infección, se limita drásticamente la acción protectora o curativa de los fungicidas y, por tanto, las medidas tomadas resultan ineficientes. Un control inoportuno e inadecuado de la enfermedad compromete seriamente la cantidad y calidad de la cosecha en la finca y en su conjunto afecta la producción del país

IV. JUSTIFICACIÓN

Debido a problemas que causa la roya (*Hemileia vastatrix*), tanto en la fitosanidad del café en su producción y en la economía del productor, es necesario encontrar una solución sostenible que ayude a los medianos productores alargar los días control de un producto químico y que controle la incidencia de esta enfermedad, para elevar los índices productivos del cultivo, que es una de las bases de la economía nacional

La incidencia de la roya del café ha afectado los índices productivos de casi todos los productores de café del país, ocasionando pérdidas económicas que han afectado directamente a la economía principal de Nicaragua. Debido a problemas que causa el patógeno (*Hemileia vastatrix*), tanto en la fitosanidad del café y en su producción (MAGFOR, 2010)

Los expertos coinciden en que el actual brote de roya del café se debe a múltiples factores y que está asociado a prácticas agrícolas inadecuadas, sumadas a eventos climáticos y a los bajos precios del café. Muchos agricultores no han invertido en el manejo de sombra, fertilización, monitoreo o fumigación, además de que no se han renovado antiguas plantaciones y algunas contienen variedades altamente susceptibles a la roya como las variedades caturras. A lo anterior se suma la variabilidad climática y el aumento de la temperatura media durante los últimos años, factores que habrían generado condiciones favorables para el brote del patógeno (Cenicafé, 2011).

Citando al MAGFOR (2013), Matagalpa y Jinotega representan el 63 % del área cafetalera del país, los cuales son los mayores afectados económicamente, debido a que el rubro del café es la base económica de estos departamentos; por tanto, el daño causado por la afectación de roya en las plantaciones de café en estas zonas ha traído reducción en la producción de café y, por ende, la cantidad de empleo se redujo.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar cuatro alternativas de control químico de la roya (*Hemileia Vastatrix Berk & Br*) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la comunidad San Pedro de Buculmay Jinotega, 2023

5.2. Objetivo Específico

Analizar el comportamiento epidemiológico de *Hemileia Vastatrix Berk & Br* en *Coffea arabica* L., en cuanto a incidencia, bajo cuatro alternativas de control químico

Determinar la alternativa de control más eficaz para el control de la roya a través de las alternativas propuestas

Elaborar un plan de acción como propuesta para prolongar los días control en el manejo eficiente de *Hemileia vastatrix Berk & Br* en *Coffea arábica*

VI. LIMITACIONES

La roya del café es considerada una de las enfermedades de plantas más catastróficas de toda la historia. Está dentro de las siete enfermedades que ha dejado mayores pérdidas en los últimos 12 años en Centroamérica (Nicafe, 2010). El control químico es uno de los componentes más importantes en un programa de manejo integrado de la roya del café. Actualmente se cuenta con información sobre la eficiencia de ingredientes activos (cobre, triazoles, estrobilurinas) así como las dosis adecuadas para lograr un control efectivo.

La enfermedad afecta a las plantas de café mediante la caída prematura de las hojas infectadas, lo cual puede reducir el rendimiento en un 50%. Una epidemia de la roya presenta tres fases claramente identificables en procesos denominados policíclicos. Una fase lenta con infección de unas pocas hojas; posteriormente una fase rápida o explosiva y una fase terminal o máxima (Miranda, 2019)

Los síntomas corresponden a lesiones cloróticas, inicialmente con decoloración de áreas de la hoja, especialmente hacia los márgenes, donde tiende a acumularse más agua, y posteriormente con gran presencia de urediniosporas del hongo que se reconoce como el polvillo amarillo o naranja ubicado por el envés de la hoja afectada. Los cultivos atacados disminuyen drásticamente su producción porque se afecta las moléculas energéticas de la hoja, la cual es responsable de tres procesos vitales (fotosíntesis, respiración y transpiración); al ser atacada reduce su funcionamiento y puede incluso desprenderse del árbol. A mayor número de hojas enfermas, mayor es el impacto de la producción (Miranda, 2019).

VII. MARCO TEÓRICO

El café (*Coffea arabica*) es originario de África oriental ubicada en la parte meridional del golfo del Edén, precisamente en Etiopía en el siglo IX en la provincia de Kaffa propagándose rápidamente por Yemen, Sudan y Arabia en el siglo XV hasta la llegadas del nuevo mundo en Europa en el año 1616 precisamente en Holanda donde se posiciono como el primer país en cultivar las plantas en invernaderos y años después las colonias Holandesas se habían convertido en la principal fuente de suministro de café en Europa. Con el pasar del tiempo se popularizo y los europeos iniciaron a obsequiarlo a lugares que visitaban, algunos ofrecían plantas de café o semillas hacia la zona Norte de Europa y Sur.

En 1730 llega a Latinoamérica principalmente en Brasil. Para el año 1790 el café había llegado a toda Centroamérica, A nivel mundial, se cultiva en más de 70 países ubicados en esta franja, destacando de manera importante Brasil, Colombia, Indonesia, India y Vietnam. Las características que definen básicamente sus cualidades dependen mayoritariamente de sus variedades y de su procedencia convirtiéndose en el principal rubro económico en muchos países. (Anthony, Astorga, & Berthaud, 1999)

Con la llegada a Centroamérica, en Nicaragua alrededor del año 1840 gano importancia económica en respuesta en una creciente demanda mundial. A partir de acá las primeras plantaciones comerciales aparecieron alrededor del pacifico en la zona de Carazo. Convirtiéndose la región central en la principal zona de producción del rubro a nivel nacional de Nicaragua destacando los departamentos de Matagalpa y Jinotega contando con 80,000 Mz productoras correspondiente al 60% de la producción nacional. (Vicente Cabrera, 2007)

Nicaragua está dotada de una enorme riqueza, cuenta con suelos ricos en materia orgánica y climas especiales que permiten la producción de alta calidad. La producción exitosa del café está fuertemente condicionada por factores ambientales, entre lo que se destacan la temperatura, precipitaciones, radiación solar, vientos y suelo, siendo Nicaragua tierra con un microclima destacable, el 95% del café producida en Nicaragua es cultivada bajo sombra, lo que garantiza una calidad suprema, el 70% de exportación nicaragüense es *C. arabica* y la

variedad con más ejemplares cultivada en los cafetales del país es Caturra y el otro 30 son variedades igual o resistentes a la roya. El primer brote fue detectado en los años 70 entre San Marcos y Masatepe. (MAGFOR, 2010)

7.1. Descripción de variedad Caturra

El café como grupo botánico está constituido por más de 100 especies de una gran “familia” pertenecientes al género *Coffea*. De acuerdo a la región y clima de origen se desarrollaron diferentes tipos de cafetos, con características genéticas diversas: porte y forma de planta, tamaño y color de fruto, resistencia a enfermedades, tolerancia a plagas, sabor de bebida, adaptabilidad, productividad, entre otras. De este centenar de especies, dos se cultivan comercialmente, *Coffea arabica* integrada por diferentes variedades de arábica y *Coffea canephora* formada por diferentes grupos de robusta (Anacafé, 2016)

En el caso de Latinoamérica, las variedades tradicionales de arábica provienen de semillas de unas pocas plantas del centro de origen en Etiopía. Estas variedades son Típica y Bourbón, quienes han dado origen a otras por medio de mutaciones naturales o por cruzamientos espontáneos e inducidos, como el Caturra. Esta situación explica la estrecha base genética de todas ellas, característica que no les permite tener tolerancia a ciertas plagas o resistencia a ciertas enfermedades, incluida la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) (Anacafé, 2016)

Coffea arabica, es la especie más cultivada en el mundo y aporta aproximadamente el 60 % de la producción mundial de café, produce bebida de buena calidad. Dentro de las especies del género *Coffea*, solamente la especie arábica es autógama, es decir que la flores de estas tienen la capacidad de autopolinizarse, pero siempre podría suceder un máximo del 9 % de polinización cruzada o sea la intervención del polen de flores de otras plantas. La autopolinización se debe a que la especie arábica es una planta tetraploide, compuesta de células que contienen el doble de cromosomas que una célula somática normal o sea 92 cromosomas. Esta cantidad se presenta en las células germinales antes de dividirse. (Anacafé, 2019)

7.2. Variedad Caturra

La variedad Caturra es una mutación de la variedad Bourbón, descubierta en Brasil a principios del siglo veinte. En la década de los 40 se introdujo a finca Chocolá, San Pablo Jocopilas; pero su adopción comercial se realizó varios años más tarde. (Instituto del café-ICAFFE, 2011)

Es una planta de porte bajo, altura promedio de 1.80 metros, con eje principal grueso y entrenudos cortos; el ángulo de las ramas jóvenes es de 45 grados con el tallo principal; su ramificación se caracteriza por tener entrenudos cortos, con ramas secundarias abundantes que le da a la planta una apariencia compacta. Las hojas son grandes, lanceoladas y anchas, de color verde oscuro y textura un poco áspera, con bordes ondulados y ligeramente consistentes; las hojas nuevas (brotes) son de color verde claro brillante. La forma de Caturra es ligeramente angular, compacta y con buen vigor vegetativo (Anacafé, 2019).

Esta variedad produce frutos de color rojo y frutos amarillo, predominando en la caficultura guatemalteca la de frutos rojo; produce granos medianos, con alta capacidad de producción, en condiciones óptimas podría llegar a un promedio de 60 quintales de café pergamino por manzana. La maduración del fruto es precoz y de excelente calidad de taza (bebida). Las plantaciones de Caturra demandan adecuado manejo cultural, especialmente a lo que se refiere a la nutrición. Se adapta bien en las diferentes regiones y rangos altitudinales del parque cafetalero, con mejor adaptación en el rango de 600 a 1,300 metros sobre el nivel mar (1,970 a 4,270 pies sobre el nivel del mar). Tiene tolerancia a la sequía, viento y a la exposición del sol (Anacafé, 2016)

7.3. La Roya del café

El origen de la roya es probable que se haya originado en las montañas de Etiopía siendo reportada oficialmente en 1860 en la isla asiática de Sri Lanka siendo descrita por el microbiólogo Berkeley y quien la describió como *Hemileia Vastatrix*. En 1970 se reporta por primera vez la presencia de Roya en Brasil y luego en 1976 se le ubica en Centroamérica entre ellos Nicaragua en especies del género *Coffea* siendo *Coffea arabica* las más afectadas

entre ellas la variedad caturra donde ha causado pérdidas hasta del 23% de la producción acumulada. (Anacafe, 2015)

La roya del café pertenece al género *Hemileia* de la clase Basidiomicetos, y su principal forma de multiplicación es la uredospora. Considerado un parasito obligado, no puede sobrevivir en el suelo o materia vegetal inerte. Los primeros síntomas de la enfermedad pueden observarse en el envés de la hoja por donde penetra el hongo, se manifiesta como pequeñas lesiones polvosas de color amarillentas en las hojas vivas se desarrollan y producen las uredosporas de color anaranjado que las caracterizan. Es una enfermedad cíclica que afecta principalmente en follaje, provoca la caída temprana de las hojas y, en casos extremos, muerte de ramas, lo que se traduce en pérdida de rendimiento, principalmente en el año siguiente a la afectación donde hay exceso de muerte de ramas, las plantas tienen que ser podadas, con la esperanza de que rebroten. (Fernandes, Evans, & Barreto, 2009)

La roya es considerada a nivel mundial como la enfermedad de mayor importancia económica para el cultivo del café en los que se presenta con altos índices de incidencia y severidad reduciendo significativamente su potencial de producción (Irigoyen, 2018). En la actualidad, no se ha reportado ningún hospedero alternativo de la roya, su origen primitivo sugiere que la roya es autoica, es decir que su ciclo biológico se cumple en la misma planta parasitada sin necesidad de otro hospedero, se pensaba que la roya podía necesitar de otro hospedero para completar su ciclo, por el hecho de que las basidiosporas eran capaces de germinar sobre el café sin infectarlo, por lo cual se consideraba que podía ser heteroica, sin embargo, indican que las basidiosporas son vestigios de una forma ancestral, es decir, que no tienen función conocida, además que son genética y morfológicamente inestables (Nicafe, 2010).

7.4. Ciclo de vida de la enfermedad

El ciclo de vida de la enfermedad se desarrolla en las siguientes etapas: diseminación, germinación, penetración y esporulación, en el orden respectivo.

7.5. Diseminación

En esta fase el micelio del hongo crece dentro de la hoja, produciéndose la infección a través de las estomas del envés o parte inferior de la hoja, lugar donde se pueden apreciar los primeros síntomas de la enfermedad en forma de pequeñas lesiones o manchas amarillentas, produciendo posteriormente las uredosporas que se presentan a simple vista como un polvillo con una coloración anaranjada, que pueden alcanzar hasta 2 centímetros de diámetro. Cuando se presentan muchas lesiones en la hoja, al crecer se unen y cubren un alto porcentaje de su área, provocando su caída. Esta etapa se divide en una fase de liberación, en la cual la uredospora se despegar del esporóforo (abandona la lesión), una fase de dispersión y otra de depositación de la espora sobre la hoja nueva (Anacafe, 2015).

7.6. Germinación

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 los estomas para penetrar al interior de la hoja e iniciar el proceso infectivo. En esta fase la epidemia inicia con una infección en la que no se visualizan los síntomas, sino hasta después del 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. Inicia con la llegada de las uredosporas al hospedero. Estas uredosporas se depositan en la hoja en la cara inferior haciendo un reconocimiento de las estomas desarrollados como su superficie donde germinarán. (Anacafe, 2015)

7.7. Penetración:

Ya en el interior de la hoja, el patógeno desarrolla estructuras llamadas haustorios que entran en contacto con las células de la planta para extraer sus nutrientes y favorecer su crecimiento. Las células parasitadas pierden su coloración natural, apreciándose en las hojas manchas cloróticas que corresponden a los síntomas de la enfermedad. Es la etapa en la cual la espora

germinada, penetra a través de las estomas de la hoja, hasta la cámara subestomática, el hecho de que para la penetración se necesitan estomas bien formadas, permite explicar las razones por las cuales las hojas jóvenes con maduración de estomas incompleta son menos receptivas que las hojas adultas. Es en esta etapa cuando se establece la relación patógeno-hospedero, y empieza la infección de manera más estricta (Kushalapa, A, 1999)

7.8. Esporulación

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.

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 uredosporas a razón de 1,600 por milímetro cuadrado del área de la hoja, luego estas uredosporas serán dispersadas para dar inicio a un nuevo ciclo infectivo.

Reportes indican que el periodo de latencia de la roya, que comprende el tiempo que transcurre desde el momento de la infección hasta la producción de esporas, puede durar de 34 a 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra. El ciclo de vida del hongo se alcanza a repetir muchas veces en un cultivo durante el mismo periodo de cosecha, por lo que se considera a la roya del café como una enfermedad policiclíca. Cambios afuera del régimen normal de lluvias y temperaturas, favorecen un mayor desarrollo de la enfermedad, no importando la altura sobre el nivel del mar. Además de la lluvia, el viento, insectos y el hombre, contribuyen a la dispersión del hongo. (Kushalapa A, 1989)

7.9. Epidemiología

Hemileia Vastatrix necesita condiciones particulares para parasitar las hojas de la planta de café. En general, requiere de la salpicadura del agua de lluvia para iniciar el proceso de dispersión entre hojas y entre plantas, así como de la presencia de una capa de agua en el envés de las hojas para germinar, todo esto acompañado de temperaturas entre 16 y 18 °C y condiciones de baja intensidad luminosa. Existe una fuerte relación entre el desarrollo de la enfermedad y diversos factores como: la lluvia, la temperatura, la carga fructífera, la época de cosecha, el inóculo residual, entre otros. (Joshep, 1989)

7.10. Lluvia

El agua es esencial para la dispersión y germinación de las especies del hongo, la existencia de una epidemia de roya del café requiere lluvia, las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas. Favorece la germinación de las uredosporas y el transporte de estas hasta la depositación sobre la hoja. Se han encontrado proporciones de alta incidencia de roya que ha coincidido con el establecimiento definitivo de la estación lluviosa, así mismo bajas incidencias que coincidieron con niveles bajos de régimen pluvial (IICA & Estévez, 1995).

Según Garcia (2013) en un estudio realizado en Guatemala, la enfermedad empezó su desarrollo en los meses de junio y julio, lo que tiene su relación con el periodo lluvioso. Este conocimiento sirve de base para realizar aplicaciones de productos preventivos, recomendadas en los meses de febrero a marzo. En consecuencia, ambientales con precipitaciones constantes, especialmente en horas de la tarde o en la noche, con ocurrencia de cielos nublados que impidan temperaturas muy altas después de mediodía, o de temperaturas muy bajas en las horas de la madrugada, son propicios para el desarrollo de epidemias fuertes de roya.

7.11. Temperatura

En Nicaragua, las temperaturas más altas para el café se encuentran alrededor de los 600 msnm, mientras que los más bajos en alturas superiores a los 1500 msnm; así que, en términos

generales, las altitudes óptimas para café están ubicadas entre 900-1200 msnm. (Harold; G, 2017)

Bajo condiciones favorables para la enfermedad 18°C y 27°C las uredosporas germinan dentro de las primeras 72 horas, produce síntomas tempranos entre los 12 a 20 días de la infección y genera nuevas uredosporas en las lesiones entre otros 18 a 25 días, los cambios de temperatura generan estrés en las plantas de café y crea ambientes precisos para desencadenar epidemias de roya. El período de incubación se acorta extremadamente cuando las temperaturas no son ni muy excesivas ni muy bajas. A una altitud de 1200 m, los períodos de latencia se alargaron debido a las temperaturas más bajas. De lo anterior, se puede determinar que los máximos de infección y la forma de la curva de progreso varían con respecto a la altitud. A una mayor altitud los niveles de infección alcanzados son menores (Avelino & Rivas, 2013).

7.12. Carga fructífera

La incidencia de roya puede llegar a ser muy alta con una carga fructífera mayor a los 200 nudos productivos por planta. Tomando en cuenta que la producción de café se desarrolla de manera bienal, años de altos rendimientos, seguidos por años de bajos rendimientos las medidas de control preventivo son más necesarias cuando se está frente a un año de alto rendimiento. Varios estudios realizados han demostrado que existe una fuerte relación positiva entre la carga fructífera y la incidencia de la roya del café. Lo anterior fue corroborado también en un estudio realizado en Guatemala. En dicho estudio se encontró que en ambos sistemas la incidencia fue menor en plantas sin producción o con poca producción. Las diferencias fueron más marcadas con la severidad, ya que la producción influye sobre el hongo, modificando la fisiología de la planta (Santacreo Ponce, 2011)

7.13. Factores edafoclimáticos del cultivo del café

7.3.1. Clima

El café se puede cultivar en un rango de altitud de 400 a 2000 msnm, pero la zona altitudinal que ofrece mejores condiciones para obtener buena calidad está entre los 1000 a 2000 msnm

dependiendo de la latitud en el trópico o subtropical. Los cafés cultivados a mayor altitud suelen desarrollar mejores atributos de acidez, sabor, aroma y calidad de la bebida. La temperatura óptima está entre 18 °C y 25 °C con extremos de 17 °C a 23 °C, por encima de la temperatura promedio de 24 °C se acelera el crecimiento vegetativo, limitando tanto la floración como el llenado de los frutos (Cenicafé, 2011).

Cuando las precipitaciones son por debajo de 1000 mm hay una reducción en la producción, y cuando superan los 3000 mm hay proliferación de enfermedades y pérdidas de nutrientes en el suelo. La humedad relativa deseada para el cultivo de café tanto en los meses secos y lluviosos es del 70 al 95% (Cenicafé, 2011).

7.3.2. Suelo

El resultado de las formaciones del suelo bajo condiciones climáticas variable, son importantes para el cultivo de café. El suelo y subsuelo deben tener un buen drenaje y en general, se prefiere suelos profundos de color oscuro derivados de cenizas volcánicas y con abundante materia orgánica. Los mejores suelos para el cultivo del café son los francos, de buena profundidad efectiva, con estructura granular, una buena aireación y permeabilidad. Los suelos con pH por debajo de 5 y por encima de 6.5 dificultan la nutrición del cultivo.

Los nutrientes de nitrógeno, potasio y fósforo son los que se requiere en gran cantidad y calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, manganeso, boro y cobre en menor cantidad. Un exceso de nitrógeno puede reducir la densidad y la calidad del grano como también un desbalance de hierro, zinc, calcio potasio pueden afectar negativamente la calidad de la bebida del café (Incer, 2019)

7.14. Incidencia de la roya y las principales prácticas de manejo

Existen prácticas de manejo que pueden reducir el impacto de la roya. Sin embargo, ninguna práctica utilizada de forma independiente, logrará resultados eficientes. Prácticas de manejo, como la fertilización, aplicación de fungicidas, Sombra del café, pueden ayudar a amortiguar los efectos de la enfermedad (Agrios, 2011) A continuación, se hace mención de algunas prácticas importantes, con una breve descripción de su efecto ante la enfermedad.

7.15. Manejo de Sombra en los cafetales

Tradicionalmente, en Nicaragua el café se ha cultivado bajo sombra, por lo que debe considerarse su manejo en forma apropiada, con el fin de lograr un balance de luminosidad, tomando en cuenta que el uso de sombra muy densa, como el exceso de radiación solar, tiene efectos negativos en la producción sostenida. Sin embargo, un exceso de sombra o un mal manejo puede crear condiciones favorables para el desarrollo de ciertas plagas y enfermedades perjudiciales al cultivo de café (Silva, 2001)

Reportes de estudios, indican que la sombra reduce los ataques de roya anaranjada porque con esta condición se reduce la carga fructífera, pero las condiciones de microclima son mejores para el patógeno bajo sombra. Por lo tanto, es posible encontrar más altas incidencias de roya anaranjada a pleno sol que bajo sombra, si la carga fructífera es más elevada a pleno sol. Pero si las cargas fructíferas son equivalentes, se tendrá mayor incidencia bajo sombra. (Almengor, 2015) Con una mayor carga fructífera, las plantaciones de café al sol, incrementan su proceso fotosintético, que, de no ser atendidas con programas de manejo adecuado acordes a su rendimiento, se agotarán prematuramente.

Por otro lado, si se analiza la sombra desde el punto de vista microclimático, principalmente con las precipitaciones, su relación con la roya puede ser más compleja. Cuando las precipitaciones son de baja intensidad y de poca duración, la sombra puede evitar su llegada hasta las plantas de café; por lo tanto, esta acción no favorece la propagación del patógeno. Sin embargo, con lluvias intensas y de larga duración, las hojas de los árboles reducen el impacto fuerte de la lluvia sobre los cafetos, pero forman grandes gotas que, al caer sobre las hojas de café con roya, pueden provocar, por su impacto, una mayor dispersión en seco de las esporas. Así mismo, la sombra regula las temperaturas (Duicela, 2011)

7.16. Manejo de tejido en los cafetales

La caficultura tiene como objetivo la competitividad de las empresas cafetaleras, buscando a través de la innovación hacer más eficientes los procesos productivos. En este sentido, el incremento o mantenimiento de rendimientos por unidad de área es fundamental. Los

sistemas de manejo se definen en función de la altura a la que se realiza el corte en el tallo de la planta, considerando el grado de agotamiento que esta presenta (IICA & Estévez, 1995)

De manera natural las producciones en el cultivo del cafeto tienen un comportamiento bienal, con altibajos en los volúmenes de producción no deseados. El agotamiento de las plantaciones puede ocurrir por factores como la poca fertilidad de los suelos, excesos de producción, edad, ataque de plagas y enfermedades y pérdida de tejido productivo natural. Considerando que el cafeto no produce en tejido donde ya hubo producción, el manejo del tejido productivo es el mejor medio para lograr que las plantas agotadas, emitan nuevo y abundante tejido para alcanzar los rendimientos deseados (IICA & Estévez, 1995)

La poda y deshija de los cafetos se han considerado por años como prácticas de manejo importantes para mejorar la productividad de plantaciones fuertemente agotadas. Se ha determinado que su implementación en el momento oportuno y de la forma adecuada, en combinación con otras prácticas de manejo puede disminuir en un 35 % la incidencia de roya del café, su efecto puede estar más relacionado en la reducción del inóculo residual, ya que se pueden eliminar las hojas enfermas que quedan después de la cosecha, la que coincide con los picos de roya (Anacafe, 2015)

7.17. Control químico de la roya del café

Cuando se tienen condiciones climáticas óptimas para la roya, ningún sistema de manejo o de prácticas independientes logrará mantener la enfermedad a niveles bajos. Por lo tanto, necesariamente se tendrá que recurrir a prácticas de control específicas basadas en el uso de químicos. Este control químico está basado en el uso de productos cúpricos y sistémicos. Sin embargo, es oportuno señalar que el éxito de su aplicación depende de la implementación de otros factores como: época oportuna de las aspersiones, muestreo comercial para evaluar la eficiencia del producto, número y frecuencia de aplicaciones por año, fungicidas y dosis técnicamente recomendados y buena cobertura en el envés de la hoja, interpretada como calidad de la aplicación de acuerdo con los índices de incidencia de la roya en las plantas de café.

7.17.1. Productos cúpricos

Son productos a base de cobre, se les conoce como preventivos o protectores y actúan formando una capa protectora sobre el envés de las hojas del cafeto, con el fin de evitar la germinación de las esporas de la roya y la invasión de estas a su tejido interno, con la particularidad de proteger a las plantas. Por lo tanto, los programas de control deben iniciarse antes que el hongo llegue al tejido. Por no tener acción sistémica, los fungicidas de contacto no tienen propiedades curativas, razón por la que en las partes de las hojas que fueron infectadas antes de las aspersiones, la enfermedad seguirá avanzando.

Los más utilizados han sido oxiclóruo de cobre, hidróxido de cobre y óxido de cobre. En un reciente estudio realizado en Guatemala por (Agrios, 2011). Ellos recomiendan que estos productos deben aplicarse cuando se tenga menos del 10% de incidencia, con 4-5 aplicaciones (una última durante la cosecha), para ver resultados positivos.

7.17.2. Fungicidas sistémicos

Los fungicidas sistémicos tienen la capacidad de penetrar en la planta y moverse en forma translaminares es decir que pueden ir del haz al envés de la hoja, pudiendo desplazarse por el mesófilo, el parénquima y hasta llegar cerca de la endodermis. Estos productos tienen la particularidad de traslocarse y redistribuirse dentro de la planta, una vez que son captados por la misma. Son considerados curativos, con capacidad de proteger a la planta por un período mayor y la ventaja de que su rendimiento es menos influenciado por el método de aspersión. (García, 2013)

Los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles (cyproconazole, triadimefon, hexaconazol, propiconazol) han reportado buen efecto de control sobre la roya. Su mecanismo de acción está relacionado con la actividad sobre las mitocondrias del hongo, inhibiendo el transporte de electrones de la cadena respiratoria. Todos estos productos con efectos preventivos y curativos. El bloqueo en la formación de una molécula específica de la roya llamada Ergosterol y la última llamada strobilurinas, mediante un proceso llamado desmetilación, razón por la que a estos fungicidas se les conoce como Inhibidores de Desmetilación (DMI) (Avelino & Rivas, 2013).

7.18. Descripción de las alternativas a utilizar en el estudio

7.18.1. Floxastrobin

Fungicida de acción sistémica perteneciente al grupo de estrobilurinas de última generación. El producto tiene una fuerte acción Preventiva, curativa y antiesporulante, con un amplio espectro de acción sobre numerosas enfermedades ocasionadas por hongos pertenecientes a las familias de los Basidiomicetos, Ascomicetos Deuteromicetos y Oomicetos en diversos cultivos, presentando una elevada retención y una rápida penetración en la hoja y distribución dentro de la planta lo cual incrementa su actividad (Arysta, 2017).

Tabla 1. Descripción Fluoxastrobin

Nombre químico	(<i>E</i>)-{2-[6-(2-clorofenoxi)-5-fluoropirimidin-4-iloxi]fenil}(5,6-dihidro-1,4,2-dioxazin-3-il) metanona <i>O</i> -metiloxima
Nombre común	Fluoxastrobin (ISO)
Modo de acción	Se absorbe rápidamente a través de la hoja hasta alcanzar los tejidos vasculares para moverse acropétalmente por efecto de la transpiración, lo que permite una redistribución uniforme del ingrediente activo dentro de la hoja dando una excelente protección. La absorción por semillas y raíces es mucho menor.
Mecanismo de acción	de Tiene efecto preventivo, curativo y anti-esporulante sobre un amplio rango de enfermedades fungosas. Afecta a las fases iniciales de la infección fúngica, germinación de esporas, desarrollo del tubo germinativo y penetración de hifas en las hojas, así como al desarrollo de los micelios. El producto es estable en el suelo con una vida media de 16.2-119 días. La fotodegradación y la volatilización son poco importantes. No se lixivia. En el complejo agua/sedimento, en condiciones aerobias, su vida media es de 2-5 días.

Fuente: (Arysta, 2017)

7.18.2. Futriafol

Es un fungicida de amplio espectro que pertenece al grupo químico de los triazoles, su forma de actividad es sistémica, traslaminar y acción de vapor con efecto preventivo y erradicante. Funciona principalmente contra basidiomicetos y ascomicetos. Tiene propiedades erradicante y preventivas, es muy activo en fase de vapor, previene durante 4 a 8 semanas antes de la infección y su acción curativa de 3 a 4 semanas después de haberse presentado la infección (Edifarm, 2018).

Tabla 2. Descripción Flutriafol

Nombre químico	(<i>RS</i>)-1-(2-fluorofenil)-1-(4-fluorofenil)-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-il) etanol, o bien, á-(2-fluorophenyl)-á-(4-fluorophenyl)-1 <i>H</i> -1,2,4-triazole-1-ethanol (CAS), o bien, <i>RS</i>)-2,4á-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-ylmethyl) benzhydryl alcohol (IUPAC).
Nombre común	Flutriafol (ANSI, EPA, ISO)
Modo de acción	Se absorbe por el follaje rápidamente con acción acropetala, con un movimiento ascendente por el xilema, esto ocurre principalmente en 24 horas después de la aplicación, penetrando en una 35 a 45% en las primeras 24 horas después de la aplicación. Cuando flutriafol está dentro de la planta, no se acumula en el punto de entrada, sino que se difunde en los tejidos del mesófilo. Una parte de flutriafol se mueve a las células del parénquima, cerca de la endodermis y la mayor parte del producto se mueve en la planta en sentido de la corriente de la transpiración en una red de interconexiones de las paredes celulares.
Mecanismo de acción	Inhibe la biosíntesis de Ergosterol causando un colapso de las paredes celulares y la inhibición del crecimiento de hifas, funciona por contacto y de forma sistémica con acción protestante y erradicante.

Fuente: (Terralia, 2018)

7.18.3. Hexaconazole

Fungicida de acción sistémica perteneciente al grupo de los triazoles para el control de hongos Basidiomicetos, Ascomicetos y Deuteromicetos, con acción preventiva, curativa, erradicante y anti-esporulante (TECNOAGRICOLA, 2019).

Tabla 3. Descripción Hexaconazole

Nombre químico	(RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1 H-1,2,4-triazol-1-yl) hexan-2-ol
Nombre común	Hexaconazole (ISO-1)
Modo de acción	Penetra a través de la hoja de forma translaminar y una vez absorbido se difunde por el xilema a otras partes de la planta hasta alcanzar los tejidos internos de la misma de forma acropétalmente, lo que permite una redistribución uniforme del ingrediente activo dentro de la hoja.
Mecanismo de acción	Tiene efecto preventivo, curativo y anti-esporulante para el control de diversos hongos dañinos. Impide la biosíntesis del Ergosterol por Desmetilación de los esteroides con lo que altera la estructura y funcionamiento de la membrana celular, acumulando ácidos grasos provocando un crecimiento fungal anormal y posteriormente la muerte del hongo

Fuente: (TECNOAGRICOLA, 2019)

VIII. HIPÓTESIS

Una de las tres alternativas de control químico evaluadas a base de triazoles es superior al testigo (hexaconazol), mostrando mejor resultado en días control de *Hemileia vastatrix*.

IX. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1. Ubicación Geográfica

El estudio se llevó a cabo en la comunidad San Pedro de Buculmay del municipio de Jinotega departamento de Jinotega está ubicado en la región central norte de Nicaragua, entre las coordenadas 13.1873667 -85.8895551 Latitud: **13.1821** Longitud: **-85.8982** a 166 Km de la capital (Google Maps, s.f). Se caracteriza por ser de clima tropical, la temperatura media oscila entre los 20° y 22° centígrados. Presenta condiciones edafoclimáticas propicias para el desarrollo de una alta diversificación productiva, entre las que se destacan el café de altura y sombra, siendo la caficultura la principal actividad agrícola de la zona, siendo esta la mayor fuente de ingresos económicos. Del total de fincas reportadas para la actividad agropecuaria, existen 3,824 fincas dedicadas a la producción de café; lo que representa un total 13,565 hectáreas (INIDE, 2017). **Ver anexo 1.**

9.2. Enfoque, alcance de la investigación experimental

La investigación es de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo, cuyo objeto de estudio es la prueba de triazoles en el cultivo de café, para control de *Hemileia vastatrix* para plantas susceptibles a Roya.

9.3. Descripción de unidad de análisis experimental

El ensayo se estableció en una plantación de café variedad Caturra en etapa de producción, que constará de cuatro bloques, en donde se definirán un área de cinco surcos, constituido por 7 plantas. Cada unidad experimental estará constituida por 35 plantas para un total de 560 plantas y se tomarán 3 plantas y en cada planta se muestrearán los tres estratos, siendo estos hijos.

Tabla 4. Tratamientos

No.	Tratamiento	Dosis
T1	Floxastrobin + Futriafol	150cc x B/125cc x B
T2	Floxastrobin + Futriafol	190cc x B/125cc x B
T3	Floxastrobin + Futriafol	250cc x B/125cc x B
T4	Hexaconazol	400 cc/Barril

9.4. Definición de variables con su operacionalización

Tabla 5. Variables con su operacionalización

Objetivos específicos	Variable	Definición conceptual	Subvariable	Indicadores	Medidas de expresión	Fuente	Instrumento
Analizar el comportamiento epidemiológico de <i>Hemileia Vastatrix Berk & Br</i> en <i>Coffea arabica</i> L., en cuanto a incidencia, bajo cuatro alternativas de control químico.	Comportamiento epidemiológico	Número de hojas con roya entre el total de hojas	Incidencia de la enfermedad	Porcentajes de hojas enfermas	Porcentaje	Planta	Formato de muestreo CATIE y SENESA
		Efecto de los tratamientos sobre comportamiento epidemiológico	Nivel de control de las alternativas	Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)	Porcentaje	Planta	Formato de muestreo CATIE
Determinar la alternativa de control más eficaz para el control de la roya a través de las alternativas propuestas.	Alternativas de control	Número de hojas infestadas que no se caen de la bandola	Retención foliar	N° hojas por unidad de observación	Porcentaje	Planta	Formato de muestreo CATIE Hoja de cálculo

Objetivos específicos	Variable	Definición conceptual	Subvariable	Indicadores	Medidas de expresión	Fuente	Instrumento
Diseñar plan de acción como propuesta para prolongar los días control en el manejo eficiente de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br en <i>Coffea arabica</i> .	Plan de acción para manejo	Número máximo de días en que el producto ejerce su trabajo.	Días control	Días después de la aplicación donde el comportamiento epidemiológico de <i>H. vastatrix</i> muestra la reaparición de la enfermedad	Días	Parcela	Formato de muestreo CATIE Calendario

9.5. Diseño Experimental

El diseño experimental fue un bloque al azar con un modelo 4x4, es decir cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Bloque) para un total de 16 Unidades Experimentales (UE), el área total del ensayo es de 984 m² entre los cuales por el efecto de borde se dejarán dos surcos en ambos lados de la parcela, así como cuatro plantas tomando datos de los tres estratos entre las parcelas de cada bloque; y al azar cada tratamiento, **ver anexo 3**.

9.6. Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de los datos

El estudio es de tipo experimental observacional, la técnica que se utilizó para la recolección de datos será la observación utilizando como instrumento la hoja de campo. Todos los datos para las variables, se tomarán con una periodicidad de 15 días, considerando el efecto de los tratamientos a utilizar, **ver anexo 2**.

Definir como se tomará cada una de las variables

Incidencia de la enfermedad: El ensayo se estableció en un cafetal adulto que tiene una densidad poblacional de 4000 plantas por manzanas, de variedad Caturra por consiguiente presenta susceptibilidad a *Hemileia Vastatrix*, Se utilizará tabla propuesta por Formato de muestreo CATIE en donde se tomaran datos cada 15 días, en todos los estratos. Se realizarán los muestreos en horas de la mañana, 8:00 am

Nivel de control de las alternativas: Se llevo a cabo la valoración del efecto de los tratamientos sobre comportamiento epidemiológico de *Hemileia Vastatrix* teniendo en cuenta el área bajo la curva de progreso de la enfermedad donde se muestrean los valores más bajos o más altos, según el porcentaje de infección (AUDPC)

Retención foliar: Para la toma de datos iniciales, se realizó un primer muestreo antes de aplicar los tratamientos luego se comparará con los demás muestreos realizado en la evaluación, para saber la cantidad de hojas por bandolas que permanecen activas aun con la presencia de patógenos

Días control: Días después de la aplicación se tomaron los resultados obtenidos en los muestreos para constatar el nivel de control de alternativas para generar el plan de acción enfocado a la en prolongar los días control en el manejo eficiente de *Hemileia vastatrix* en *Coffea arábica*.

9.7. Procesamiento y análisis de la información

Los datos se procesaron en InfoStat, realizando análisis descriptivo, Test de normalidad con Shapiro Wilk para ver si los datos son normales y de aprobarse se realizará mediante un ANOVA al 95% de confianza, las variables que presenten diferencia estadística entre los tratamientos se les realizará una prueba de separación de medias de Duncan ($p < 0.05$). En caso de que los datos no sean normales se les aplicará la prueba para datos no normales de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis.

9.8. Consideraciones éticas

La utilización de productos químicos se realizó de acuerdo a dosificaciones recomendadas por la casa comercial, esto con el objetivo de evitar la residualidad de dichos productos tanto a nivel de suelo, como en el follaje de las plantas, lo que podría ser perjudicial para la salud humana y el ambiente.

9.9. Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de los datos

La técnica que se utilizaron para la recolección de datos fue la observación, la cual estuvo acompañada de una guía de observación y levantamiento de datos que contendrá las variables a evaluar en el estudio.

Para lograr medir la incidencia de la enfermedad, se utilizó la metodología planteada por (SENASA S. , 2003) en la cual plantea que de las 3 plantas a muestrear por unidad experimental; se eligen 3 ramas al azar las cuales deben corresponder al estrato alto, medio y bajo y se muestrean 10 hojas por cada estrato.

Incidencia de la enfermedad: El ensayo se estableció en un cafetal adulto que tiene una densidad poblacional de 4000 plantas por manzanas en la ciudad de Jinotega, de variedad Caturra por consiguiente presenta susceptibilidad a *Hemileia Vastatrix*, Se utilizó tabla propuesta por Formato de muestreo CATIE en donde se tomaran datos cada 15 días, en todos los estratos. Se realizarán los muestreos en horas de la mañana, 8:00 am

Nivel de control de las alternativas: Se llevó a cabo la valoración del efecto de los tratamientos sobre comportamiento epidemiológico de *Hemileia Vastatrix* teniendo en cuenta el área bajo la curva de progreso de la enfermedad donde se muestrean los valores más bajos o más altos, según el porcentaje de infección (AUDPC)

Retención foliar: Para la toma de datos iniciales, se realizó un primer muestreo en el día 0 antes de aplicar los tratamientos luego se comparará con los demás muestreos realizado en la evaluación, para saber la cantidad de hojas por bandolas que permanecen activas aun con la presencia de patógenos.

Días control: Días después de la aplicación se tomaron los resultados obtenidos en los muestreos para constatar el nivel de control de alternativas para generar el plan de acción enfocado en prolongar los días control en el manejo eficiente de *Hemileia vastatrix* en *Coffea arabica*.

9.10. Aplicación de la técnica o instrumento para la recolección de los datos

Las visitas para la recolección de la información se realizaron con una periodicidad de quince días y se realizarán mediciones durante el periodo del 02 de septiembre al 22 de noviembre 2023; de cada sub parcela se muestrearán 3 plantas considerando estrato alto, medio y superior, una vez seleccionadas las plantas y los estratos; todos los muestreos se realizarán en las mismas plantas y bandolas en la que se realice el primero; esto por el efecto de borde considerado en el estudio.

Tras el primer muestreo, el cual se realizó antes de hacer la primera aplicación de las alternativas químicas, se tomaron muestras de hojas con la finalidad de hacer un análisis fitopatológico para corroborar la presencia de *H. vastatrix* y hacer una comparación por cada muestreo. Las aplicaciones se realizarán posterior al muestreo.

9.11. Diseño Experimental

El diseño experimental que se usó fue un Bloque Completo al Azar (BCA) con un modelo 4x4, es decir cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Bloque) para un total de 16 unidades experimentales, Cada unidad experimental estará constituida por 35 plantas para un total de 560 plantas y se tomarán 3 plantas y en cada planta se muestrearán los tres estratos, siendo estos fijos, el área total del ensayo es de 984 m² entre los cuales por el efecto de borde se dejarán dos surcos en ambos lados de la parcela, así como tres plantas tomando datos de los tres estratos entre las parcelas de cada bloque; y al azar cada

Tabla 6. Distribución de los tratamientos en los Bloques

B1	T1	T3	T2	T4
B2	T2	T4	T3	T1
B3	T3	T1	T4	T2
B4	T4	T2	T3	T1

9.12. Procedimiento para el análisis de resultados

Los datos se procesaron en InfoStat versión libre, realizando análisis descriptivo, Test de normalidad con Shapiro Wilk para ver si los datos son normales mediante un ANOVA al 95% de confianza, las variables que presenten diferencia estadística entre los tratamientos se les realizará una prueba de separación de medias de Duncan ($p < 0.05$). En caso de que los datos no fueron normales se les aplicó la prueba para datos no normales de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El siguiente acápite se presentan los principales resultados encontrados en el estudio sobre alternativas de control químico de Roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), considerando las variables de incidencia, área bajo la curva, retención foliar, control y plan de acción.

10.1. Incidencia de la enfermedad

La siguiente grafica muestra que el tratamiento 2 (Floxastrobin + Futriafol 190cc x B/125cc x B) tiene un resultado más efectivo que el resto de tratamientos donde se ve la disminución gradual de la incidencia de *Hemileia vastatrix*, disminuyendo desde un 23% en el muestro inicial a un 4.5% en el muestro final (séptimo muestro).

El tratamiento 1 (Floxastrobin + Futriafol 150cc x B/125cc x B), logro bajar la incidencia de 22% a un 5.68 %. El tratamiento 3 (Floxastrobin + Futriafol 230cc x B/125cc x B) logro bajar la incidencia de 27% a un 10%. Tratamiento 4 (Hexaconazol 400 cc/Barril) fue el menos efectivo, teniendo una incidencia al inicio del estudio de un 22% y al final con 12.5 % al concluirlo. (Figura 1).

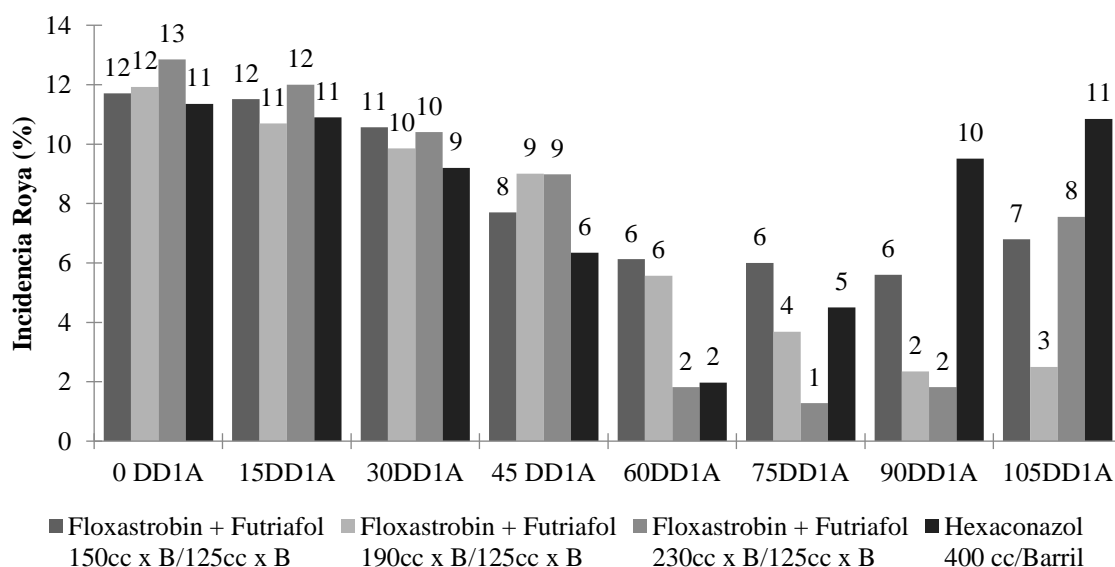


Figura 1. Incidencia de la enfermedad

Según estudios realizados por ANACAFE (2022) presentan el comportamiento de la Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.) para el mes de abril 2022. Esta información se generó tomando como base los muestreos realizados en las diversas Unidades Productivas de Centroamérica, como parte del Sistema de Monitoreo y Vigilancia de la Roya. El promedio Nacional de incidencia en abril de 2022 fue de 5.87%. Esta incidencia es 0.7% más alta que la registrada en el mismo mes de 2021. Corroborando que el uso de control químico a base de triazoles causa un control significativo a la enfermedad.

10.2. Retención Foliar

No se encontró diferencia significativa para la retención foliar, de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis dando un p-Valor de >0.9999. En la figura 2 se muestra el comportamiento durante los ocho recuentos desde el inicial hasta el final mostrando un porcentaje de retención foliar el tratamiento 3 Floxastrobin + Futriafol, 230cc x B/125cc x B, seguido del testigo Hexaconazol (400cc/Barril).

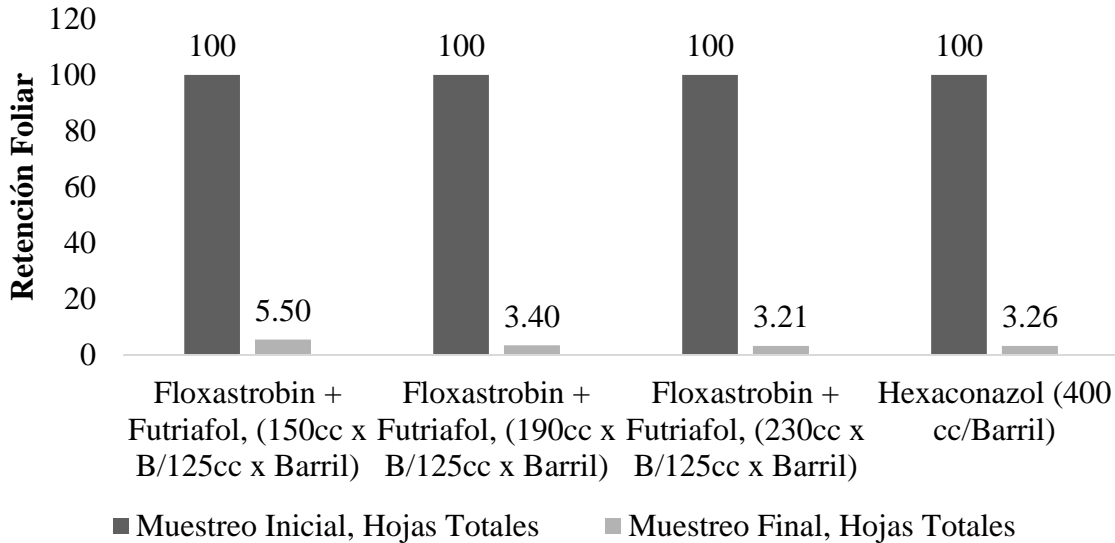


Figura 2. Retención Foliar

10.3. Área bajo la curva de la enfermedad (AUDPC)

Para la variable Área bajo la curva de la enfermedad (AUDPC) no se observó diferencia estadística para los primeros 30 días, obteniendo un p-Valor de 0.5231, a partir del día 45 si se mostraron diferencias significativas con p-Valor de 0.0115. Por tanto, en la figura 2 se refleja el comportamiento de los tratamientos. Siendo el Hexaconazol quien presento menor variabilidad en cuanto al AUDPC, esto debido a que a días incidencia no presento diferencias entre el día cero al día 105. En cambio, para las tres alternativas de control quien presento mejor eficiencia fue el Floxastrobin + Futriafol, 190cc x B/125cc x B. Esto se debe el efecto ejercido por los tratamientos provoco una disminución en la incidencia de la enfermedad, a través del tiempo.

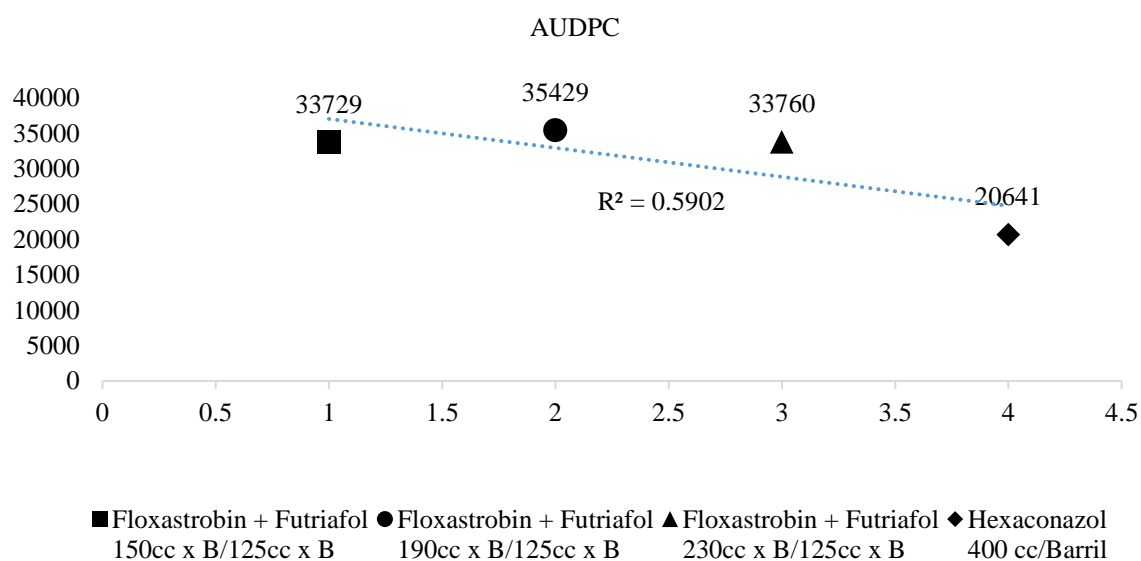


Figura 3. Área bajo la curva de la enfermedad (AUDPC)

La presencia de *H. vastatrix* en países centroamericanos representes en países como Nicaragua entre ellas las regiones de Jinotega y Matagalpa por su microclima apto para una fuente potencial de inóculo de la roya, según estudios realizados por (Mercon, 2013) hace referencia al control de fungicidas sistémicos para maximizar los controles de urediosporas en cultivos de café susceptibles a la roya minorando los niveles de propagación.

10.4. Días control

De acuerdo a la figura 4, no se encuentran diferencias significativas con p-Valor de 0.9999. Es importante mencionar que los días a control después de la aplicación donde el comportamiento epidemiológico de *Hemileia vastatrix* muestra la reaparición de la enfermedad, donde el tratamiento 3 (Floxastrobin + Futriafol 250cc x B/125cc x B), podemos observar que hasta los 30 días después de la aplicación realiza el control haciendo una reducción total al día 105, seguido del tratamiento 4 (Hexaconazol 400 cc/Barril), realizando un similar al tratamiento de control 3 (Figura 6).

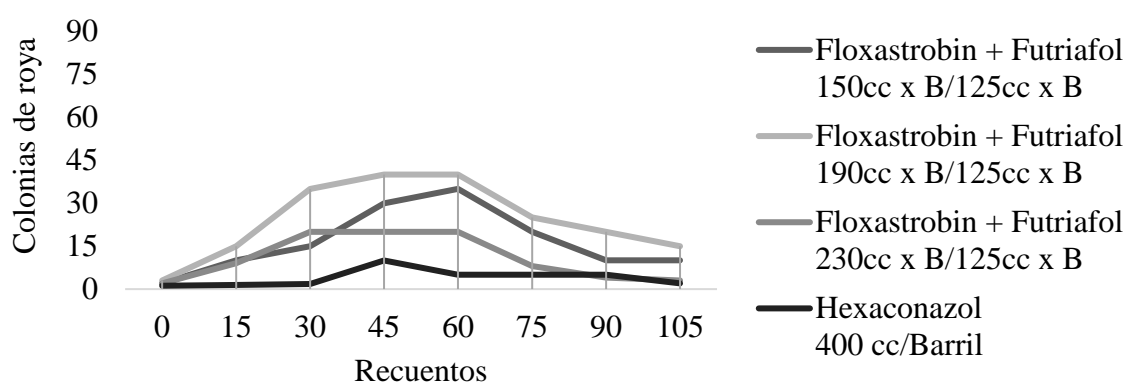


Figura 4. Días de control

Investigaciones realizadas en Costa Rica Barquero (2013), menciona que los Triazoles han mantenido un adecuado control de la enfermedad con una dosis de 400 cc/ha, su mecanismo de acción se basa en impedir la producción de una sustancia esencial para el crecimiento del hongo llamada ergosterol, reduciendo la incidencia de la roya.

Desde los años 70 se ha presentado la roya en el país Avelino *et al*, (1999); el mayor daño causado por esta enfermedad en Nicaragua fue reportado en los ciclos comprendidos de 2011/2012 y 2012/2013 periodo en el cual se reportó una afectación del 32% (13,620.6 ha en 2011/2012 y 13581.12 ha en 2012/2013), en Jinotega se reportó un 53% de afectación mayor que los demás departamentos (FUNIDES, 2013) lo cual provocó bajas muy considerables en el PIB generado y las exportaciones (Mercon, 2013) ; actualmente los productores temen un nuevo brote de roya a pesar de contar con variedades más resistentes, esto debido a la falta de financiamiento para poder mejorar el manejo agronómico que dan a sus plantaciones.

10.5. Plan de acción para el control de *Hemileai vastratrix*

El estudio tiene como objetivo principal la propuesta de un plan de acción para contrarrestar las afectaciones de roya en la ciudad de Jinotega en base a las alternativas propuestas en dicha investigación.

Llegando a la conclusión de que, realizando acciones de muestreo constantes, control cultural y control químico siendo está el objetivo principal de la estrategia contra la roya del café. Los fungicidas sistémicos en base a triazoles tales como Floxastrobin y Futriafol ambos Tiene efecto positivo en cuento a roya. Afectando las fases iniciales de la infección fúngica. Absorbe por el follaje rápidamente con acción acropetala, con un movimiento ascendente por la xilema, esto ocurre principalmente en 36 a 48 horas después de la aplicación, penetrando en una 35 a 45% en los primeros días después de la aplicación. Cuando ambos productos están dentro de la planta, no se acumula en el punto de entrada, sino que se difunde en los tejidos del mesófilo. Inhibiendo la biosíntesis de Ergosterol causando un colapso de las paredes celulares y la inhibición del crecimiento de hifas, funciona por contacto y de forma sistémica con acción protestante y erradicante.

Las Alternativas químicas Floxastrobin + Futriafol a (250cc x Barril /125cc x Barril) iniciando su efecto curativo a los 15 días desde de la aplicación. El mecanismo preventivo y anti-esporulante a partir de los 45 días donde una sola aplicación realizo un control de 105 días bajando los niveles de incidencia y severidad de la enfermedad lo que implica una reducción radical en cuanto aplicaciones foliares para controlar dicha enfermedad.

Esta información está destinada a ser utilizada por personal cualificado y experimentado para identificar y concientizar acerca de los equipos de protección contra productos químicos según el INSHT (2018) es importante evitar que éstos entren en contacto directo con la piel. Esto es una forma de controlar un riesgo de exposición (tipo de sustancia, mezcla, concentración, temperatura, nivel de exposición, etc.) que requieran el uso de Ropa de Protección contra Productos Químicos, por lo que es responsabilidad del usuario determinar el nivel de toxicidad y el equipo de protección individual adecuado que precisa bajo su propio riesgo.

XI. CONCLUSIONES

La roya del cafeto -*Hemileia vastatrix* Berk y Br.- es una enfermedad de alta importancia económica. El desafío de mantener controlada la enfermedad ha llevado a implementar diferentes técnicas, entre ellos el control químico, como componente del Manejo Integrado de la Roya siendo este el más utilizado para hacer frente a la enfermedad (CEDICAFE, 2022)

Se recomienda utilizar el programa fitosanitario a base de moléculas y dosis ((Floxastrobin + Futriafol 250cc x B/125cc x B) cada 45 días durante 4 meses ya que baja comportamiento epidemiológico de *Hemileia vastatrix* en *Coffea arábica* en cuanto a incidencia.

La alternativa de control más eficaz para el control de la roya a través del cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad y comparación de las mismas es el fitosanitario (Floxastrobin + Futriafol 250cc x B/125cc x B)

XII. RECOMENDACIONES

Para el mejorar la rentabilidad de la planta de café es recomendable tomar medidas preventivas en los controles sistemáticos en las etapas de producción; la cual permita mejorar la consistencia y la calidad del café, esto se lo realiza mediante la aplicación de buenas prácticas agrícolas para café.

Se recomienda implementar los programas fitosanitarios en época temprana a los niveles altos de roya, debido que en la práctica la incidencia de dicho en enfermedad era alta cuando se inició la evaluación.

Una buena prevención y monitoreo de las plantas hará que las plantaciones de café sean plantas sanas y productoras durante muchos años.

XIII. BIBLIOGRAFIA

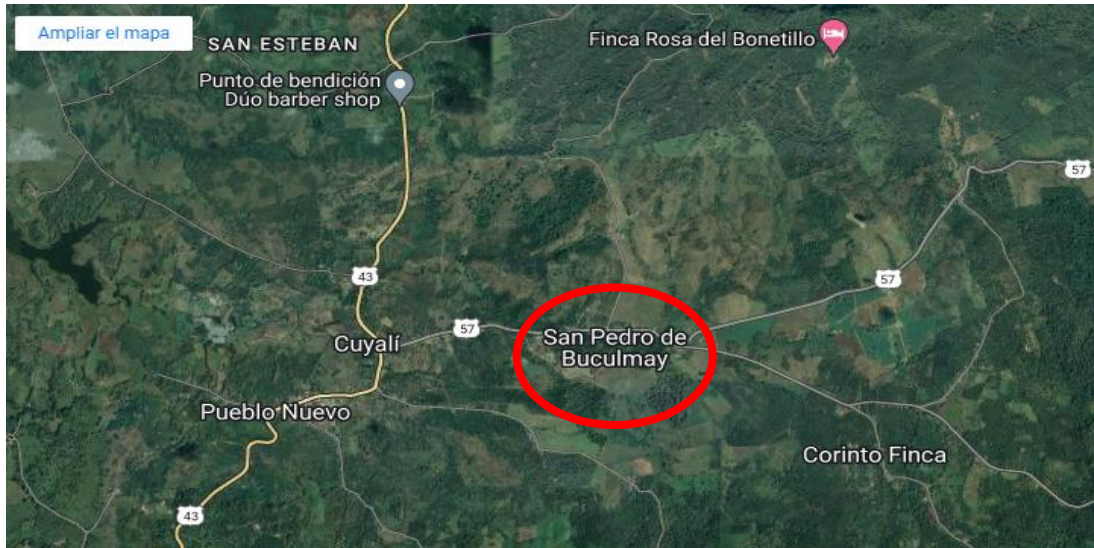
- Agrios, G. (2011). *Fitopatología, Fisiología de las enfermedades en las plantas* . Mexico: Limusa S.A DE C.V .
- Alfredo Lopez. (1990). *Manejo del café*. Ministerio de Café S.A.
- Almengor, C. (2015). *Boletín Técnico. Manejo integrado de la Roya Anaranjada*. Guatemala: Asociación Nacional del Café-Anacafe.
- Amecafe. (2018). *Mexico vs. la roya del café* . CD de Mexico: Agricultura y Desarrollo rural .
- Anacafe. (2015). Boletín Técnico- Centro de investigación en Café. *Manejo Integrado de la Roya*, 7.
- Anacafé. (2016). *Guía de variedades de café* . Guatemala : Asociación Nacional del Café_Anacafe .
- Anacafé. (2019). *Guía de variedades de café-segunda edición*. Guatemala: Asociación Nacional del Café.
- Anthony, Astorga, C., & Berthaud, J. (1999). *Los recursos genéticos; la base de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana in Bertrand, B;Rapidel, B, eds. Desafíos de la caficultura en centroamerica*. San José, CR.
- Arysta, L. (2017). *Evito48 SC*. Obtenido de https://cr.uplonline.com/download_links/h0lsohv2HEUA8SfDN4caLihTPnU4aVW4dV2zNjKK.pdf
- Avelino, J., & Rivas, G. (2013). *La Roya anaranjada del café* . Obtenido de Ciclo biológico de la Roya en Costa Rica: <http://hal.archivesouvertes.fr/hal01071936>
- Cenicafé. (2011). *La Roya del cafeto en Colombia*. Colombia : Sandra Milena Marin, I.A.
- Cenicafe. (2018). *Centro Nacional de investigaciones de café* . Colombia : Federación Nacional de cafeteros de Colombia .
- CropLife. (2015). *croplifela*. Obtenido de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/roya-del-cafeto>
- Duicela, G. (2011). *Manejo sostenible en fincas Cafetaleras*. Ecuador, Puerto Viejo: imprenta CGRAF. Manta.
- Edifarm. (Enero de 2018). *Edifarm*. Obtenido de Florícola Vademécum: <https://quickagro.edifarm/pdfs/productos/ASPEN-20180126-103104.pdf>
- Estévez V, F. (2010). *Evaluación del comportamiento de la roya del cafeto Hemileia Vastatrix* . Nicaragua : PROMECAFE, comisión nacional del café.

- Fernandes, R. d., Evans, H. C., & Barreto, R. W. (2009). *Confirmation of the occurrence of teliospores of Hemileia Vastatrix in Brazil*. Tropical Plant Pathology.
- FUNIDES. (10 de Enero de 2013). *Situación del café en Nicaragua e impacto de la roya*. Obtenido de <https://fubides.com/publicaciones/situacion-del-cafe-en-nicaragua>
- García, A. (2013). *Ciclo biológico de la roya del café*. Costa Rica: CATIE- foro regional sobre la roya del café.
- Google Maps. (s.f). *Ubicación San Pedro de Buculmay*. Recuperado el 16 de Agosto de 2023, de <https://www.google.com/maps/place/San+Pedro+de+Buculmay,+Nicaragua/@13.1816387,-85.9076529,2444m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x8f726a532de782e3:0x8b4b1706df92072c!8m2!3d13.1810235!4d-85.8978654!16s%2Fg%2F1vkn9zt?hl=es-419&entry=ttu>
- Harold; G. (2017). *Manejo Integrado para la roya del café*. San Salvador-El Salvador : Organización internacional Regional de Sanidad Agropecuaria .
- IICA. (2014). *Impacto económico de la roya del café en Costa Rica*. San Jose- Costa Rica: Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura (IICA).
- IICA, M., & Estévez, F. (1995). *Evaluación del comportamiento de la roya del café Hemileia Vastatrix*. Honduras-Tegucigalpa: Memorial IICA (Guatemala).
- Incer, J. (2019). *Geografía dinámica* . Managua: Hispamer Nicaragua.
- INIDE, C. (2017). *VI Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO)*. Managua-Nicaragua.
- Instituto del café-ICAFE. (2011). *Guía Técnica del cultivo de café*. Costa Rica: 1ra ed. Heredia.
- Irigoyen, N. (2018). *Manejo integrado de la roya del café*.
- Joshep, K.-E. (1989). *Biology and epidemiology*. Florida- EEUU: A.C. Kusalapa y A.B. Eskes, editores.
- Kolmer, J. A., Ordonez, M. E., & Groth, J. V. (2009). *The rust fungi*. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*: 8.
- Kusalapa A. (1989). *Biology and epidemiology, in: Coffee rust*. Florida: A.C. Kusalapa y A.B. Eskes, editores.
- Kusalapa, A. (1999). Coffee rust: Epidemiology, resistance and management. *Biology and epidemiology*.
- Lanzas, J. S., & Trujillo, F. C. (2015). Serie de estudios especiales. *Programa de mejoramiento productivos de la caficultura*.
- MAGFOR. (2010). *Proyecto de café*. Managua-Nicaragua: Pascal Chaput, Simas.

- MAGFOR. (2013). *El cafe en nicaragua*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/38160297/el.cafe.en.nicaragua-magfor>
- Miranda, F. O. (2019). *Roya del Cafeto-Guatemala* . Guatemala: Universidad San carlos de Guatemala .
- Nicafés. (2010). *Institucionalidad del sector cafetalero en Nicaragua* . Managua-Nicaragua .
- Santacreo Ponce, R. (2011). Coordinador del programa de mejoramiento genético. *Mejoramiento genetico del Café*, 35- Cap 3.
- Silva, E. (2001). *Fitotecnica del cafe* . Pueblo y Educación.
- TECNOAGRICOLA, P. (2019). *VADEMECUM on-line de Carlos De Liñán* . Obtenido de <http://www.buscador.portalteconoagricola.com>
- Terralia. (2018). *Información Agricola Terralia*. Obtenido de https://www.terralia.com/vademecum-de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/view_trademark?trademark_id=3437
- Vicente Cabrera. (2007). *El Cafe en Nicaragua. Experiencias de producción y exportación en comercio justo*. Obtenido de Journals: <http://journals.openedition.org/cal/1447>

XIV. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica



(Google Maps, s.f)

Anexo 2. Hoja de campo

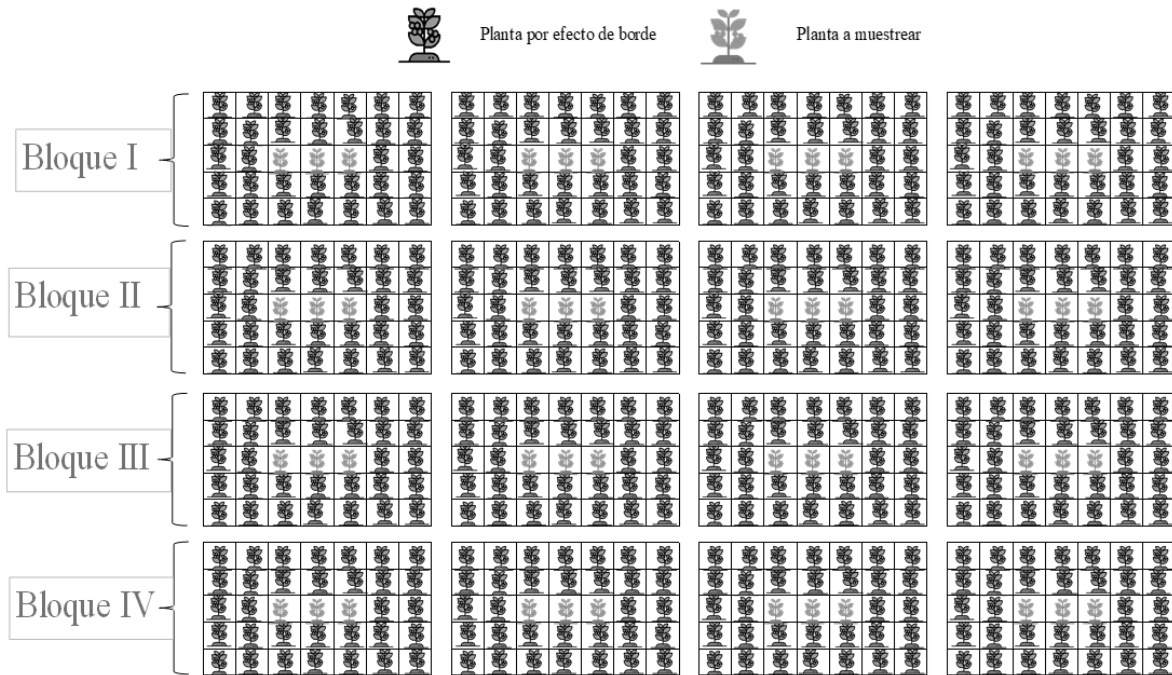
Evaluación cuatro alternativas de control químico de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

Fecha		Edad					
Variedad		Muestreador					
Plantio		Etapa					

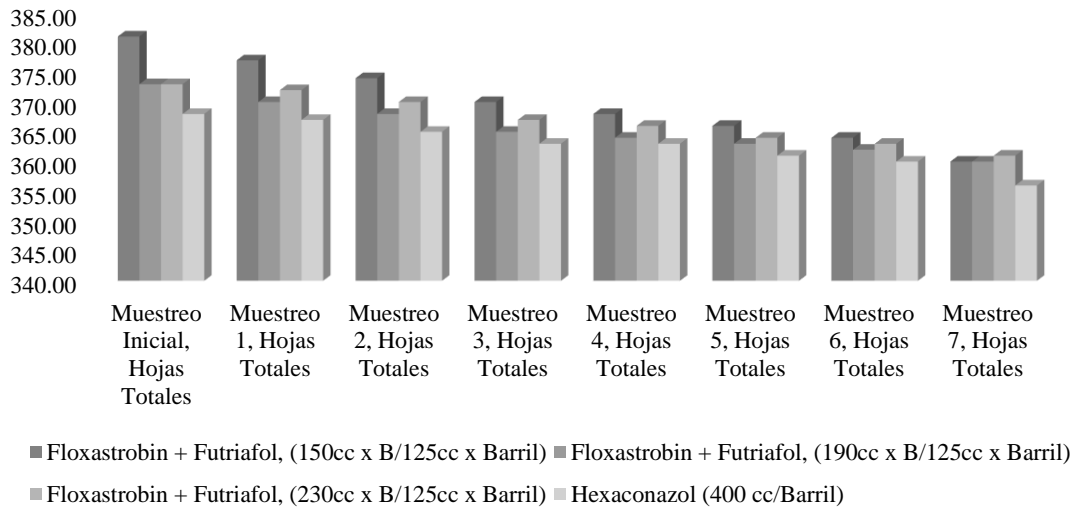
	Estrat.	Puntos	Puntos	Puntos	Puntos	Puntos	Puntos	Totales	%
Hojas con Roya Esporulada	1								
	2								
Hojas con Roya Controlada	1								
	2								
Hojas con Mancha de Hierro	1								
	2								
Hojas con Antracnosis	1								
	2								
Hojas con Ojo de gallo	1								
	2								
Hojas con Pellejillo	1								
	2								
Hojas con Minador	1								
	2								
HOJAS TOTALES	1								
	2								
Frutos Brocados	1								
	2								
Frutos Brocados con Bauveria	1								
	2								
Frutos con Chasparria	1								
	2								
FRUTOS TOTALES	1								
	2								
Nudos con Cochinillas	1								
	2								
NUDOS TOTALES	1								
	2								

(CATIE, 2001)

Anexo 3. Diseño Experimental



Anexo 4. Retención Foliar por muestreo



Anexo 5. Análisis Estadísticos

Prueba de Kruskal Wallis - Área bajo la curva

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
0	150cc x B/125cc x B"	4	20.50	3.70	20.00	1.74	0.6247
0	190cc x B/125cc x B"	4	20.88	1.75	20.75		
0	230cc x B/125cc x B"	4	22.50	3.19	21.75		
0	400 cc/Barril"	4	19.88	1.55	19.50		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
15	150cc x B/125cc x B"	4	20.15	3.65	19.65	1.26	0.7380
15	190cc x B/125cc x B"	4	18.75	1.71	18.50		
15	230cc x B/125cc x B"	4	21.00	2.94	20.50		
15	400 cc/Barril"	4	19.28	1.23	18.80		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
30	150cc x B/125cc x B"	4	18.50	2.63	17.90	4.52	0.2067
30	190cc x B/125cc x B"	4	17.27	1.70	17.54		
30	230cc x B/125cc x B"	4	18.43	1.41	18.50		
30	400 cc/Barril"	4	16.10	0.90	16.10		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
45	150cc x B/125cc x B"	4	13.49	1.78	14.02	9.51	0.0229
45	190cc x B/125cc x B"	4	15.93	2.17	16.35		
45	230cc x B/125cc x B"	4	15.73	1.58	15.25		
45	400 cc/Barril"	4	11.10	0.90	11.25		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
60	150cc x B/125cc x B"	4	10.73	1.51	10.95	9.90	0.0192
60	190cc x B/125cc x B"	4	9.75	0.83	9.55		
60	230cc x B/125cc x B"	4	8.70	2.18	8.90		
60	400 cc/Barril"	4	3.45	1.02	3.75		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
75	150cc x B/125cc x B"	4	9.95	1.22	10.00	12.09	0.0070
75	190cc x B/125cc x B"	4	6.45	0.66	6.65		
75	230cc x B/125cc x B"	4	3.19	1.21	3.12		
75	400 cc/Barril"	4	7.73	1.87	8.45		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
90	150cc x B/125cc x B"	4	11.90	1.94	11.70	14.12	0.0027
90	190cc x B/125cc x B"	4	4.13	0.70	4.10		
90	230cc x B/125cc x B"	4	2.25	0.55	2.10		
90	400 cc/Barril"	4	16.65	2.22	16.25		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
105	150cc x B/125cc x B"	4	13.85	3.40	13.60	12.48	0.0059
105	190cc x B/125cc x B"	4	4.43	0.43	4.35		
105	230cc x B/125cc x B"	4	13.23	2.10	13.15		
105	400 cc/Barril"	4	19.00	0.88	18.95		

Prueba de Kruskal Wallis - Retención Foliar

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Muestreo Inicial, Hojas To..	Floxastrobin + Futriafol, ..	1	381.00	0.00	381.00	2.70	>0.9999
Muestreo Inicial, Hojas To..	Floxastrobin + Futriafol, ..	1	373.00	0.00	373.00		
Muestreo Inicial, Hojas To..	Floxastrobin + Futriafol, ..	1	373.00	0.00	373.00		
Muestreo Inicial, Hojas To..	Hexaconazol (400 cc/Barril..	1	368.00	0.00	368.00		

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Muestreo Final, Hojas Tota..	Floxastrobin + Futriafol, ..	1	360.00	0.00	360.00	2.70	>0.9999
Muestreo Final, Hojas Tota..	Floxastrobin + Futriafol, ..	1	360.00	0.00	360.00		
Muestreo Final, Hojas Tota..	Floxastrobin + Futriafol, ..	1	361.00	0.00	361.00		
Muestreo Final, Hojas Tota..	Hexaconazol (400 cc/Barril..	1	356.00	0.00	356.00		

Prueba de Kruskal Wallis - Control

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
0	150cc x B/125cc x B"	1	2.00	0.00	2.00	2.70	>0.9999
0	190cc x B/125cc x B"	1	3.00	0.00	3.00		
0	230cc x B/125cc x B"	1	2.00	0.00	2.00		
0	400 cc/Barril"	1	1.00	0.00	1.00		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
15	150cc x B/125cc x B"	1	10.00	0.00	10.00	3.00	>0.9999
15	190cc x B/125cc x B"	1	15.00	0.00	15.00		
15	230cc x B/125cc x B"	1	9.00	0.00	9.00		
15	400 cc/Barril"	1	2.00	0.00	2.00		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
30	150cc x B/125cc x B"	1	15.00	0.00	15.00	3.00	>0.9999
30	190cc x B/125cc x B"	1	35.00	0.00	35.00		
30	230cc x B/125cc x B"	1	20.00	0.00	20.00		
30	400 cc/Barril"	1	2.00	0.00	2.00		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
45	150cc x B/125cc x B"	1	30.00	0.00	30.00	3.00	>0.9999
45	190cc x B/125cc x B"	1	40.00	0.00	40.00		
45	230cc x B/125cc x B"	1	20.00	0.00	20.00		
45	400 cc/Barril"	1	10.00	0.00	10.00		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
60	150cc x B/125cc x B"	1	35.00	0.00	35.00	3.00	>0.9999
60	190cc x B/125cc x B"	1	40.00	0.00	40.00		
60	230cc x B/125cc x B"	1	20.00	0.00	20.00		
60	400 cc/Barril"	1	5.00	0.00	5.00		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
75	150cc x B/125cc x B"	1	20.00	0.00	20.00	3.00	>0.9999
75	190cc x B/125cc x B"	1	25.00	0.00	25.00		
75	230cc x B/125cc x B"	1	8.00	0.00	8.00		
75	400 cc/Barril"	1	5.00	0.00	5.00		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
90	150cc x B/125cc x B"	1	10.00	0.00	10.00	3.00	>0.9999
90	190cc x B/125cc x B"	1	20.00	0.00	20.00		
90	230cc x B/125cc x B"	1	4.00	0.00	4.00		
90	400 cc/Barril"	1	5.00	0.00	5.00		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
105	150cc x B/125cc x B"	1	10.00	0.00	10.00	3.00	>0.9999
105	190cc x B/125cc x B"	1	15.00	0.00	15.00		
105	230cc x B/125cc x B"	1	3.00	0.00	3.00		
105	400 cc/Barril"	1	2.00	0.00	2.00		

Anexo 6. Galería Fotográfica



Señalización de las parcelas



Recolección de datos iniciales



Regulación de pH de la solución



Aplicación de tratamientos Fúngicos



Recolección de datos, 15 días después de la aplicación



Recolección de datos, 30 días después de la aplicación



Recolección de datos, Control de Roya 45 días después de la aplicación



Defoliación de las plantas causada por *Hemileia Vastatrix*



Control de Roya a los 60 días



Culminación de la investigación