

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS MENCIÓN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE *Hemileia vastatrix Berkeley & Broome* EN TRES CULTIVARES DE CAFETO EN SANTA ANA - LA CONVENCIÓN

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS MENCION ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR

Br. MARCELINO HILARES OTORUNCO

ASESOR:

M.SC. LUÍS JUSTINO LIZÁRRAGA VALENCIA

ORCID: 0000-0001-5600-7998

CUSCO – PERÚ

2026

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** M. Sc. Luis Justino Lizarraga Valencia quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesistitulada: GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE Hemileia Vastatrix Berkeley & Broome EN TRES CULTIVARES DE CAFETO EN SANTA ANA - LA CONVENCION

Presentado por: Marcelino Hilares Otorunco DNI N° 24988566

presentado por: ..... DNI N°: .....

Para optar el título Profesional/Grado Académico de MAESTRO EN CIENCIAS MENCION ECOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 10 de JUNIO de 20.26

.....

Firma

Post firma... LUIS J. LIZARRAGA VALENCIA

Nro. de DNI... 23902170

ORCID del Asesor... 000-00001-5600-7998

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:59881848 3

TESIS FINAL MARCELINO PARA REPOSITORIO.pdf

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:598818483

Fecha de entrega
9 jun 2026, 5:52 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
9 jun 2026, 6:07 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS FINAL MARCELINO PARA REPOSITORIO.pdf

Tamaño del archivo
8.0 MB

128 páginas

21.128 palabras

113.471 caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

7% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Texto oculto
37 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dr. TITO LIVIO PAREDES GORDON, Director (e) de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE *Hemileia vastatrix Berkeley & Broome* EN TRES CULTIVARES DE CAFETO EN SANTA ANA - LA CONVENCIÓN.** del **Br MARCELINO HILARES OTORUNCO.** Hacemos de su conocimiento que el (la) sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día **TRECE DE ENERO DE 2026**.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN CIENCIAS MENCIÓN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL.

Cusco, 20 de Mayo de 2026

DRA. VERONIKA ISELA VERA MARMANILLO
Primer Replicante

DRA. CATALINA JIMENEZ AGUILAR
Segundo Replicante

DRA. GRETA MARGOT PAIVA PRADO
Primer Dictaminante

MGT. GUIDO VICENTE HUAMAN MIRANDA
Segundo Dictaminante

DEDICATORIA

A mis padres Juan Hilares Salcedo (Q.E.P.D) y Yolanda Sairitupa Panti

A mi esposa Rosa Olinda Farfán Marín.

"A mis hijos, Urpi Nefertari y Oscar André.

A mi hermano Efraín Hilares, sobrina Lucero Hilares.

Por ser mi mayor fuente de motivación. Gracias por compartir conmigo alegrías y tristezas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios, y por el apoyo recibido durante mi formación. Su enfoque académico y la calidad de sus docentes han sido fundamentales en mi crecimiento profesional.

A mi asesor de tesis M.SC. Luis Justino Lizárraga Valencia, por acompañarme en todo este proceso y compartir su conocimiento.

Expresar mi agradecimiento a SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI, DIRECCIÓN ZONAL 12 CUSCO por su apoyo gratuito con información meteorológica, para este trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTOS ii

INDICE GENERAL iii

INDICE DE TABLAS viii

INDICE DE FIGURAS x

LISTA DE ACRÓNIMOS xii

RESUMEN xiii

RESUMO xiv

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1. Situación problemática 2

1.2. Formulación del problema 3

1.2.1. Problema general 3

1.2.2. Problemas específicos 4

1.3. Justificación de la investigación 4

1.4. Objetivos de la investigación 6

1.4.1. Objetivo general 6

1.4.2. Objetivos específicos 6

CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL 7

2.1. Bases teóricas 7

2.1.1. Generalidades del café 7

2.1.2. Aspectos fisiológicos del café 8

2.1.3. La roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*) 10

2.1.4. Ciclo biológico de la roya amarilla del cafeto 11

2.1.5. Incidencia de la roya amarilla del cafeto 12

2.1.6. Severidad de la roya amarilla del cafeto 13

2.1.7. Gradiente altitudinal en la incidencia de la roya amarilla del cafeto 14

2.1.8. Factores climáticos en la incidencia de la roya amarilla del cafeto 15

2.2. Marco conceptual 18

2.2.1. Incidencia 18

2.2.2. Severidad 18

2.2.3. Gradiente altitudinal 18

2.2.4. Temperatura ambiental 19

2.2.5. Precipitación fluvial 19

2.2.6. Humedad relativa 19

2.2.7. Roya amarilla (*Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*) 20

2.2.8. Variedades de cafeto en el Perú 20

2.3. Antecedentes de investigación 21

2.3.1. Antecedentes Internacionales 21

2.3.2. Antecedentes nacionales 24

CAPITULO III HIPÓTESIS Y VARIABLES 30

3.1. Hipótesis ……30

3.1.1. Hipótesis general 30

3.1.2. Hipótesis específicas.....30

3.2. Identificación de variables e indicadores ……..30

3.2.1. Variable independiente.....30

3.2.2. Variable dependiente 30

3.2.3. Variables intervinientes 31

3.3. Operacionalización de variables ……31

CAPITULO IV MATERIALES Y MÉTODOS 32

4.1. Ámbito de estudio ……32

4.1.1. Ubicación 32

4.1.2. Ubicación hidrográfica.....32

4.1.3. Ubicación geográfica.....32

4.1.4. Ubicación ecológica 36

4.1.5. Delimitación temporal.....37

4.2. Materiales y equipos ……37

4.2.1. Materiales 37

4.2.2. Equipos 37

4.3. Tipo y nivel de investigación ……37

4.4. Unidad de análisis ……38

4.5. Población de estudio ……40

4.6. Tamaño de muestra ……..40

4.7. Técnicas de selección de muestra ……..41

4.8. Actividades realizadas ……42

4.8.1. Descripción de la evaluación de campo 42

4.8.2. Frecuencia de evaluación 46

4.8.3. Evaluación altitudinal y climática 46

4.9. Técnicas de recolección de información ……50

4.9.1. Fase de preparación 51

4.9.2. Fase de evaluación 51

4.10. Técnicas de análisis e interpretación de la información ……54

4.10.1. Prueba de correlación 54

CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....56

5.1. Estadística descriptiva ……56

5.1.1. Incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* en tres cultivares de cafeto cultivadas bajo tres gradientes altitudinales 56

5.1.2. Variables climáticas sobre la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* en tres gradientes altitudinales 62

5.2. Estadística inferencial ……..68

5.2.1. Prueba de normalidad 68

5.2.2. Prueba de contrastación de hipótesis.....70

Discusión ……...74

CONCLUSIONES 76

RECOMENDACIONES 77

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 78

ANEXOS.....87

Anexo 1: Instrumentos de recolección de información ……88

Anexo 2: Medios de verificación ……98

Anexo 3: Evaluaciones de campo de variables meteorológicas en parcelas de productores ……101

Anexo 4: Gráficas de normalidad de variables ……...102

Anexo 5: Registros fotográficos ……105

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables por indicadores, dimensiones y técnicas ……31

Tabla 2 Datos meteorológicos mensuales 2016 – 2023 distrito de Santa Ana – La Convención ……36

Tabla 3 Unidad de análisis por piso altitudinal, variedad de cafeto y ubicación …..38

Tabla 4 Distribución de la población de plantas por gradiente altitudinal y sectores ……40

Tabla 5 Número de plantas para la elección de muestras ……..41

Tabla 6 Escala de severidad de la roya del café ……...45

Tabla 7 Datos generales de altitud por gradiente, sector, agricultor y número de parcela ……47

Tabla 8 Variación de la temperatura mensual durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana ……47

Tabla 9 Variación de la humedad relativa mensual durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana ……..…48

Tabla 10 Variación de la precipitación mensual durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana ……49

Tabla 11 Valores promedio de la temperatura durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana ……49

Tabla 12 Descripción de órganos afectados ……52

Tabla 13 Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de cafeto en tres gradientes altitudinales ……56

Tabla 14 Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de café en tres gradientes altitudinales ……...59

Tabla 15 Efecto de la temperatura sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……62

Tabla 16 Efecto de la precipitación sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……64

Tabla 17 Efecto de la humedad relativa sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……67

Tabla 18 Prueba de normalidad de variables ……69

Tabla 19 Prueba de correlación entre la altitud y la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome del cafeto ……70

Tabla 20 Prueba de correlación entre la temperatura, precipitación y humedad sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome del cafeto ……71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la provincia La Convención en la región Cusco …….33

Figura 2 Ubicación del distrito de Santa Ana en la provincia La Convención ……...34

Figura 3 Localización de los sectores de investigación ……...35

Figura 4 Variación de la precipitación, temperatura y humedad relativa 2016 – 2023 distrito de Santa Ana ……36

Figura 5 Mapa ecológico de los sectores Serranuyoc, Esmeralda y Tunquimayo – sub cuenca Chuyapi ……39

Figura 6 Recorrido en “S” obtenido del formato “Evaluación de plagas de campo” ……43

Figura 7 Otros recorridos para terrenos en llano ……..43

Figura 8 Distribución de tercios de la planta del café para incidencia (%) y severidad (grados) ……..44

Figura 9 Grados de severidad de la roya amarilla (% área foliar afectada) ……..46

Figura 10 Climograma sobre los valores promedio de la temperatura durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana ……...50

Figura 11 Fases de la investigación ……...51

Figura 12 Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de cafeto en tres gradientes altitudinales ……57

Figura 13 Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal y cultivar ……...57

Figura 14 Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal ……58

Figura 15 Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de café en tres gradientes altitudinales ……...59

Figura 16 Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal y cultivar ……...60

Figura 17 Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal ……61

Figura 18 Efecto de la temperatura sobre la incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……62

Figura 19 Efecto de la temperatura sobre la severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……63

Figura 20 Efecto de la precipitación sobre la incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……65

Figura 21 Efecto de la precipitación sobre la severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……66

Figura 22 Efecto de la humedad relativa sobre la incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……67

Figura 23 Efecto de la humedad relativa sobre la severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales ……68

Figura 24 Interacción altitud – clima con la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome ……73

LISTA DE ACRÓNIMOS

Acrónimo	Expansión completa
IID	Índice de Intensidad de Daño
INIA	Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad Agraria

RESUMEN

El presente trabajo denominado “GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE *Hemileia vastatrix Berkeley & Broome* EN TRES CULTIVARES DE CAFETO EN SANTA ANA - LA CONVENCIÓN” tuvo como objetivo determinar la influencia de la gradiente altitudinal en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*, en tres cultivares de cafeto en Santa Ana - La Convención.

Para lo cual, se establecieron parcelas de muestreo en tres estratos altitudinales (1100–1300 m; 1300 – 1500 m; 1501 - 1800 m). La incidencia y severidad se determinaron mediante inspección foliar y escala diagramática estandarizada. Se registraron variables climáticas in situ y se aplicaron análisis de correlación de Spearman para establecer relaciones entre altitud, clima y variables fitosanitarias.

Los resultados mostraron que la incidencia y severidad disminuyeron significativamente con el incremento de la altitud ($r = – 0.737$ y $r = – 0.294$, respectivamente; $p < 0.05$). La temperatura presentó correlación positiva con la incidencia ($r = 0.737$; $p < 0.05$) y con la severidad ($r = 0.332$; $p < 0.05$), mientras que la humedad relativa y la precipitación no mostraron asociaciones consistentes.

Se concluye que la altitud y la temperatura son factores determinantes en la dinámica de H. vastatrix, por lo que el manejo integrado de la enfermedad debe considerar la selección de cultivares adaptados a cada piso altitudinal, el monitoreo climático y la programación oportuna de medidas de control.

Palabras clave: *Hemileia vastatrix*, Gradiente altitudinal, Incidencia, Severidad, Cultivares de cafeto.

RESUMO

O presente trabalho, intitulado "GRADIENTE ALTITUDINAL NA INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DE *Hemileia vastatrix Berkeley & Broome* EM TRÊS CULTIVARES DE CAFETO EM SANTA ANA - LA CONVENCION", teve como objetivo determinar a influência do gradiente altitudinal na incidência e severidade de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* em três cultivares de cafeto em Santa Ana - La Convención.

Para tanto, foram estabelecidas parcelas amostrais em três estratos altitudinais (1100-1300 m; 1300-1500 m; 1501-1800 m). A incidência e a severidade foram determinadas por inspeção foliar e em escala diagramática padronizada. Variáveis climáticas in situ foram registradas e análises de correlação de Spearman foram aplicadas para estabelecer relações entre altitude, clima e variáveis fitossanitárias.

Os resultados mostraram que a incidência e a severidade diminuíram significativamente com o aumento da altitude ($r = –0,737$ e $r = –0,294$, respectivamente; $p < 0,05$). A temperatura apresentou correlação positiva com a incidência ($r = 0,737$; $p < 0,05$) e a severidade ($r = 0,332$; $p < 0,05$), enquanto a umidade relativa e a precipitação não apresentaram associações consistentes.

Conclui-se que a altitude e a temperatura são fatores determinantes na dinâmica de H. vastatrix, portanto, o manejo integrado da doença deve considerar a seleção de cultivares adaptadas a cada zona altitudinal, o monitoramento climático e o planejamento oportuno das medidas de controle.

Palavras-chave: Hemileia vastatrix, Gradiente altitudinal, Incidência, Severidade, Cultivares de cafeeiro.

INTRODUCCIÓN

La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*) representa una de las principales amenazas para la caficultura mundial, ocasionando anualmente pérdidas estimadas en miles de millones de dólares. En regiones como el Perú, su persistencia y capacidad adaptativa han puesto en evidencia la vulnerabilidad incluso de variedades previamente resistentes, como las derivadas del híbrido Timor-Catimor, frente a nuevas razas del patógeno.

La incidencia y severidad de esta enfermedad no solo están determinadas por factores genéticos del hospedero, sino también por variables altitudinales, climáticas, del manejo agrícola y del paisaje. El distrito de Santa Ana ubicado en la provincia de La Convención, contiene productores de café que constantemente se ven afectados por la roya amarilla, esta enfermedad es causada por el hongo *Hemileia vastatrix*. Las condiciones climáticas y el gradiente altitudinal influyen en el desarrollo de la enfermedad favoreciendo su aparición, esto conjuntamente con malas prácticas de manejo y deficiente control sanitario (SENASA, 2017)

El efecto de la altitud en la incidencia y severidad de la roya amarilla en 03 variedades de cafeto en el distrito de Santa Ana - La convención – Cusco, toma importancia, ya que dicha enfermedad significa pérdidas económicas y productivas a las familias y agricultores de dicho sector. Por ello, esta investigación, realizada entre 2021 y 2022 en estos tres cultivares, se enfocó en analizar cómo varía la incidencia y severidad de la roya a lo largo de una gradiente altitudinal, con el fin de informar decisiones agronómicas y estratégicas para el manejo de la enfermedad.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

La roya del café (*Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*) se considera la enfermedad más importante y destructiva del cultivo de café a nivel mundial. Desde su primer reporte, ha causado pérdidas económicas significativas en Asia, África y América. Esta enfermedad, que causa la caída prematura de las hojas, reduce la capacidad fotosintética de la planta, debilita los árboles y, en casos graves, puede provocar la muerte del cafeto. A nivel mundial, el impacto económico se estima en miles de millones de dólares, afectando las economías de los países productores y los ingresos de millones de familias que dependen del café. Además, el cambio climático ha exacerbado el problema, ya que las condiciones más cálidas y húmedas en altitudes que antes se consideraban seguras para el café han permitido que el hongo se propague a nuevas áreas, intensificando su incidencia y gravedad en zonas de alta producción.

No obstante, en Perú, país con una rica tradición cafetalera, la roya del café ha sido un importante problema fitosanitario desde su aparición. Se tiene conocimiento que la enfermedad ha afectado a un porcentaje significativo de la superficie cafetalera del país. El impacto económico ha sido considerable, con pérdidas millonarias en las cosechas, lo que ha provocado una caída en la producción y ha afectado la capacidad exportadora del país. Organismos como el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) han implementado estrategias de manejo integrado de plagas, pero el problema persiste y se agrava por factores como el cambio climático y la falta de un manejo adecuado en algunas fincas.

En el distrito de Santa Ana, el cultivo del café es la principal actividad económica. La presencia de la roya del café representa una amenaza directa para el sustento de los agricultores y la economía del distrito. En esta zona, la diversidad de altitudes crea un entorno ideal para estudiar el comportamiento de la enfermedad. Si bien la roya ha sido tradicionalmente un problema en altitudes bajas y medias, las condiciones climáticas cambiantes podrían estar alterando este patrón, permitiendo que el hongo se desarrolle a mayor altitud. No existen estudios específicos que aborden el gradiente altitudinal y su relación con la incidencia y severidad de la roya en cultivares locales, lo que crea una brecha de conocimiento. La falta de información precisa sobre este fenómeno impide a los productores de Santa Ana tomar decisiones informadas sobre la selección de variedades y las estrategias de control más apropiadas para sus fincas, lo que hace que sea urgente realizar investigaciones que aborden este problema de manera detallada y localmente relevante.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la gradiente altitudinal en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*, en tres cultivares de cafeto en Santa Ana - La Convención?

1.2.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuál es la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* en tres cultivares de cafeto en tres diferentes rangos altitudinales en Santa Ana – La Convención?

PE2: ¿Cómo influyen las variables climáticas en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berkeley y Broome, en tres cultivares de cafeto en Santa Ana - La Convención?

1.3. Justificación de la investigación

Social: La investigación busca proteger los medios de vida de los caficultores. El cultivo del café no solo es una actividad económica, sino también parte integral de la identidad cultural y el tejido social de la zona. MINAGRI (2015) indica que esta actividad agrícola es fuente de ingresos de 200,000 familias en todo el territorio a pequeña escala. Como señala Gonzales (2020) el café exporta 800 millones de dólares anualmente, lo que contribuye 2,000 millones de soles al PBI nacional; la reducción de la productividad y los ingresos debido a la roya del café puede provocar la migración de familias productoras, la pérdida de mano de obra en las fincas y la desintegración de las comunidades rurales. Al proporcionar a los caficultores herramientas de conocimiento para gestionar la enfermedad de forma más eficaz, el estudio fortalece la resiliencia de estas comunidades, mejora su seguridad alimentaria y contribuye a la estabilidad social.

Económica: La roya del café es una amenaza directa para los ingresos de miles de familias productoras en el distrito de Santa Ana, La Convención. Las pérdidas de cosecha, que pueden ser severas, impactan negativamente la rentabilidad de

las fincas y la economía local. Como señala Valle (2017) el café es uno de los productos con mayor importancia y relevancia en el territorio nacional, se encuentra dentro del rubro de productos exportables o con demanda a nivel internacional, que constituye 425,416 hectáreas del territorio nacional, siendo una industria generadora de empleo e ingresos que aporta al PBI agropecuario. Por tanto, el estudio proporcionará información valiosa sobre la relación entre el gradiente altitudinal y la incidencia y severidad de la enfermedad en diferentes cultivares. Con esta información, los caficultores podrán tomar decisiones más informadas sobre qué variedades sembrar y a qué altitudes para minimizar los riesgos, reduciendo así los costos asociados al manejo de la enfermedad y maximizando la producción y los ingresos.

Ambiental: Desde una perspectiva ambiental, el estudio es relevante porque el control de la roya del café suele implicar el uso intensivo de fungicidas químicos. Una mejor comprensión del impacto de la altitud en la enfermedad podría conducir al desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas más respetuosas con el medio ambiente, adaptadas a cada altitud y cultivar. La identificación de cultivares más resistentes o zonas de bajo riesgo reduciría la dependencia de agroquímicos, minimizando así la contaminación de suelos y fuentes de agua, y preservando la biodiversidad local. Esto promovería una caficultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

De investigación: Esta investigación es valiosa para la ciencia, ya que abordará una brecha de conocimiento sobre cómo la altitud afecta la roya del café en Santa Ana, La Convención. Si bien la enfermedad se ha estudiado en general, no existen datos específicos sobre cómo las condiciones climáticas de esta región influyen en

cultivares específicos. Los hallazgos servirán como base sólida para futuros estudios y programas de investigación los cuales podrían ser útiles para otras zonas cafetaleras con condiciones similares.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la gradiente altitudinal en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*, en tres cultivares de cafeto en Santa Ana - La Convención.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1: Evaluar la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* en tres cultivares de cafeto en tres diferentes rangos altitudinales en Santa Ana – La Convención.

OE2: Determinar cómo influyen las variables climáticas en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*, en tres cultivares de cafeto en Santa Ana - La Convención.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Generalidades del café

Origen botánico y evolución

Coffea arabica es un alopoliploide natural originado por la hibridación entre *C. canephora* y *C. eugenioides* en los bosques montanos de Etiopía. Estudios genómicos recientes confirman que esta hibridación ocurrió hace aproximadamente 10 000–20 000 años (Scalabrin *et al*., 2020).

La domesticación inicial ocurrió en Etiopía y posteriormente en Yemen, donde comenzó el cultivo sistemático en el siglo XV (Anthony *et al*., 2020).

Expansión histórica

Desde Yemen, el café se expandió hacia:

- Península Arábiga (siglo XV)
- Imperio Otomano (siglo XVI)
- Europa (siglo XVII)
- América Latina (siglo XVIII)

Investigaciones históricas y genéticas indican que la base genética del café cultivado en América proviene de un número reducido de introducciones iniciales, lo que explica su limitada diversidad genética actual (Scalabrin *et al*., 2020).

Importancia económica global

El café es uno de los productos agrícolas más comercializados del mundo, sosteniendo la economía de más de 25 millones de familias productoras. América Latina concentra aproximadamente el 60 % de la producción mundial (International Coffee Organization, 2023).

2.1.2. Aspectos fisiológicos del café

Matiello *et al*. (2005) destacan que la fisiología del café está estrechamente ligada al ambiente en que se desarrolla, ya que es una especie sensible a variaciones de altitud, temperatura y humedad. Estos factores influyen en la fenología del cultivo: el inicio de la floración se activa principalmente por la alternancia de periodos secos y lluviosos, mientras que el llenado de grano requiere un suministro constante de agua y nutrientes.

Taiz y Zeiger (2010), mencionan que la fotosíntesis en plantas perennes como el café depende no solo de la intensidad lumínica, sino también de factores como la temperatura, la disponibilidad hídrica y el balance nutricional, los cuales determinan la eficiencia en la producción de carbohidratos necesarios para sostener el crecimiento vegetativo y reproductivo. En el café, este proceso presenta un rango óptimo de temperatura entre 18 °C y 23 °C, condiciones que suelen encontrarse en pisos altitudinales intermedios.

Asimismo, la respiración del café constituye un proceso clave en la utilización de los carbohidratos generados por la fotosíntesis. De acuerdo con DaMatta y Ramalho (2006), una tasa de respiración elevada puede disminuir la eficiencia del

uso de los fotoasimilados, especialmente bajo condiciones de estrés térmico o hídrico, lo cual repercute negativamente en la productividad.

En cuanto a la transpiración, esta regula la temperatura foliar y el balance hídrico de la planta. Investigaciones de Carvajal (2012) señalan que en cafetales bajo sombra se observa una mayor eficiencia fisiológica, debido a la reducción de la evapotranspiración y al mantenimiento de un microclima más estable.

En síntesis, los aspectos fisiológicos del café constituyen la base para comprender su desarrollo y productividad. Procesos como la fotosíntesis, respiración, transpiración y floración están condicionados por factores ambientales y de manejo agronómico, lo que hace necesario estudiar su comportamiento en diferentes gradientes altitudinales para establecer prácticas de cultivo más sostenibles y eficientes.

Unigarro (2022) menciona que la fisiología del cafeto, se centra en los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, y desarrollo vegetativo y reproductivo. La fotosíntesis es vital para la producción de carbohidratos, la respiración utiliza estos carbohidratos para la energía, y la transpiración ayuda a la absorción de agua y nutrientes. Factores climáticos como la luz, temperatura, y humedad, así como la disponibilidad de agua y nutrientes, influyen en el crecimiento y desarrollo del cafeto, afectando la altura de la planta, el crecimiento de las ramas, y la formación de flores y frutos, pero que a su vez también pueden incluir en la dinámica poblacional o incidencia de una plaga determinada.

2.1.2.1. Clasificación taxonómica

Cronquist (1993) citado por Valle (2017) señala que el café presenta 25 a 40 especies distribuidos en Asia y África tropical, su taxonomía es de la siguiente manera.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliphyta
Clase:	Magnoliópsidae
Subclase:	Asteridae
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Género:	Coffea
Especie:	*Coffea arábica*
	Coffea canephora
	Coffea libérica
NV:	Café (Cronquist, 1993)

SENASA (2018) señala que el Perú posee el segundo lugar en la exportación de café orgánico a nivel mundial, las regiones con principal producción son: Cusco, Junín, Pasco, Cajamarca, Amazonas, San Martin y Puno. También señala que el cultivo de café es la principal actividad de los productores agrícolas de la provincia de la Convención y Calca en la región Cusco, manifiesta que según el último censo agrario el café es el cultivo perenne más difundido en la región con 25,354.00 familias productoras que poseen 52,222.00 hectáreas de cultivo.

2.1.3. La roya amarilla del café (Hemileia vastatrix Berkeley y Broome)

Valle (2017) menciona que la roya *(H. vastatrix Berk. & Br)* es la principal enfermedad dentro de la caficultura en todo el mundo, esto causa importantes pérdidas económicas por su presencia constante en las plantaciones de café.

Saavedra & Panihuara (2018) indican que existen variedades resistentes y otras no muy resistentes a esta enfermedad, la planta de café puede estar presente en todas las etapas de producción del café durante todo el año.

2.1.3.1. Taxonomía de la roya

Kirk *et al*., (2008) señala que la roya es un hongo que parásita el café de forma obligada para su desarrollo, su clasificación taxonómica es la siguiente.

División:	Eumycota
Subdivisión:	Basidiomicetos
Clase:	Teliomycetes
Orden:	Uredinales
Familia:	Pucciniaceae
Género:	Hemileia
Especie:	*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.
Nombre:	Roya amarilla del cafeto

2.1.4. Ciclo biológico de la roya amarilla del cafeto

El ciclo epidemiológicamente más importante es el ciclo uredospórico (policíclico).

a) Germinación y penetración

Las urediniosporas germinan en presencia de agua libre y temperaturas entre 20–25 °C. El tubo germinativo penetra a través de las estomas, formando haustorios para absorber nutrientes (Zambolim, 2019).

b) Colonización

Tras la penetración, el micelio se desarrolla intercelularmente en el mesófilo foliar. Durante esta fase, el hongo altera procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la respiración (Carvalho *et al*., 2021).

c) Esporulación

Se forman uredinios en el envés de la hoja, liberando esporas de color amarillo-anaranjado que se dispersan por viento y lluvia, generando infecciones secundarias (Talhinhas *et al*., 2022).

d) Defoliación y reinfección

Las infecciones severas provocan defoliación prematura, debilitamiento y reducción del rendimiento hasta en 30–50 % en epidemias intensas (Avelino *et al*., 2018).

La enfermedad se ve favorecida por:

- Alta humedad relativa (>90 %)
- Sombra excesiva
- Plantaciones envejecidas
- Manejo nutricional deficiente

El cambio climático ha intensificado la incidencia y severidad en América Latina, desplazando la enfermedad hacia mayores altitudes (Bebber *et al*., 2019).

2.1.5. Incidencia de la roya amarilla del cafeto

SENASA (2003) señala que el término incidencia es empleada para examinar o evaluar las enfermedades que se manifiestan dentro de los cultivos.

Saavedra & Panihuara (2018) define a la incidencia como la proporción o porcentaje de órganos o plantas enfermas dentro de una población o muestra. Para esto se contabilizan la cantidad de individuos enfermos o afectados sin tomar en cuenta su intensidad dentro del desarrollo de la enfermedad. También manifiesta que la incidencia se determina contando las unidades dañadas o enfermas frente a las sanas dentro de una muestra determina.

2.1.6. Severidad de la roya amarilla del cafeto

SENASA (2003) manifiesta que se usa el término “severidad o “índice de intensidad de daño” (IID) para medir el grado de ataque de la enfermedad. El termino IDD (Índice de daño de la enfermedad” hace referencia a lo mismo, sin embargo, esto se emplea generalmente para señalar la severidad de la roya amarilla del cafeto (*Hemileia vastatrix)*

En otra edición SENASA (2017) también afirma que severidad es esa proporción en términos de área o volumen de una muestra de la planta afectada por la enfermedad, dicho concepto se mide en grados de afectación lo que representa diferentes rangos de porcentajes de severidad en términos de volumen o área de la muestra.

Saavedra & Panihuara (2018) define la severidad como el porcentaje o proporción del tejido u órgano del hospedante con síntomas de la enfermedad. La severidad manifiesta la integración del número y tamaño de lesiones

Según Távara *et al*. (2013) el Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria (INIA) señala que hay 3 fases de ataque de la Roya Amarilla del Cafeto.

- **Fase lenta o inicial:** Infección de pocas hojas y con algunos puntos de infección (Severidad: grados 0 y 1). En el Perú esta fase se observa en las primeras lluvias y con el crecimiento vegetativo de los cafetos.
- **Fase rápida o explosiva:** En esta fase los cambios en la cantidad de enfermedad de un mes a otro son muy rápidos. Se observa desde el mes de enero, febrero, marzo y hasta abril (Severidad: grados 2 y 3).

- **Fase terminal o máxima:** Es la fase en que la roya amarilla del cafeto defolia la planta. Podemos observar los daños en los meses de junio, julio y agosto (Severidad: grado 4).

2.1.7. Gradiente altitudinal en la incidencia de la roya amarilla del cafeto

Gamarra *et al*. (2015) afirman que el inicio del progreso de la enfermedad se encuentra influenciada por la temperatura y la precipitación. Los porcentajes máximos de infección en el follaje tienden a crecer con la edad de las plantaciones y son frecuentemente el 90%, en plantaciones antiguas, sin manejo y en altitudes desde los 650 a 1200 msnm

SENASA (2003) afirma que los sectores con altitudes debajo de 900 m.s.n.m. presentan alta incidencia de problemas fitosanitarios, volviendo al cultivo inaprovechable para el productor, por lo que no se sugiere el cultivo de cafeto por debajo de esta altitud, buscando otras alternativas de producción. De otro lado Mora (2019) afirma que la altitud influye sobre los niveles de daño, ya que la mayor incidencia ocurre a menos de 800 msnm; mientras que a más de 1000 msnm la incidencia de la enfermedad suele ser menor.

Otros autores como Gamarra *et al*. (2015) afirman que se empieza a alcanzar altos niveles de intensidad (severidad/incidencia) debido principalmente al cambio climático, el mismo que ha influenciado para que se desarrolle la enfermedad en casi todo el continente americano donde se cultiva café (México, Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Venezuela, Honduras, Colombia, Brasil, Perú y Bolivia). La altitud incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación.

Távara *et al*. (2013), señalan que la altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 700 msnm y 1 700 msnm. Por encima o debajo de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta y calidad de la cosecha.

2.1.8. Factores climáticos en la incidencia de la roya amarilla del cafeto

Távara *et al*. (2013) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) explican que la presencia de la enfermedad Roya Amarilla del Cafeto se debe a que existen condiciones climáticas favorables (precipitaciones pluviales, exposición directa del suelo al sol) y al manejo agronómico inadecuado e inoportuno como la poda, sombra, limpieza y fertilidad de los suelos por parte de la mayoría de los productores cafetaleros.

2.1.8.1. Temperatura

Távara *et al*. (2013) mencionan que la temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 18 °C a 22 °C. Las condiciones de temperatura en el país favorecen la producción de café de alta calidad siempre y cuando se realice una buena labor de cosecha y beneficio.

De otro lado Núñez *et al*. (2021) manifiestan que el rango de temperatura óptima está entre 18-21 °C; temperaturas por debajo de este rango prolongan el tiempo para la producción de la planta, mientras que temperaturas superiores afectan el llenado de los frutos. La temperatura es considerada la variable climática más importante en las necesidades fisiológicas de la planta de café, se ha evidenciado que un incremento de 1 °C en las temperaturas causa daños a los cultivos. Los incrementos de las temperaturas influyen negativamente en el rendimiento y la

calidad del grano al provocar desprendimiento de los frutos verdes y la cereza, mayor número de granos defectuosos y de bajo peso, modificaciones en las características y atributos sensoriales de los granos verdes y tostados, y fermentaciones que afectan la calidad y seguridad de la bebida.

Autores como Gamarra *et al*. (2015) afirman que el incremento de la temperatura de 1,0 a 1,5 °C promedio durante el día y bajas por la noche de 2 a 3 °C; así como, un incremento de la humedad relativa por las noches a 95%, lo que influye en un comportamiento variable del patógeno y predisposición de susceptibilidad de las plantas de café.

2.1.8.2. Precipitación

Távara *et al*. (2013) señalan que la cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, pues determinan el inicio de la campaña cafetalera y favorecen el crecimiento, la floración y fructificación de la planta. Con menos de 1 000 mm anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta. Con precipitaciones mayores de 3 000 mm, la calidad física del café y la calidad de taza pueden comenzar a verse afectada.

De otro lado Mora (2019) también afirma que los meses de lluvia coinciden con la época de desarrollo vegetativo de la planta y los picos de incremento de la enfermedad con la época de llenado del fruto y cosecha, mientras que, en los meses de marzo a mayo, presentan temperaturas elevadas y baja precipitación y son restrictivas para el desarrollo de la enfermedad.

Saavedra & Panihuara (2018) indican que la disponibilidad de agua es otro factor que influye sobre el desarrollo de la enfermedad a través de su acción sobre el desarrollo de la planta de café. La formación del follaje, el crecimiento de las ramas, la floración y la maduración de los frutos está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua para la planta.

En otro apartado Távara *et al*. (2013) señalan que el hongo *Hemileia vastatrix* necesita condiciones muy particulares para parasitar las hojas de la planta de café. Las salpicaduras de la lluvia inician el proceso de dispersión entre las hojas y entre plantas. La cantidad de horas que permanece la superficie de la hoja mojada, sea por lluvias, rocío o condensación; y la persistencia de una mayor cantidad de horas con temperaturas entre el rango de 18 °C a 28 °C, son los factores del clima que más influyen para que la enfermedad se desarrolle rápidamente.

2.1.8.3. Humedad relativa

Távara *et al*. (2013) indican que niveles superiores al 85 %, es propicio para el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas.

De otro lado Saavedra & Panihuara (2018) mencionan que 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. 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.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Incidencia

Según Castaño (2017) la incidencia se refiere al número de unidades de las plantas que están enfermas visiblemente, usualmente relativo al número total de unidades estimadas. Si se considera a la planta como una unidad de medida, entonces, la incidencia de una enfermedad es la proporción o porcentaje de plantas con síntomas de la enfermedad evaluada

2.2.2. Severidad

Castaño (2017) señala que la severidad de una enfermedad se refiere al área de tejido de la planta que se encuentra enferma. Esta puede ser estimada (o medida) y expresada bien sea como área total (o proporción) o porcentaje de tejido de la planta con síntomas de determinada enfermedad. Una estimación o medida de severidad de enfermedad es con frecuencia un proceso más difícil y más dispendioso en términos de tiempo.

2.2.3. Gradiente altitudinal

Murga *et al*. (2021) señalan que los gradientes altitudinales pueden generar límites ambientales, influyendo en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales. De otro lado Williams & Toledo (2023) afirman que los gradientes altitudinales, como las montañas, funcionan a manera de una herramienta heurística y un experimento natural para probar patrones en la naturaleza, por ejemplo, la relación entre la diversidad de especies y el clima, o la variación de la vegetación con la altitud.

2.2.4. Temperatura ambiental

Mahmud & Gutiérrez (2010) señalan que la temperatura es una magnitud intensiva, relacionada directamente con la Energía Cinética molecular media de las partículas y, en consecuencia, con la agitación de las mismas. De otro lado CANNA (2024) afirma que la temperatura es un elemento esencial en el cultivo y desarrollo de las plantas. Junto con los niveles de luz, dióxido de carbono, humedad del aire, agua y nutrientes, la temperatura influye en el crecimiento de la planta y la productividad de las cosechas.

2.2.5. Precipitación fluvial

INE (2022) señala que la precipitación pluvial es la fase del ciclo hidrológico, que consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, se produce como consecuencia de la condensación, es decir, por la acumulación de vapor de agua en la atmósfera, lo que propicia la formación de nubes.

CONSTRUNEIC (2022) manifiesta que la lluvia se define como todas las formas de humedad que se originan en las nubes y llegan a la superficie de la tierra, la precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, trae agua dulce a las partes desnudas de la corteza terrestre y, por lo tanto, es beneficiosa para la vida.

2.2.6. Humedad relativa

S&P (2018) manifiesta que la humedad relativa es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación).

SECOIN (2019) señala que la humedad relativa es la medida del contenido de vapor de agua en el aire, más explícitamente, es la cantidad de vapor de agua presente en el aire expresada como porcentaje de la cantidad necesaria para lograr la saturación a esa temperatura.

2.2.7. Roya amarilla (Hemileia vastatrix Berkeley y Broome)

Távara *et al*. (2013) definen a la roya amarilla del cafeto como una enfermedad causada por el hongo, parásito obligado *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*; actualmente está considerada como la enfermedad más importante del cultivo de café en nuestro país debido a que provoca la caída prematura de las hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética así como el debilitamiento de árboles enfermos y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de los árboles.

2.2.8. Variedades de cafeto en el Perú

En el Perú tradicionalmente se han sembrado las variedades de café Típica, Bourbon y Caturra pertenecientes a la especie Coffea arábica, de excelente comportamiento agronómico y buena calidad de taza, pero susceptibles al hongo causante de la Roya Amarilla del Cafeto (Távara *et al*., 2013).

- **Variedad Típica:** Fue traída al continente americano hace más de dos siglos. Esta variedad que todavía se siembra más extensamente en nuestro país, posee el grano de mejor calidad, en comparación con otras variedades de cafetos. Destaca por presentar guías verde-marrones, altura promedio de 2,8 a 3,5 m, sus ramas a la cosecha presentan mayor flexibilidad, resistiendo más a

los daños que ocasionan los cosechadores; asimismo, responden mejor a las condiciones de sequía y baja fertilización.

- **Variedad Bourbon:** Se caracteriza por ser de porte alto, posee guía de color verde, es más frágil lo cual hace que al momento de la cosecha ocurra frecuente rotura de ramas, los granos son de tamaño pequeño, pero con bastante regularidad en su producción año tras año.

- **Caturra:** Introducidos al Perú en la década del 50, estas variedades se caracterizan por su porte relativamente pequeño (2,0 m de altura de planta), ramas con entrenudos cortos y arquetipo compacto. La labor de cosecha de estas variedades es relativamente más fácil, los rendimientos por unidad de superficie son mayores siempre y cuando se fertilicen y poden.

2.3. Antecedentes de investigación

2.3.1. Antecedentes Internacionales

Esparra (2022) ejecutó un trabajo denominado “Incidencia, severidad y viabilidad de la roya de la hoja del cafeto (*Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*) en la zona cafetalera de Puerto Rico” esta investigación tuvo como objetivos ejecutar un plan de muestreo de incidencia y severidad de la enfermedad en la zona cafetalera de la isla, realizar una caracterización fenotípica de las muestras de roya presentes y evaluar técnicas de criopreservación de uredosporas para facilitar evaluaciones futuras de la enfermedad. Los muestreos se realizaron en cinco fincas distribuidas en el centro oeste cafetalero, en 12 lotes homogéneos por tres ocasiones durante la cosecha 2020-2021. Ninguno de los lotes recibió la aplicación de ningún fungicida, solo fertilizantes. El primer muestreo se realizó en los meses de julio-

agosto durante el llenado de fruto, la segunda postcosecha en diciembre durante el desarrollo de raíces y el último en los meses de marzo-abril durante la florecida de la próxima cosecha. Se realizó utilizando el método de muestreo en forma de “T” modificado, seleccionando cinco arbustos de cafetos del borde y cinco del centro con un total de 120 observaciones por lote, con el método de conteo y la utilización de diagramas de clases. El 67% de los lotes de café estaban sembrados de variedades resistentes a la roya de la hoja del cafeto, las cuales presentaron una incidencia inicial promedio de 0.7%, luego con un máximo de 26% y finalmente de 9% de incidencia generando un área bajo la curva de progreso de la enfermedad de 3752 AUDPC (Área Under Disease Progress Curve), con una severidad promedio máximo de 0.8% mayormente representada por clorosis. El restante 33% de los lotes estaban sembrados de variedades susceptibles a la roya del café, los cuales presentaron una incidencia inicial promedio de 15%, luego con un máximo de 49% y finalmente de 35% de incidencia generando un área bajo la curva de progreso de la enfermedad de 8848 AUDPC, con una severidad promedio mínimo de 3% a un máximo de 9% de severidad representada mayormente por lesiones con abundantes uredosporas. La sombra permanente, la altitud, el estrato del cafeto y la posición de este en el lote tuvieron efectos aumentando la incidencia y severidad de la roya de la hoja del cafeto. Se compararon dos técnicas para la toma de incidencia en un lote, por conteo de hojas totales y hojas enfermas versus la utilización de un diagrama de clases de la enfermedad en un arbusto y se encontró que tienen una buena correlación (0.7-0.8 R2) cuando la incidencia de la enfermedad es baja, pero a medida que la severidad aumenta esta correlación disminuye (0.4R2). Se evaluó la incidencia de otras plagas y enfermedades de importancia en el cultivo del cafeto y se encontró que el minador del café,

Leucoptera coffeella, fue la plaga con mayor incidencia en ambas variedades. Se evaluaron tres técnicas de criopreservación de uredosporas: (1) seco, (2) suspensión e (3) in situ, a cuatro temperaturas: (1) temperatura ambiente 24±5ºC, (2) nevera 4±2ºC, (3) congelador -20±2ºC y (4) ultra-congelador -70±2ºC. Los tratamientos que mantuvieron porcentajes de germinación viables por encima del 10% de germinación fueron las técnicas de almacenamiento en seco e in situ hasta los seis meses de almacenamiento, a temperaturas ambiente y en nevera. Luego de los seis meses de almacenamiento todos los tratamientos estuvieron por debajo del 10% de viabilidad necesario para inoculación. Se describió la situación actual de la enfermedad de la roya del café en variedades susceptibles y resistentes en la zona centro oeste cafetalero de la isla, y la técnica más eficiente de almacenamiento de uredosporas de la roya de la hoja del cafeto a corto plazo.

Pomacosi (2011) sostuvo una tesis denominada “Incidencia y severidad de plagas y enfermedades en el cultivo de café *Coffea arabica* y su efecto en la calidad y rendimiento en el municipio de Teoponte” el cual se realizó en la Asociación de Productores de Café Ecológico Regional Larecaja (APCERL). El objetivo del trabajo de tesis fue determinar la incidencia y severidad de plagas y enfermedades en el cultivo de café y cómo afecta esto al rendimiento y calidad. Los resultados mostraron que las plagas identificadas fueron *H. hampei* y *Meloydogyne* sp., y como ocasionales a *L. coffeella* y *C. veridis*. En enfermedades se identificó como policíclicas a *H. vastatrix*, *M. citricolor*, *C. coffeicola*, *P. koleroga*, *R. budones* y *R. pepo*, caracterizadas por su explosión epidémica; y como monocíclicas a *C. fimbriata* y *Capnodium sp.*, con características débiles. Par estos casos la incidencia de H. hampei fue de 20,5%, pasando el nivel permitido de 5%, con afectación de frutos. En cuanto a las enfermedades se identificaron la H. vastatrix

y M. citricolor, presentaron infecciones de 50,9% y 22%, pasando el nivel permitido de 10%, causando defoliación en cafetales. En el control de H. hampei, se empleó la cosecha sanitaria en 77% y la aspersión de *B. bassiana*, con patogenicidad de 8,1%. En *H. vastatrix* y *M. citricolor*, se empleó desyerbes en 62%; la aspersión de biol de agua miel, con efectividad de 15%; el control químico (autorización de la certificadora) con el fungicida de contacto Rancaf (etiqueta azul), controlando en 48,3% y 83,3% respectivamente; se aplicó también la poda sanitaria y de renovación (pillu) con técnica y herramientas adecuadas, evitando la enfermedad cáncer del tronco C. fimbriata. El daño económico por H. hampei presento una pérdida de 9,5 $/qq de café pergamino seco, con una recuperación de 0,6 $/qq por el hongo B. bassiana, desconociendo el daño causado por las enfermedades foliares de roya y ojo de gallo debido a su complejidad. El manejo de plagas y enfermedades, permitió recuperar la producción del cultivo, cumpliendo los objetivos trazados en el proyecto, siendo necesario reforzar su control, con la incorporación de nuevos métodos y agentes de control.

2.3.2. Antecedentes nacionales

Valle (2017) en su investigación titulada “Diagnóstico de incidencia y severidad de la roya amarilla (*Hemileia Vastatrix Berk. & Br*.) en cultivares de cafeto en los sectores de Pampa Rosario y Santa Barbara del distrito de Santa Ana - La Convención-Cusco”, tuvo como objetivos: Evaluar el porcentaje de incidencia y grado de severidad de la Roya Amarilla (*Hemileia vastatrix Berk. & Br*.) en 02 cultivares de café, y establecer su comportamiento en los sectores en estudio. Empleó metodología descriptiva (no experimental), para el diagnóstico y determinación de porcentaje de incidencia y grado de severidad se utilizó el formato

de evaluación del SENASA. Los resultados mostraron que el porcentaje de incidencia de la Roya Amarilla del cafeto en el sector de Santa Bárbara y Pampa Rosario del distrito de Santa Ana fue que el cultivar typica que es el más cultivado en el sector de Pampa Rosario y Santa Bárbara, presenta una incidencia de 76.75%; la variedad caturra presenta una incidencia de 70.8%; lo que indica que son susceptibles a la roya amarilla. El grado de severidad de la Roya Amarilla del cafeto en el sector de Pampa Rosario y Santa Bárbara para la variedad Typica fué del 45.4% grado de severidad en grado 3, seguida de la variedad Caturra que presenta una severidad de 42 % en grado 3; por lo tanto, ambas variedades son susceptibles a la roya amarilla. El mayor porcentaje de incidencia de la roya amarilla se presentó a altitudes de 1900 a 2100 m. la variedad Typica presento 76.75 % y la variedad Caturra 70.80%. Respecto al grado de severidad se dio a altitudes de 1900 a 2100m en la variedad Typica en un 45.43 %, y en la variedad Caturra a altitudes de 2100 a 2200 con 42.75%

Paima (2017) en el trabajo denominado " Influencia de tres pisos altitudinales en las características físicas y sensoriales del café (Coffea arábica L.), variedad Catimor en los distritos de Lamas y Alonso de Alvarado Roque" evaluó las características físicas y sensoriales del café variedad Catimor en tres pisos altitudinales, en Lamas a altitudes de 800, 950 y 1100 m.s.n.m. y en Alonso de Alvarado Roque a altitudes de 860, 1150 y 1500 m.s.n.m. los cuales procesaron para determinar las características físicas y sensoriales del café con tres panelistas altamente entrenados. Los resultados obtenidos muestran para los análisis físicos los granos con mayor tamaño son para las zonas altas en ambas localidades, siendo 269 gramos para Alonso de Alvarado Roque y 211.9 para Lamas. El mayor rendimiento se encontró para la parte media y alta de Alonso de Alvarado Roque

con un 78%. En la parte sensorial no se encontraron diferencias significativas entre las localidades, ni en las altitudes y tampoco en la interacción localidad-altitud.

Saavedra & Panihuara (2018) en una investigación denominada “Determinación de los factores epidemiológicos de la roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix Berk. & Br.)* en el distrito de Ocobamba – La Convención – Cusco” realizado durante los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2016; se planteó identificar los factores epidemiológicos que favorecen a la incidencia y severidad de la Roya Amarilla del café en el distrito de Ocobamba, mediante el registro de las variedades cultivadas de café, evaluación de la incidencia y severidad de la roya amarilla del café según variedad, relación de la influencia de la altitud, humedad relativa y la temperatura en la incidencia y severidad de la roya amarilla del café con respecto a las variedades, relación de la edad del cultivo y las labores agronómicas. Como metodología se evaluó 64 unidades agropecuarias distribuidas en las tres microcuencas del distrito de Ocobamba; el método de muestreo fue en “T”. Para determinar la incidencia y severidad de la enfermedad se utilizó las escalas diagramáticas propuestos por SINAVEF (Servicio Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria); el cálculo de la severidad e incidencia se efectuó mediante las ecuaciones planteadas por el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). Para la determinación de los factores agroclimáticos se realizó mediciones directas de altitud, temperatura y humedad relativa con el uso de GPS, termómetro, higrómetro; la precipitación pluvial se obtuvo con el reporte del SENAMHI de la estación ubicado en el distrito de Yanatile. Como resultado, el cultivar Typica predomina, seguido por Catimor en el sistema de los agricultores es menos afectado; con la enfermedad; a mayor altitud la incidencia y severidad de la roya amarilla disminuye; la humedad relativa y la temperatura influye en la presencia de

la enfermedad solo para las variedades Typica, Caturra y Bourbon, para el caso de la variedad Catimor la humedad relativa y temperatura no tiene influencia en la presencia de la enfermedad. A mayor edad del cultivo la incidencia y severidad de la enfermedad es mayor; las labores culturales realizadas en el cultivar Catimor influyen en la disminución de la incidencia y severidad de la roya amarilla en la zona de estudio.

Aguilar (2018) en un trabajo de investigación denominado "Selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (Coffea arabica L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix berk & br.*) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín", tuvo como objetivo principal seleccionar y evaluar plantas matrices promisorias de café (Coffea arabica L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix Berk & Br*) de cuatro provincias (Rioja, Lamas, Huallaga, El Dorado), en dos pisos altitudinales (700 - 1000, 1000 - 1300 m), tres variedades de café (Caturra, Pache, Nacional) con respecto al índice de intensidad del daño de la roya. Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 4x2x3, los datos obtenidos en campo fueron procesados con el programa estadístico SPSS 21. Los resultados obtenidos en la prueba de significancia de Tukey, indican que la variedad de café Pache fue la que obtuvo una alta intensidad de daño (Sig.= 0.003) a comparación de la variedad Nacional. Con la prueba de T – Student, se determinó que no existe diferencia significativa entre los dos pisos altitudinales estudiadas con respecto al índice de intensidad de daño de roya, dado que el T observado (0.152) fue menor al T probabilístico (1.657). Se concluye, que al 95% de confianza existe diferencia significativa en cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la región San Martín con respecto al índice de intensidad del daño de la roya en plantas de café (Sig.= 0.000), específicamente la provincia del Dorado en una altitud de 1000

a 1300 msnm, presentó descriptivamente una media (2,507.937) de mayor índice en intensidad de daño.

Bartra (2021) en su trabajo denominado “Influencia ecofisiológica de tres variedades de (*Coffea arabica* L.) "café" en cuatro pisos altitudinales, en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba”, evaluó la respuesta ecofisiológica de tres variedades de café (“Caturra”, “Pache” y “Catimor”), en cuatro pisos altitudinales (1000, 1100, 1200 y 1300 msnm). Se registró variables meteorológicas y variables morfológicas, incidencia y severidad de “Roya”. En la fase experimental se registró las mediciones meteorológicas y morfológicas y se los trabajo en gabinete. El diseño estadístico consistió en la aplicación de un experimento en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo bi-factorial (4A*3B) con interacción de 3 bloques y 12 tratamientos. Los parámetros meteorológicos, temperatura y humedad relativa presentaron distribuciones homogéneas y estables en todos los pisos, la precipitación presentó distribución heterogénea; los resultados del diseño estadístico, proyectan que la variedad “Caturra” en el piso 1100 msnm, la variedad “Pache” en el piso 1000 msnm y la variedad “Catimor” en el piso 1300 msnm, tuvieron las mejores respuestas morfológicas. Sin considerar variedades, se determinó que el piso 1100 luego el piso 1000 msnm registraron mejores respuestas morfológicas en el “Café”. Por estos resultados se concluye que los pisos adecuados para el cultivo de “Café” son 1000 y 1100 msnm, considerando los aspectos morfológicos número de hojas y ramas, discriminando la altura.

Calderón (2012) en una investigación denominada “Epidemiología de la roya del café causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., en las regiones central y sur occidental de Guatemala, C.A.”, estudió los factores epidemiológicos que facilitan

la aparición de Roya Amarilla en plantas de café ubicadas en diferentes altitudes. El método consistió el evaluar 192 plantas, se contabilizaron las hojas enfermas ubicadas en la zona media y baja del cultivo por un lapso de 30 días. Los resultados mostraron que la roya se desarrolla entre los 500 y 1200 m.s.n.m., pero las plantaciones ubicadas entre los 700 y 1200 m.s.n.m. son los más susceptibles a la enfermedad. Se observó una tasa de incremento de la roya de 1.8 plantas por día, con incidencia del 89% a 536 m.s.n.m. para la variedad caturra y el menor incremento fue de 0.13 plantas por día con incidencia del 15% para 1182 m.s.n.m. para la variedad Catimor. Se concluyó que las generar curvas de progreso, evaluar daños y relacionarla con la fenología del café validan los métodos de muestreo empleados en el presente trabajo.

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La gradiente altitudinal influye en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*, en tres cultivares de cafeto en Santa Ana - La Convención.

3.1.2. Hipótesis específicas

La incidencia y la severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* difieren significativamente entre los distintos rangos altitudinales evaluados en Santa Ana – La Convención para los tres cultivares de cafeto.

Las variables climáticas influyen en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*, en tres cultivares de cafeto en Santa Ana - La Convención.

3.2. Identificación de variables e indicadores

3.2.1. Variable independiente

- Gradiente altitudinal
- Cultivares de cafeto

3.2.2. Variable dependiente

- Incidencia de roya amarilla
- Severidad de roya amarilla

3.2.3. Variables intervinientes

- Condiciones climáticas
- Prácticas agrícolas

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables por indicadores, dimensiones y técnicas

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medición
VI: Gradiente altitudinal Cultivares de café	Altitud	• 1100 – 1300 m • 1300 – 1500 m • 1500 – 1800 m	• Altímetro
	Variables climatológicas	• Temperatura • Precipitación • Humedad	• Termógrafo • Pluviómetro • Higrógrafo
	Cultivar	• Typica • Caturra • Bourbón	• Ficha técnica
VD: Incidencia	Incidencia	• Porcentaje de incidencia	• Ficha de evaluación de campo
Severidad	Severidad	• Grado de severidad	• Ficha de evaluación de campo

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ámbito de estudio

El presente trabajo tuvo lugar en los sectores de Serranuyoc, Esmeralda y Tunquimayo sector de Santa Ana perteneciente al distrito de Santa Ana de la Provincia de La Convención a una distancia aproximada de 340 km de la capital departamental que es Cusco y a 15 km de distancia de la capital provincial de La Convención.

4.1.1. Ubicación

- Región: Cusco
- Provincia: La Convención
- Distrito: Santa Ana
- Sectores: Serranuyoc, Esmeralda, Tunquimayo

4.1.2. Ubicación hidrográfica

- Vertiente: Atlántico
- Cuenca mayor: Amazonas
- Cuenca mediana: Medio Urubamba
- Subcuenca: Chuyapi

4.1.3. Ubicación geográfica

- Altitud: 2100 m.s.n.m.
- Latitud Sur: 12°52′38″S
- Latitud Oeste: 72°42′01″O

Figura 1

Ubicación de la provincia La Convención en la región Cusco

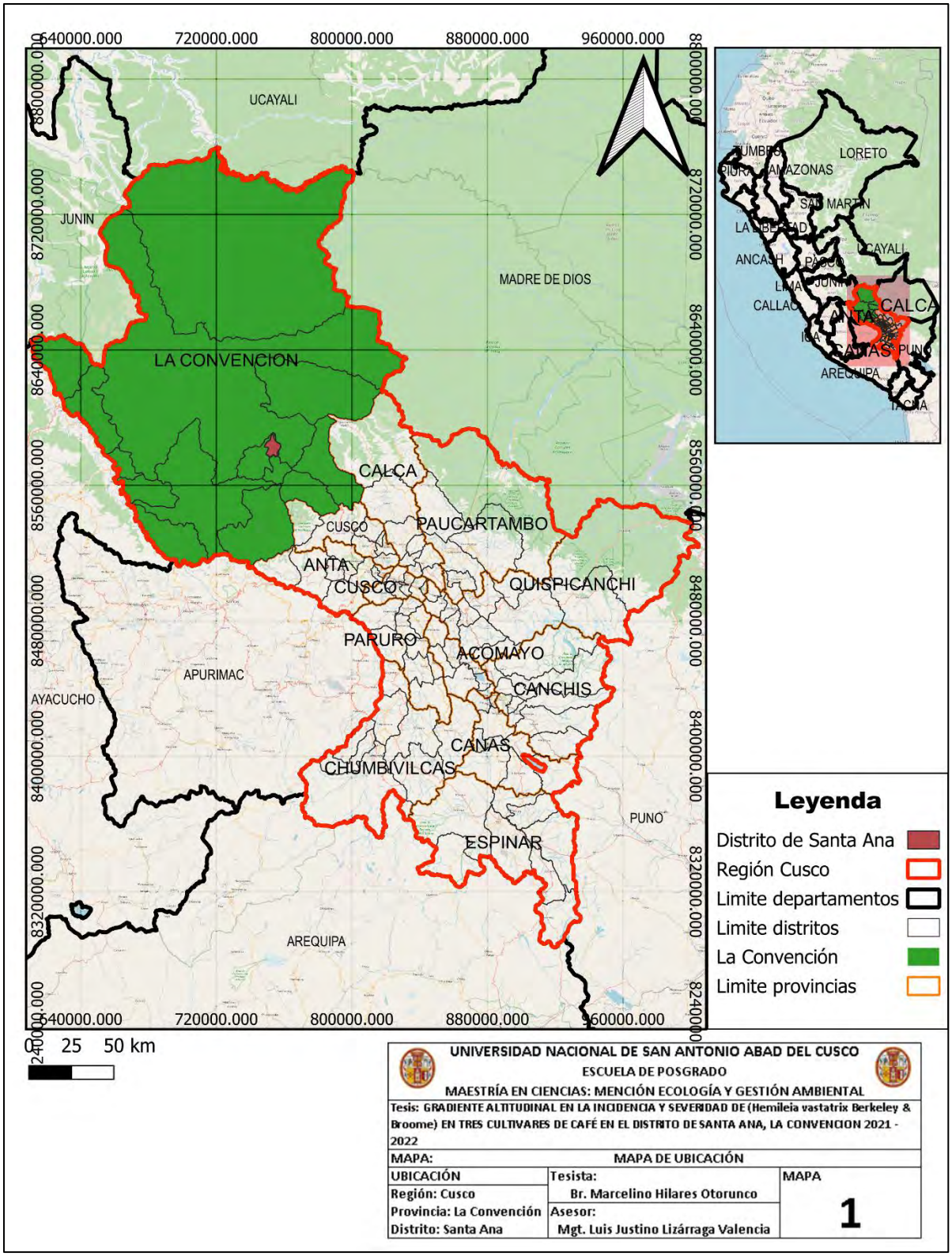
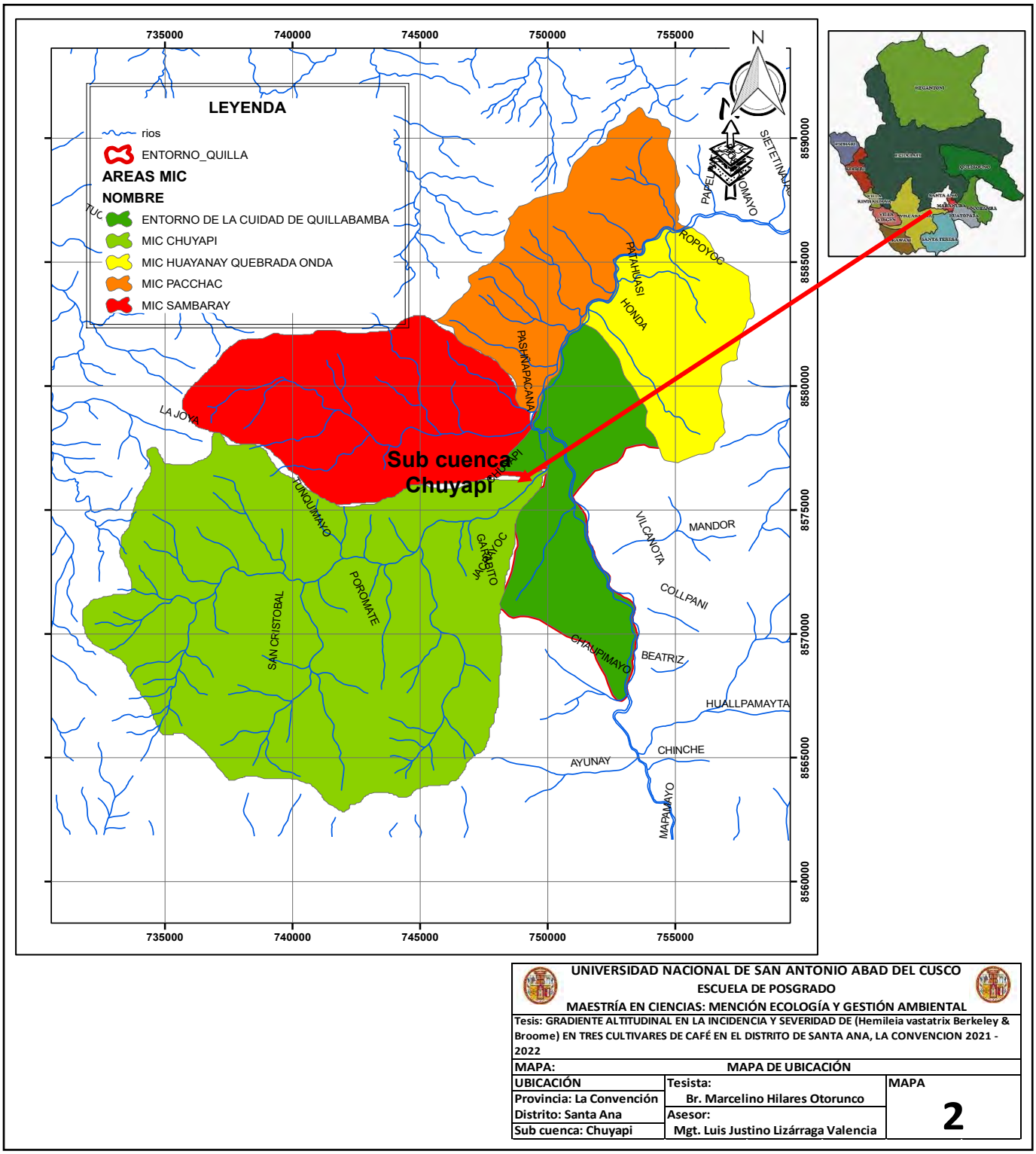


Figura 2

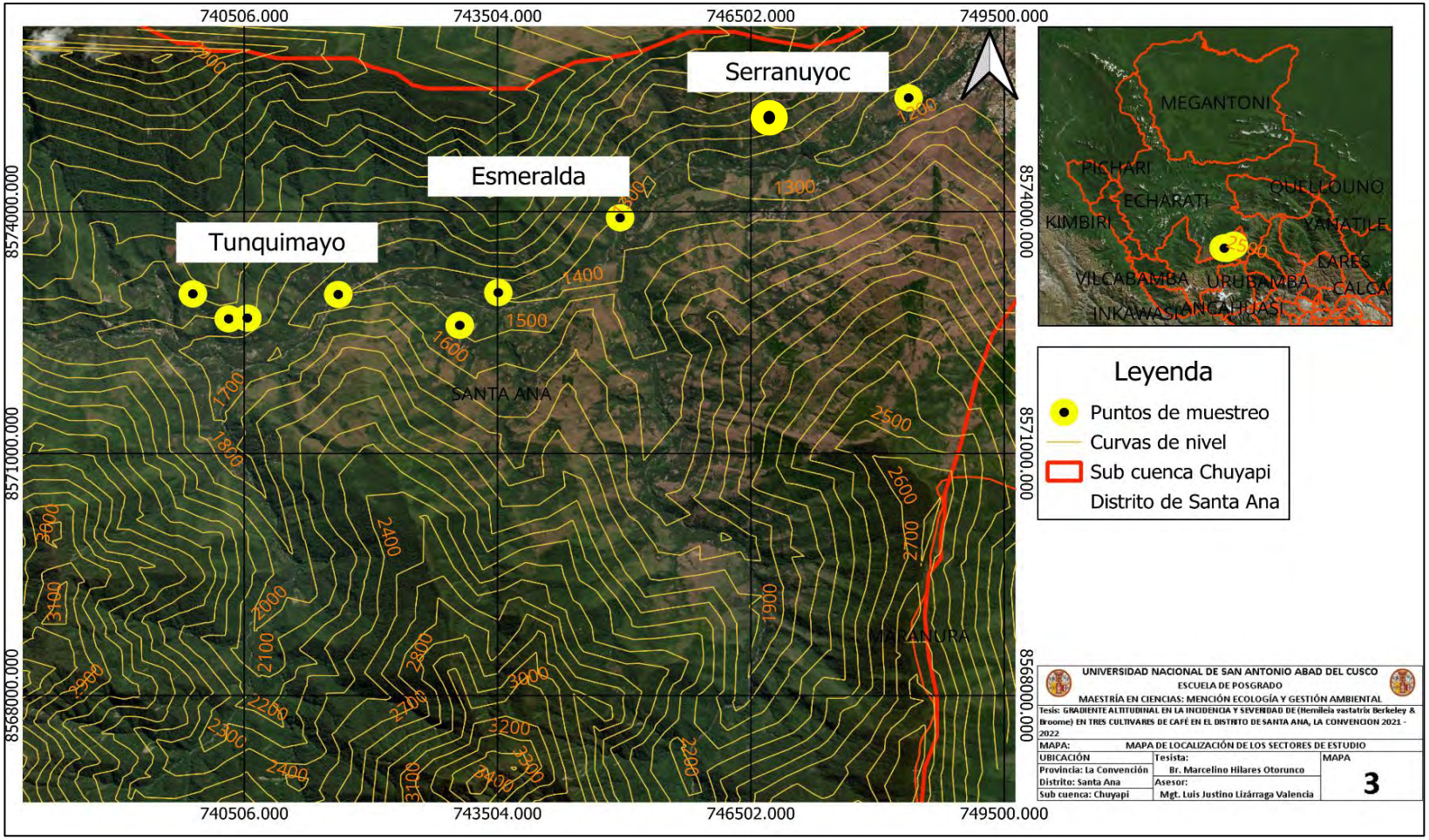
Ubicación del distrito de Santa Ana en la provincia La Convención



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN CIENCIAS: MENCIÓN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL		
Tesis: GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE (Hemileia vastatrix Berkeley & Broome) EN TRES CULTIVARES DE CAFÉ EN EL DISTRITO DE SANTA ANA, LA CONVENCION 2021 - 2022		
MAPA:	MAPA DE UBICACIÓN	
UBICACIÓN	Tesista:	MAPA
Provincia: La Convención	Br. Marcelino Hilares Otorunco	2
Distrito: Santa Ana	Asesor:	
Sub cuenca: Chuyapi	Mgt. Luis Justino Lizárraga Valencia	

Figura 3

Localización de los sectores de investigación



4.1.4. Ubicación ecológica

- ❖ Temperatura: 25 °C
- ❖ Precipitación: 1151.41 mm
- ❖ Humedad: 88.39%
- ❖ Zona de vida: Bosque húmedo sub tropical (Holdridge, 1947).

Tabla 2

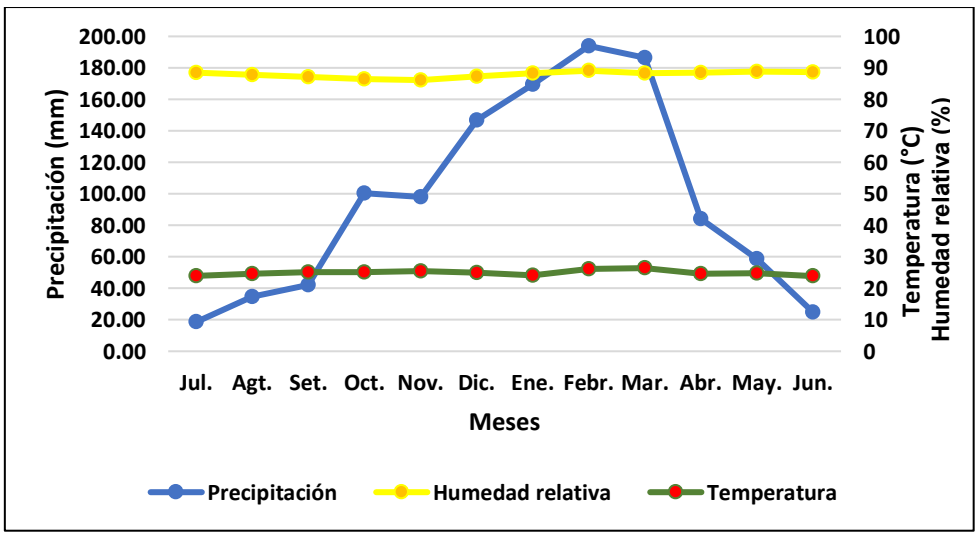
Datos meteorológicos mensuales 2016 – 2023 distrito de Santa Ana – La Convención

Variable	Valores promedio 2016 – 2023												$\overline{X}$
	Jul.	Agt.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	
Precipitación	18.59	34.81	42.06	100.34	98.16	146.96	169.41	193.94	186.49	84.19	58.68	24.80	96.53
Humedad relativa	88.4	87.76	87.06	86.38	86.12	87.28	88.29	89.09	88.3	88.53	88.81	88.72	87.89
Temperatura	23.87	24.54	25.21	25.13	25.44	24.95	24.11	26.09	26.4	24.55	24.71	23.86	24.91

Fuente: SENAMHI / DRD

Figura 4

Variación de la precipitación, temperatura y humedad relativa 2016 – 2023 distrito de Santa Ana



Fuente: SENAMHI / DRD

4.1.5. Delimitación temporal

La investigación fue realizada entre los meses de mayo a julio del 2023. El trabajo de campo tuvo lugar en los sectores Serranuyoc, Esmeralda, Tunquimayo.

4.2. Materiales y equipos

4.2.1. Materiales

- Cinta métrica
- Regla milimetrada
- Bolsas de papel
- Marcador indeleble
- Libreta de campo
- Lupa
- Fichas de registro y evaluación
- Escalas de medición

4.2.2. Equipos

- Pluviómetro
- Altímetro
- GPS
- Higrografo
- Cámara fotográfica

4.3. Tipo y nivel de investigación

El trabajo de investigación es del tipo análisis correlacional cuantitativo, puesto que se tomaron datos a partir de la observación de las variables y relación entre estas, y transversal por evaluar las variables en un solo tiempo. Hernández *et al*. (2014)

“refieren que un nivel de investigación correlacional tiene como propósito asociar dos o más variables en sus respectivos contextos con las relaciones que se pueden establecer entre diferentes variables. Un estudio de correlación determina el grado de relación entre dos variables”.

4.4. Unidad de análisis

Las unidades de análisis están representadas por las plantaciones de café de las variedades Bourbon, Caturra y Typica distribuido en los gradientes 1100-1300, 1300-1500 y 1500-1800 m.

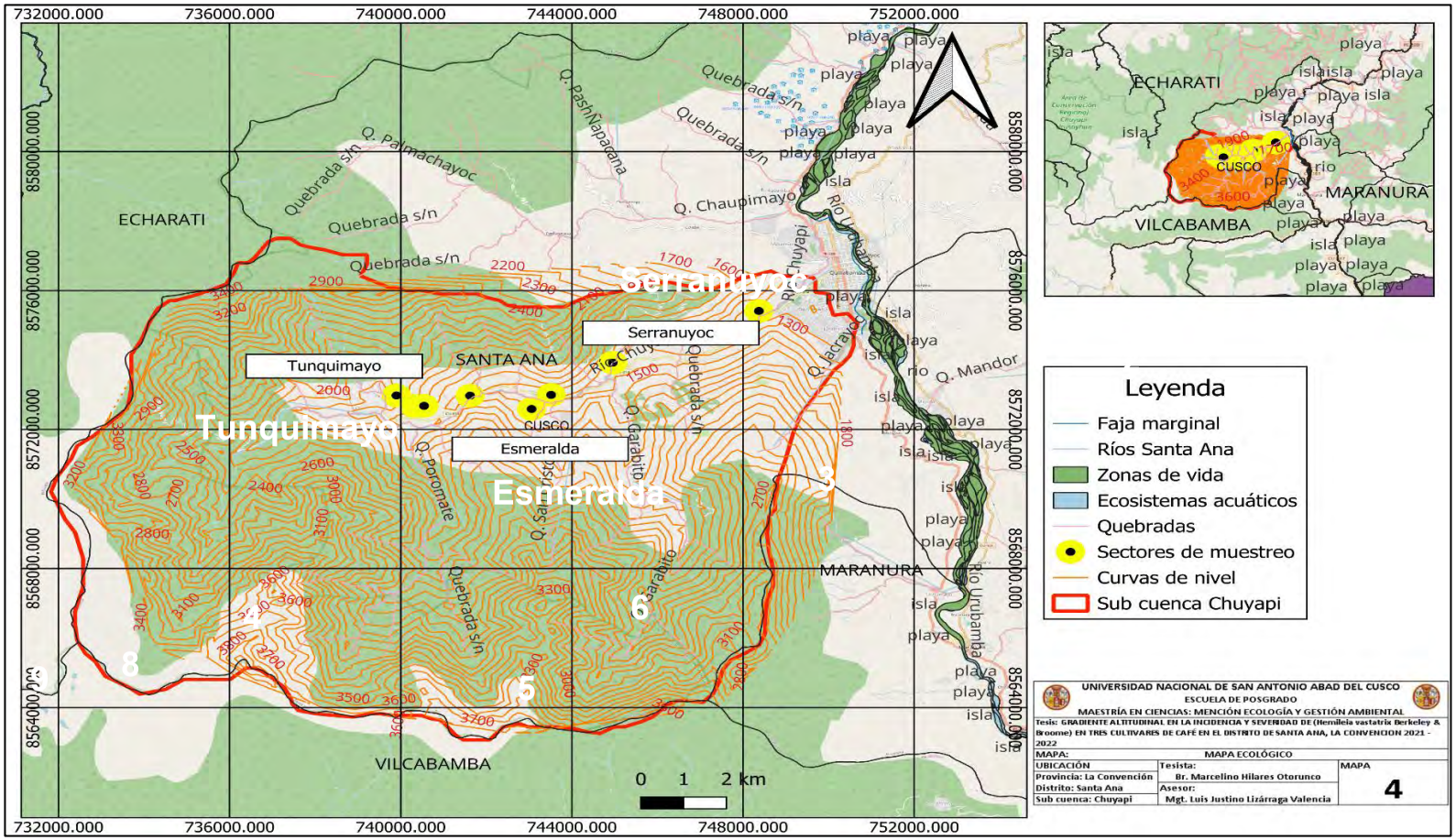
Tabla 3

Unidad de análisis por piso altitudinal, variedad de cafeto y ubicación

N°	Piso altitudinal (m)	Cultivar	Propietario de finca	UTM	
				X	Y
1	1100 a 1300	Typica	Lucila Salcedo Solis	748369	8575411
2		Caturra rojo	Julio Colque Coa	744954	8573923
3		Bourbon	Rolando Cusi Baca	746597	8574630
4	1300 a 1500	Typica	Leonor Gil Flores	743512	8572996
5		Caturra rojo	Orlando Perez Aragon	743056	8572590
6		Bourbon	Teresa Condori Bohorquez	741618	8572973
7	1500 a 1800	Typica	Roger Diaz Suca	740321	8572671
8		Caturra rojo	Bernardino Ayme Callapiña	739897	8572980
9		Bourbon	Oscar Diaz Suca	740542	8572680

Figura 5

Mapa ecológico de los sectores Serranuyoc, Esmeralda y Tunquimayo – sub cuenca Chuyapi



Fuente: Elaboración propia según información levantada en campo con GPS

4.5. Población de estudio

La población fue distribuida por sectores denominados Serranuyoc, Esmeralda y Tunquimayo, las que tienen producciones de café de las variedades Bourbon, Caturra roja y Typica. La distribución de la población fue de la siguiente manera:

Tabla 4

Distribución de la población de plantas por gradiente altitudinal y sectores

N°	Gradiente altitudinal	Sector	Distrit0o	Área (Ha)	Número de plantas
1	1100 a 1300	Serranuyoc,	Santa Ana	1.5	7500
2	1300 a 1500	Esmeralda,		1.5	7500
3	1500 a 1800	Tunquimayo		1.5	7500
Total				**4.5**	**22500**

Fuente: Elaborado a partir de datos de campo

Cada sector está en diferente gradiente altitudinal, de aquí se tomó la población de 25000 plantas de cafeto correspondientes a 4.5 hectáreas por ámbito, y 7500 plantas por cada sector evaluado.

4.6. Tamaño de muestra

Para la selección de muestras se siguieron las normas sanitaria del Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú SENASA (2013) donde se tomó 10 plantas de manera aleatoria por cada parcela durante cada evaluación haciendo un total de 60 durante la duración de toda la investigación considerando parcelas que poseen 0.5 hectárea de cultivo de café como unidades de análisis mediante un recorrido en “zig zac” o “S” como se describe en el método de recolección de identificación de muestras. La distribución del número de plantas para la selección de muestras fue como se muestra a continuación:

Tabla 5

Número de plantas para la elección de muestras

N°	Gradiente altitudinal	Cultivar	Área (Ha)	Plantas evaluadas
1	1100 a 1300	Typica	0.5	60
		Bourbón	0.5	60
		Caturra roja	0.5	60
2	1300 a 1500	Typica	0.5	60
		Bourbón	0.5	60
		Caturra roja	0.5	60
3	1500 a 1800	Typica	0.5	60
		Bourbón	0.5	60
		Caturra roja	0.5	60
		Total	4.5	540

Fuente: Elaborado en gabinete

4.7. Técnicas de selección de muestra

SENASA (2013) propone el marco de la “Unidad básica de gestión de manejo integrado de plagas del cafeto” de la “Dirección de Sanidad Vegetal” del “Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego” bajo la **DIRECTIVA GENERAL N° 0 008 88–2003–AG–SENASA–DGSV–DPF,** la ficha para la evaluación de incidencia y severidad en cafeto; en ese entender, se empleó la ficha de campo denominado “Ficha de evaluación en campo SENASA”, para determinar incidencia y severidad de la Roya Amarilla del Cafeto, en tres gradientes altitudinales ubicados entre los 1100-1300, 1300-1500 y 1500-1800 m que tienen producciones de café de las variedades Typica, Bourbón y Caturra roja.

4.8. Actividades realizadas

4.8.1. Descripción de la evaluación de campo

4.8.1.1. División de gradientes altitudinales

Las parcelas objeto de estudio estuvieron ubicadas en los sectores de Serranuyoc, Esmeralda y Tunquimayo, estos se dividieron en tres gradientes altitudinales: 1100 a 1300 m, 1300 a 1500 m y 1500 a 1800 m.

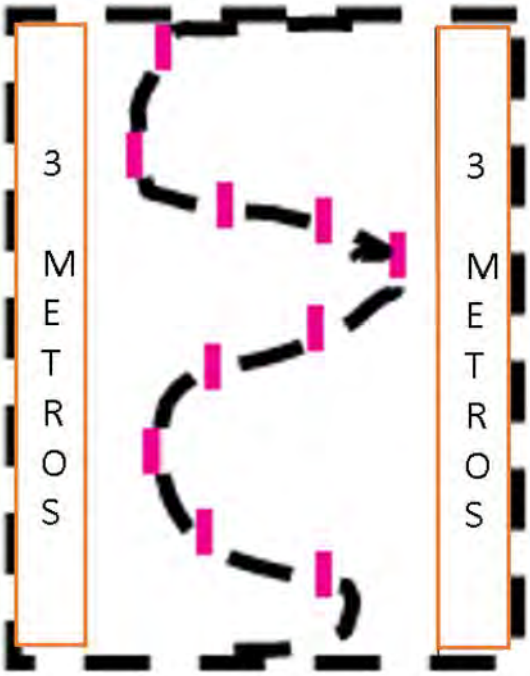
4.8.1.2. Evaluación por cada ½ hectárea de cultivo

Después de determinar los gradientes altitudinales, se procedió a identificar tres parcelas cada una de 0.5 hectáreas por cada variedad de café que son: Típica, Bourbon y Caturra roja.

Según SENASA (2013) en cada 0.5 hectárea con una pendiente de 10° a 25° de inclinación y un recorrido o trayectoria realizada en forma de “S” se seleccionó diez plantas de café de forma aleatoria para determinar incidencia y grado de severidad de la Roya amarilla que fueron registrados en formatos de campo denominados “Evaluación de plagas de campo”. El recorrido mencionado desprecia 3 metros a ambos lados de la parcela lo que se denominó “Factor borde” como se muestra a continuación:

Figura 6

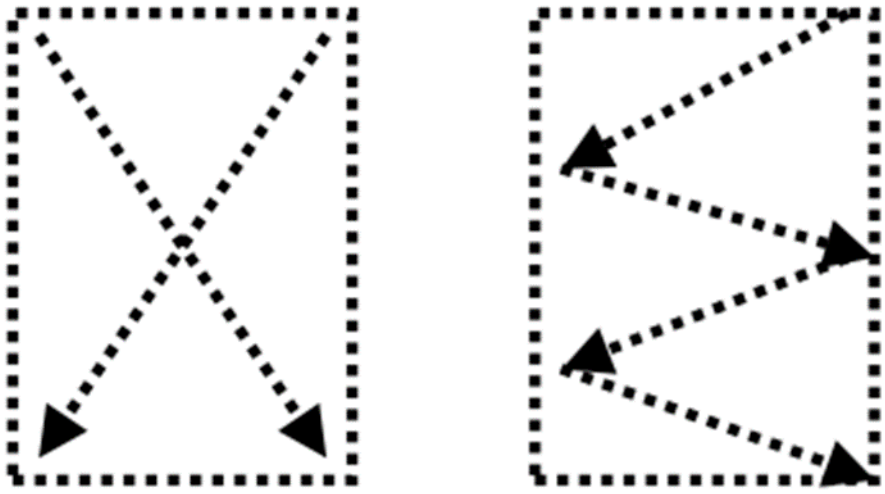
Recorrido en "S" obtenido del formato "Evaluación de plagas de campo"



Fuente: **SENASA (2013)**

Figura 7

Otros recorridos para terrenos en llano



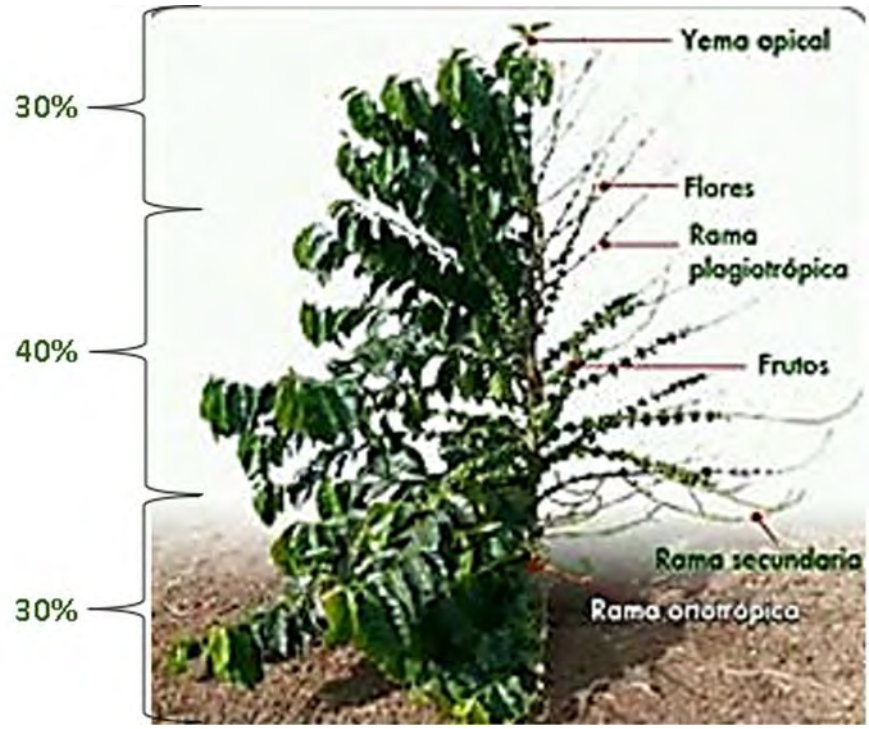
Fuente: SENASA (2013)

4.8.1.3. Evaluación por planta

Las plantas de cafeto fueron divididas en tres secciones o tercios, uno inferior (30%) medio (40%) y superior (30%). Por cada tercio se tomó hojas en la proporción tres, cuatro y tres hojas haciendo un total de 10 por planta.

Figura 8

Distribución de tercios de la planta del café para incidencia (%) y severidad (grados)



4.8.1.4. Incidencia

Luego de tomar las 10 hojas se contabilizaron cuantas presentan afectación de la enfermedad, para luego anotarlos en el formato “Evaluación de plagas de campo”, este procedimiento determinó el porcentaje de incidencia de la enfermedad, mediante la fórmula (Barquero, 2013) (SENASA, 2013):

$$\%\ \text{incidencia hojas (IEh)} = \frac{\text{N° de hojas enfermas}}{\text{N° hojas totales (sanas y enfermas)}}$$

4.8.1.5. Severidad

Posteriormente se realizó una apreciación visual del grado de severidad en las mismas 10 hojas tomadas anteriormente. Para esto se empleó la existencia de 4 grados de severidad y uno denominado “paloteo” considerado el más grave. Identificado el grado se severidad de las 10 hojas se tomó un promedio en “grados de severidad” mediante la fórmula (SENASA, 2003).

$$\text{Severidad de la enfermedad} = \frac{\text{Superficie (área) de tejido enfermo}}{\text{Área total evaluada}}$$

Tabla 6

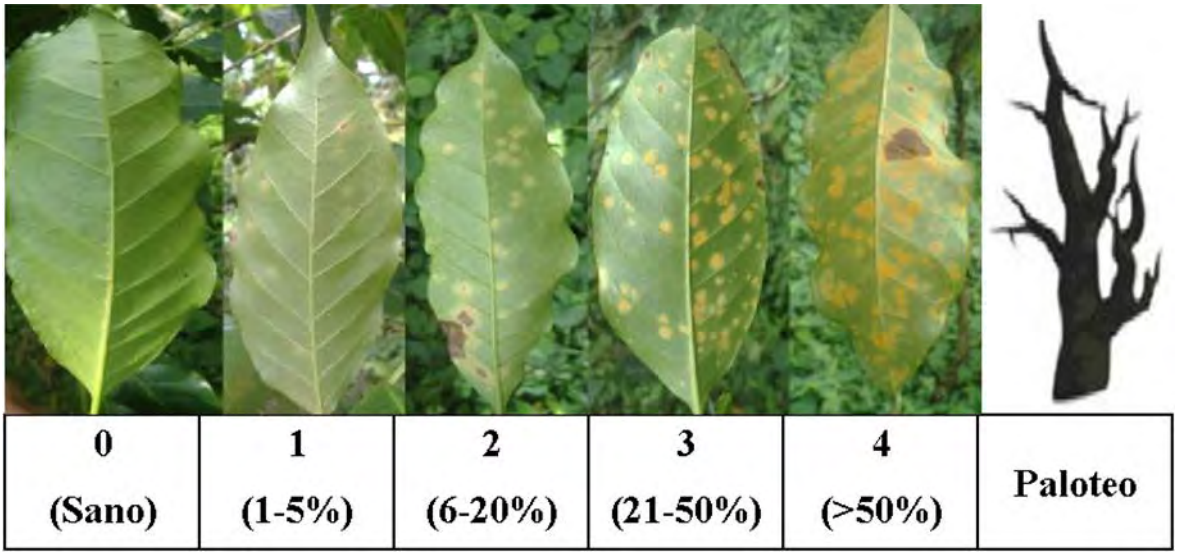
Escala de severidad de la roya del café

Grado o calificación	Descripción
0	Sano o sin síntomas
1	Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
2	Las manchas empiezas a unirse llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana
3	Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria afectando el 21 al 50% del área sana
4	Mayor al 50% del área foliar se encuentra afectada
Paloteo	Donde se observa ausencia de follaje en gran proporción

Fuente: LANREF (2010) y SENASA (2013)

Figura 9

Grados de severidad de la roya amarilla (% área foliar afectada)



4.8.2. Frecuencia de evaluación

Se realizaron 06 evaluaciones cada quince días en los 03 gradientes altitudinales y en cada sector evaluado, durante tres meses consecutivos.

4.8.3. Evaluación altitudinal y climática

4.8.3.1. Altitud

Se tomó la altitud de cada parcela evaluada y por cada gradiente altitudinal, empleando un altímetro y GPS como método de medición:

Tabla 7

Datos generales de altitud por gradiente, sector, agricultor y número de parcela

Gradiente altitudinal	Sector	Agricultor	N° de Parcela	Altitud media por parcela
1100 – 1300	Serranuyoc	Rolando Cusi Baca Julio Colque Ccoa Lucila Salcedo Solís	1 2 3	1262 1300 1172
1300 – 1500	Esmeralda	Teresa Condori Bohorquez Orlando Pérez Aragón Leonor Gil Flores	4 5 6	1500 1479 1423
1500 – 1800	Tunquimayo	Oscar Díaz Suca Bernardino Ayme Callapiña Roger Díaz Suca	7 8 9	1794 1800 1795

Fuente: Datos tomados en campo con altímetro

4.8.3.2. Temperatura

Los datos de temperatura fueron tomados de la base de datos del SENAMHI, considerando las temperaturas promedio de los últimos 8 años (2016 – 2023) en el distrito de Santa Ana, a partir del cual se relacionó con la temperatura determinada en campo para los meses que duró la investigación.

Tabla 8

Variación de la temperatura mensual durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana

Año	Temperatura mensual (°C)												$\overline{X}$
	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agt.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
2016	26.14	24.98	25.46	25.23	24.15	23.62	23.5	25.26	25.52	24.62	26.87	25.37	**25.06**
2017	24.73	24.71	25.34	25.65	25.27	25.03	24.03	26.24	25.08	26.07	25.43	25.72	**25.27**
2018	25.37	24.42	23.94	24.49	24.82	23.22	23.39	23.44	26.4	24.95	23.7	24.69	**24.40**
2019	24.36	23.61	24.12	24.2	24.78	23.99	24.22	24.18	25.21	24.72	25.16	23.8	**24.36**
2020	24.14	23.77	24.95	24.89	24.75	23.84	23.85	24.13	24.78	24.83	26.1	25.19	**24.60**
2021	24.34	24.86	24.84	25.02	24.97	24.6	23.71	24.27	24.64	25.41	25	24.9	**24.71**
2022	25	24.58	24.6	24.91	24.28	22.76	24.42	24.29	24.85	25.34	25.82	24.99	**24.65**
2023	18.8	37.8	38	22	24.71	23.86	23.87	24.54	25.21	25.13	25.44	24.95	**26.19**

Fuente: SENAMHI - DRD

4.8.3.3. Humedad relativa

Los datos de humedad fueron tomados de la base de datos del SENAMHI, considerando la variación de la humedad de los últimos 8 años (2016 – 2023) en el distrito de Santa Ana, a partir del cual se relacionó con la humedad determinada en campo utilizando el higrómetro para los meses que duró la investigación:

Tabla 9

Variación de la humedad relativa mensual durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana

Año	Humedad relativa mensual (%)												$\overline{X}$
	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agt.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
2016	88.42	84.53	85.69	86.66	87.6	88.22	86	85.35	86.39	84.93	83.32	85	**86.01**
2017	84.81	88.32	85.9	88.13	86.75	84.07	85.84	84.88	83.75	80.56	81.44	84	**84.87**
2018	85.43	87.4	87.8	85.35	86.29	86.03	87.27	87.23	83	84.58	85.89	85.6	**85.99**
2019	86.01	87.49	87.06	89.45	89.94	89.73	88.77	87.67	88.66	88.57	86.97	88.21	**88.21**
2020	88.7	90.26	88.93	87.4	87.65	89.44	86.97	86.28	85.45	84.66	84.41	85.7	**87.15**
2021	89	90	87.08	87.4	87.65	87.5	86.97	86.28	85.45	84.66	84.41	85.7	**86.84**
2022	87.06	88	87.08	87.4	95.82	96.02	96.99	96.65	96.7	96.67	96.4	96.73	**93.46**
2023	96.85	96.71	96.88	96.43	88.81	88.72	88.4	87.76	87.06	86.38	86.12	87.28	**90.62**

Fuente: SENAMHI - DRD

4.8.3.4. Precipitación

Los datos de precipitación fueron tomados de la base de datos del SENAMHI, considerando la variación de la humedad de los últimos 8 años (2016 – 2023) en el distrito de Santa Ana, a partir del cual se relacionó con la precipitación determinada en campo para los meses que duró la investigación, utilizando un pluviómetro.

Tabla 10

Variación de la precipitación mensual durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana

Año	Precipitación total mensual (mm)												$\overline{X}$
	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agt.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
2016	142.8	146.8	31.7	84.3	18.4	4	15	47.2	81.7	91	24.3	173.4	**71.72**
2017	161.9	187.6	212.7	92.1	82.8	20.9	2.2	42.3	38.6	56.4	140.2	111	**95.73**
2018	178.2	206.8	285.8	35.2	52.8	57	27	34.9	5	194.8	85.8	135	**108.19**
2019	175.2	220	107	116.4	97.4	24.8	25.2	41.47	58.4	167.2	190.1	178.7	**116.82**
2020	182.4	243.4	202.8	82	62.85	26.68	17.35	27	28	98.4	56.6	130.2	**96.47**
2021	182.4	158.2	179.8	113.4	37.8	25.8	24.4	17.2	42.3	79	158.7	165.2	**98.68**
2022	212.4	233.3	267	87.23	58.68	14.4	19	33.6	40.4	15.6	31.4	135.2	**95.68**
2023	120	155.4	205.1	62.9	58.68	24.8	18.59	34.81	42.06	100.3	98.16	147	**88.98**

Fuente: SENAMHI - DRD

Tabla 11

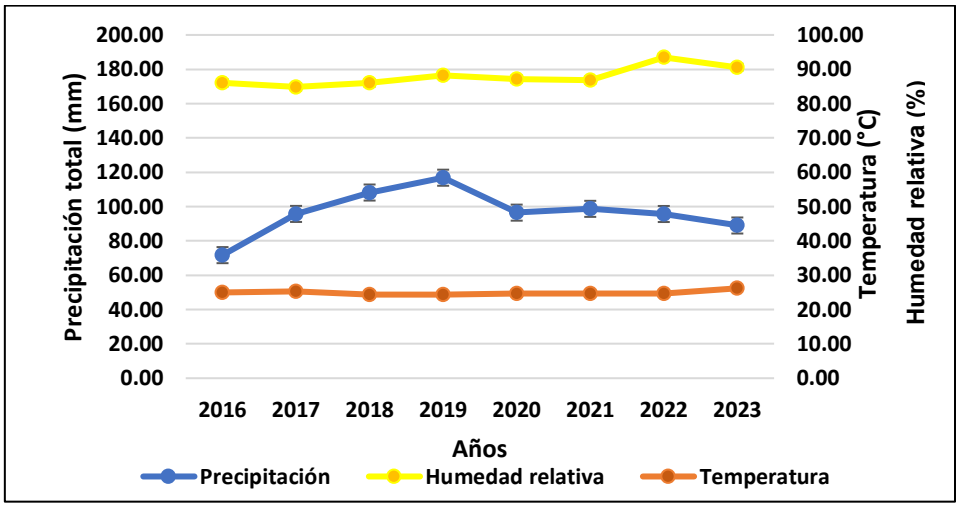
Valores promedio de la temperatura durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana

Variable	Valores promedio 2016 – 2023								$\overline{X}$
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Precipitación	71.72	95.73	108.19	113.37	121.10	98.68	100.23	135.85	105.61
Humedad relativa	86.01	84.87	85.99	88.21	89.33	89.50	96.50	96.72	89.64
Temperatura	25.06	25.27	24.40	24.36	24.56	24.71	24.63	31.65	25.58

Fuente: SENAMHI / DRD

Figura 10

Climograma sobre los valores promedio de la temperatura durante los años 2016 – 2023 en el distrito de Santa Ana

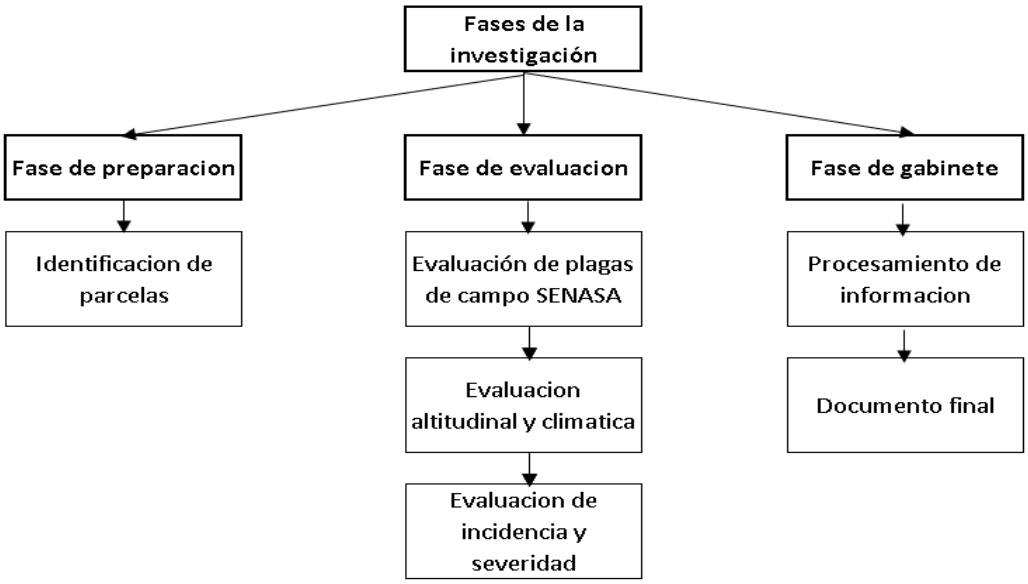


4.9. Técnicas de recolección de información

La investigación constó de tres momentos: fase de preparación, fase de evaluación y fase de gabinete, siendo el momento principal durante el periodo en campo o de evaluación.

Figura 11

Fases de la investigación



4.9.1. Fase de preparación

4.9.1.1. Identificación de parcelas

Se identificaron las parcelas dentro del área de estudio, ubicados en tres intervalos de altitud, el primero de los 1100 y 1300 m, el segundo entre los 1300 y 1500 m y el tercero entre los 1500 y 1800 m. Dentro de cada gradiente altitudinal se seleccionó 03 parcelas de las variedades de café Bourbón, Caturra roja y Typica, haciendo un total de 09 parcelas para todo el estudio, con un manejo agronómico similar.

4.9.2. Fase de evaluación

4.9.2.1. Evaluación de plagas de campo SENASA

Se aplicó el formato de “Evaluación de plagas de campo” propuesto por SENASA, el mismo que estuvo integrado por los siguientes aspectos:

- **Datos generales (0):** Constituido por fecha de evaluación, apellidos y nombres de productor, nombre del predio, numero de identidad y dirección del productor.
- **Área evaluada del café (1):** Se identificó el área evaluada que va en diferentes escalas que va de ¼, ½, 1, 1¼, 1½ y 2.
- **Área total del café (2):** Referido al área total de las plantaciones cafetaleras constituidas expresada en hectáreas en los diferentes sectores Serranuyoc, Esmeralda, Tunquimayo, en los tres gradientes altitudinales.
- **Variedad del café (evaluada) (3):** Referido a las tres variedades en evaluación, estas son las variedades de café Typica, Bourbón y Caturra roja.
- **Edad del cultivo (4):** Identificado mediante la encuesta a los productores las edades de las plantaciones expresadas en años.
- **N° órganos afectados (17):** Se describió el número de órganos afectados:

Tabla 12

Descripción de órganos afectados

Órgano afectado	**Plagas evaluadas**		**Plantas evaluadas**									
	N. científico	N. común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
10 hojas/planta	*Hemileia vastatrix*	Roya										

Fuente: (SENASA, 2003).

- **Grado de severidad de la roya (grado afectación) (18):** Se determinará el grado de severidad de la roya en porcentaje del área afectada en diferentes grados: “grado 0 (0% afectada)”, “grado 1 (5% afectada)”, “grado 2 (20% afectada)”, “grado 3 (21-50% afectada)”, “grado 4 (>50% afectada)” y “paloteo”

- **Posicionamiento global del área evaluada:** Determinado por el sistema de coordenadas UTM de las plantaciones, en un datum WGS-84, zona geográfica (17, 18 ó 19), altitud (nivel medio del mar), coordenadas norte y este en metros.

4.9.2.2. Evaluación de incidencia y severidad

Según **SENASA** (2003) se realizó de la siguiente forma:

- **Incidencia de la roya de la hoja**

$$\%\ \text{incidencia hojas (IEh)} = \frac{\text{N° de hojas enfermas}}{\text{N° hojas totales (sanas y enfermas)}}\ x\ 100$$

$$\%\ \text{incidencia hojas (IEh)} = \frac{19}{100}\ x\ 100$$

$$\%\ \text{incidencia hojas (IEh)} = 19\%$$

- **Severidad de la roya a nivel de la hoja**

$$\%\ \text{severidad hojas (SEh)} = \frac{(0xn)+(1xn)+(2xn)+(3xn)+(4xn)}{\text{N° plantas totales x Grado más alto}} X100$$

$$\%\ \text{severidad hojas (SEh)} = \frac{8}{40} X100$$

$$\%\ \text{severidad hojas (SEh)} = 20\%$$

Donde:

N°: número de plantas afectadas por cada uno de los valores de la escala a nivel de planta

4.9.2.3. Evaluación altitudinal y climática

Esta fase constituyó la acción de medir las variables climáticas para los tres pisos altitudinales, estas fueron altitud, temperatura, humedad relativa y precipitación.

Para la altitud se empleó un altímetro e identificó las coordenadas UTM empleando un GPS, empleando el método de observación y lectura directa de los resultados. Para medir la humedad relativa y temperatura se empleó un termohigrómetro en los tres gradientes altitudinales, luego se realizó la lectura correspondiente.

4.10. Técnicas de análisis e interpretación de la información

La información obtenida en campo fue procesada mediante el programa informático IMB SPSS Estatistics 25. Para la redacción del informe final se utilizó los softwares Microsoft Word, Microsoft Excel, Google Maps y conexión de internet, finalmente se sistematizó toda la información proporcionada anteriormente.

4.10.1. Prueba de correlación

Una vez contando con las variables de campo se procedió a realizar la prueba de normalidad Shapiro Wilk, para luego emplear el método de correlación Spearman.

4.10.1.1. Prueba de normalidad Kolgomorov - Smirnov

Se empleó esta prueba ya que los datos fueron mayores a 50 unidades (>50 datos), con un nivel de significancia del 0.05 para Ho (Datos con distribución normal) y Ha (Datos sin distribución normal)

4.10.1.2. Coeficiente de Spearman (Rho de Spearman)

Martínez (2009) afirma que el coeficiente de Spearman es una medida de asociación lineal que utiliza los rangos, números de orden, de cada grupo de sujetos y compara dichos rangos:

La fórmula de este coeficiente es:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_1^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

- n = la cantidad de sujetos que se clasifican
- d_i =xi – yi
- x_i =el rango de sujetos i con respecto a una variable
- y_i = el rango de sujetos i con respecto a una segunda variable

$$r_s = 1 - \frac{6(6899.8)}{54(54^2 - 1)}$$

$$r_s = 0.737$$

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Estadística descriptiva

5.1.1. Incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de cafeto cultivadas bajo tres gradientes altitudinales

5.1.1.1. Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome

Tabla 13

Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de cafeto en tres gradientes altitudinales

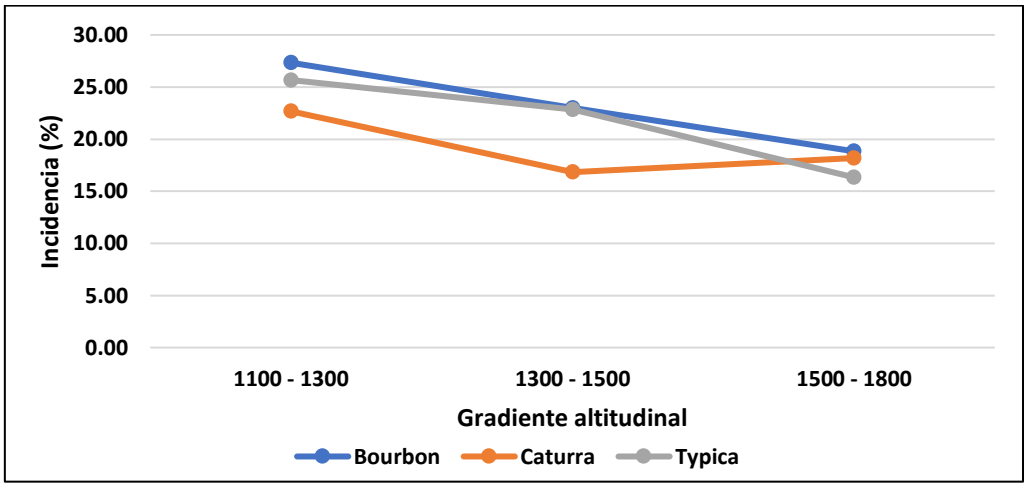
Gradiente altitudinal	Cultivar	Incidencia
1100 - 1300	Bourbon	**27.33**
	Caturra rojo	**22.67**
	Typica	**25.67**
1300 - 1500	Bourbon	**23.00**
	Caturra rojo	**16.83**
	Typica	**22.83**
1500 - 1800	Bourbon	**18.83**
	Caturra rojo	**18.17**
	Typica	**16.33**

Fuente: Elaboración propia

La tabla 13 y figura 12 muestra que la incidencia de roya amarilla del café alcanzó los mayores valores bajo un gradiente altitudinal de 1100 – 1300 m sobre todo en la finca con cultivar bourbon donde se observa una incidencia promedio del 27.33%, seguido del cultivar typica con una incidencia promedio del 25.67%.; en general, la incidencia disminuye conforme aumenta la altitud para los tres cultivares.

Figura 12

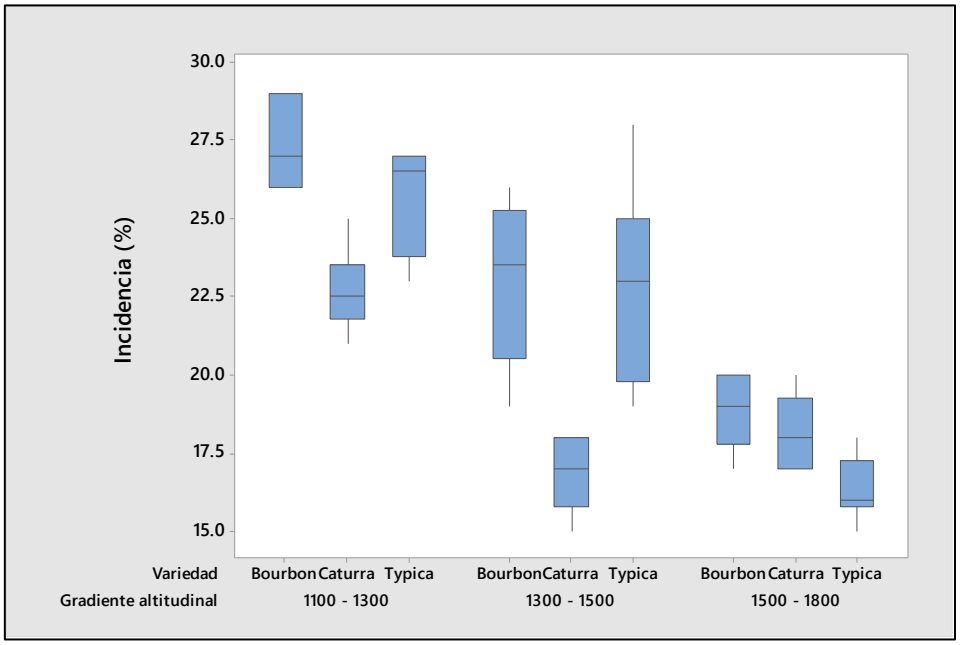
Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de cafeto en tres gradientes altitudinales



Fuente: Elaboración propia según evaluaciones de campo

Figura 13

Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal y cultivar

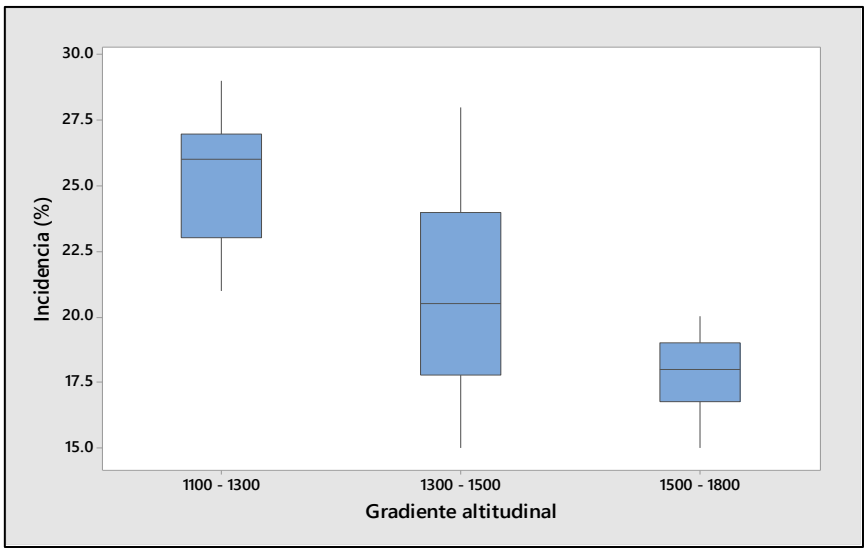


Fuente: Elaboración propia según evaluaciones de campo

El gráfico de caja muestra los valores para la incidencia de roya amarilla cultivada en diferentes gradientes altitudinales, el cual muestra que el cultivar bourbon presenta la incidencia más alta en todos los rangos altitudinales, lo que sugiere mayor susceptibilidad (27.33% en 1100 – 1300m, 23.00% en 1300 – 1500 m y 18.83% en 1500 – 1800 m. Así mismo el cultivar caturra tiene la menor incidencia en los dos primeros rangos (1100 – 1300 m y 1300 – 1500 m) y valores intermedios en el más alto. Por otro lado, el cultivar Typica mantiene valores intermedios o bajos, pero en el rango alto es la menos afectada; esto demuestra que, en altitudes bajas, es importante priorizar variedades más resistentes como Caturra rojo o Typica, o aplicar control preventivo más frecuente en Bourbon donde se pudo apreciar mayor incidencia en los diferentes parámetros.

Figura 14

Incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal



Fuente: Elaboración propia según resultados de campo

La figura muestra que en el gradiente altitudinal más bajo (1100 – 1300 m) se reportó la mayor incidencia de *Hemileia vastatrix* con un valor promedio del 25.22%,

seguido del gradiente altitudinal entre 1300 – 1500 donde se reportó una incidencia promedio de 20.89%. Por último, en el gradiente altitudinal entre 1500 – 1800 m se reportó una incidencia promedio de 17.78%. Estos resultados muestran que el factor gradiente altitudinal es muy importante para la progresión de la enfermedad.

5.1.1.2. Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome

Tabla 14

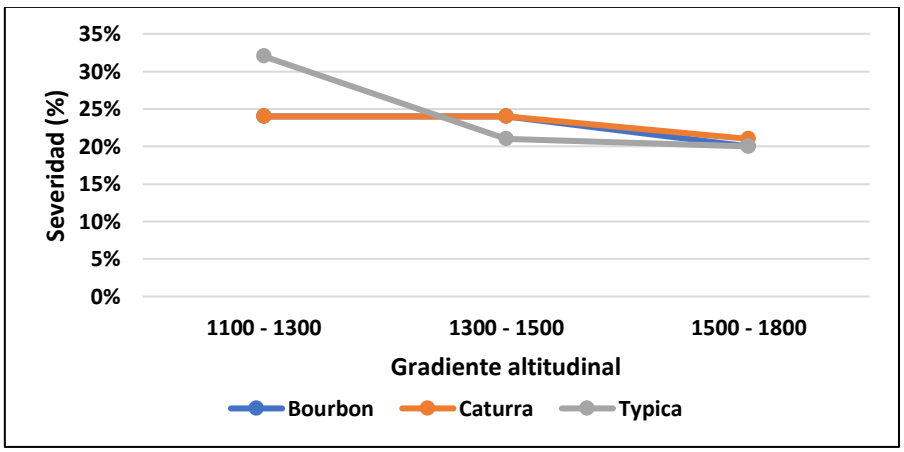
Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de café en tres gradientes altitudinales

Gradiente altitudinal	Cultivar	Severidad	Severidad %
1100 - 1300	Bourbon	**3**	24%
	Caturra rojo	**3**	24%
	Typica	**3**	32%
1300 - 1500	Bourbon	**3**	24%
	Caturra rojo	**3**	24%
	Typica	**3**	21%
1500 - 1800	Bourbon	**2**	20%
	Caturra rojo	**3**	21%
	Typica	**2**	20%

Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres cultivares de café en tres gradientes altitudinales

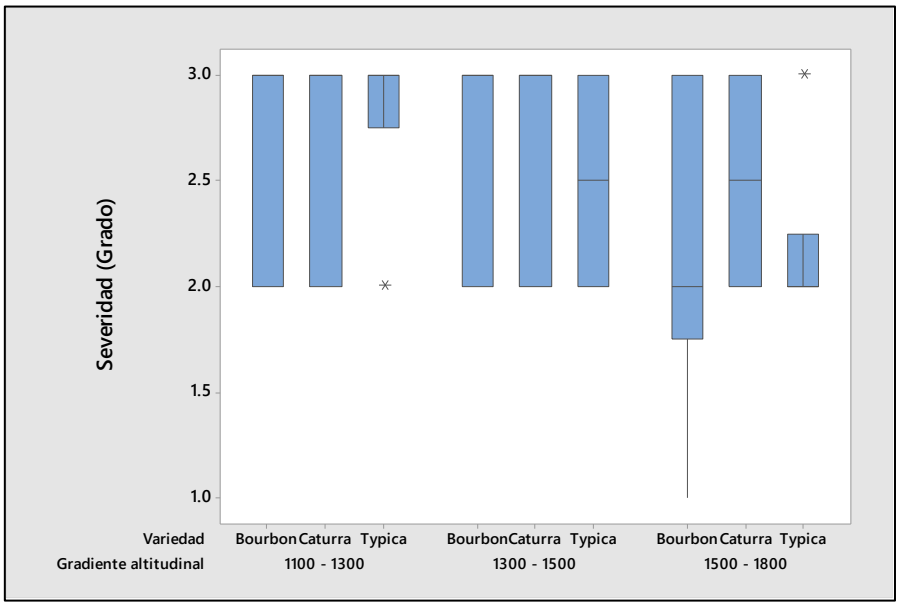


Fuente: Elaboración propia según evaluaciones de campo

La tabla 14 y figura 15 muestran el grado de severidad de *Hemileia vastatrix* donde se aprecia que en su mayoría en las fincas ubicadas entre los gradientes altitudinales 1100 – 1300 m y 1300 – 1500 m se aprecia el mayor grado de severidad de la enfermedad (grado 3 = 21 – 50%) la misma que disminuye conforme se incrementa la altitud alcanzando el menor valor (grado 2 = 20%) en el gradiente altitudinal entre 1500 - 1800.

Figura 16

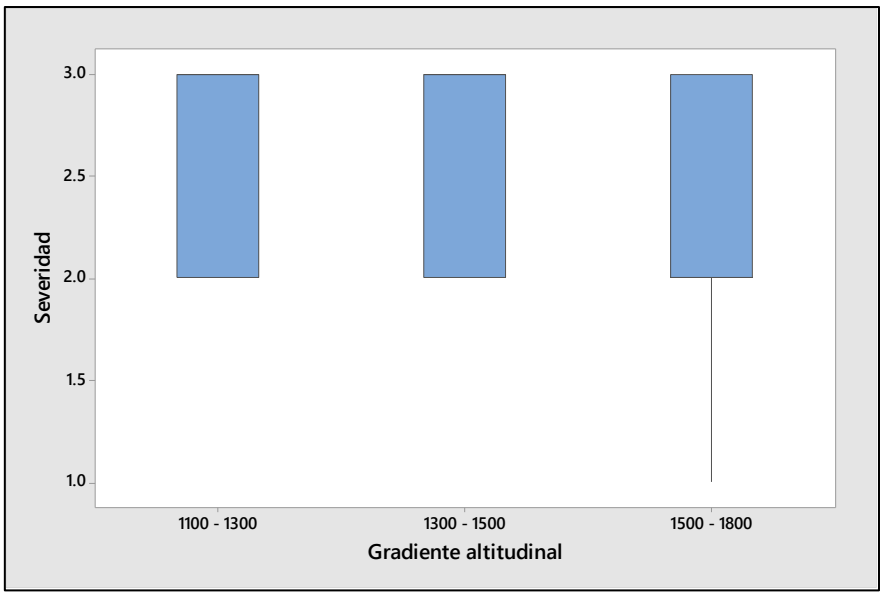
Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal y cultivar



Al igual que con la incidencia, la severidad disminuye conforme aumenta la altitud. Las diferencias entre Bourbon, Caturra rojo y Typica son pequeñas, pero Bourbon y Caturra rojo mantienen valores estables en altitudes bajas y medias, con reducción solo en la más alta. Typica muestra mayor severidad en zonas bajas (32 %) pero baja considerablemente en altitudes medias y altas. Esto confirma que, a mayor altitud, el ambiente es menos favorable para el desarrollo completo de la roya (menor progresión de lesiones y esporulación).

Figura 17

Severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome por gradiente altitudinal



La figura 17 muestra que bajo un gradiente altitudinal de 1100 – 1300 m el grado de severidad es de tipo 3 (26.67%), para el gradiente entre 1300 – 1500 m la severidad es del 23.00%, y para el rango altitudinal de 1500 – 1800 m es de 20.33 %. Esto muestra que la altitud actúa como una barrera térmica que no solo reduce la incidencia, sino que también limita el avance de la roya en el tejido infectado, tal como se observó anteriormente.

5.1.2. Variables climáticas sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales

5.1.2.1. Temperatura

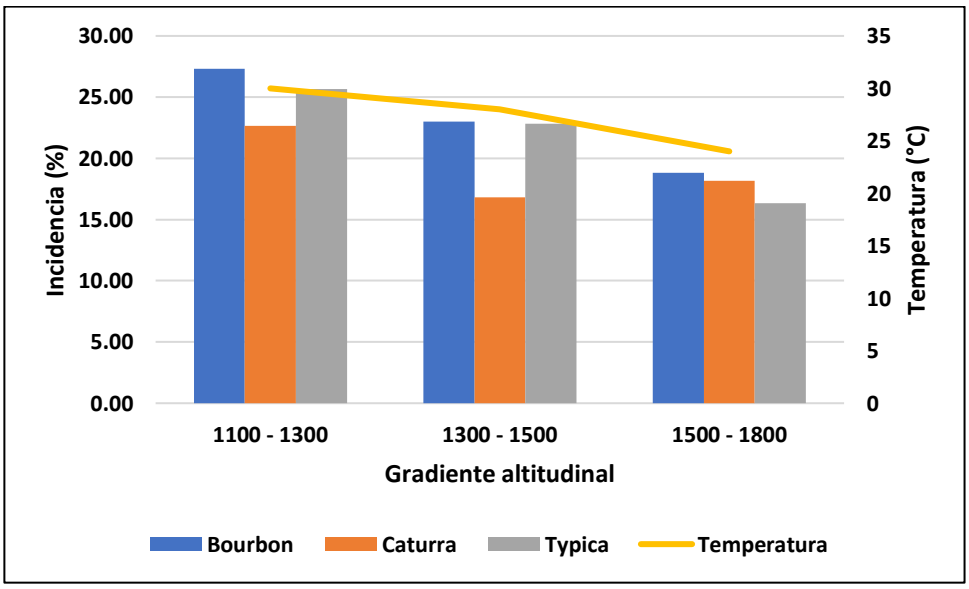
Tabla 15

Efecto de la temperatura sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales

Gradiente altitudinal	Cultivar	Temperatura (°C)	Incidencia	Severidad	Severidad %
1100 - 1300	Bourbon	30	**27.33**	**3**	24%
	Caturra rojo	30	**22.67**	**3**	24%
	Typica	30	**25.67**	**3**	32%
1300 - 1500	Bourbon	28	**23.00**	**3**	24%
	Caturra rojo	28	**16.83**	**3**	24%
	Typica	28	**22.83**	**3**	21%
1500 - 1800	Bourbon	24	**18.83**	**2**	20%
	Caturra rojo	24	**18.17**	**3**	21%
	Typica	24	**16.33**	**2**	20%

Figura 18

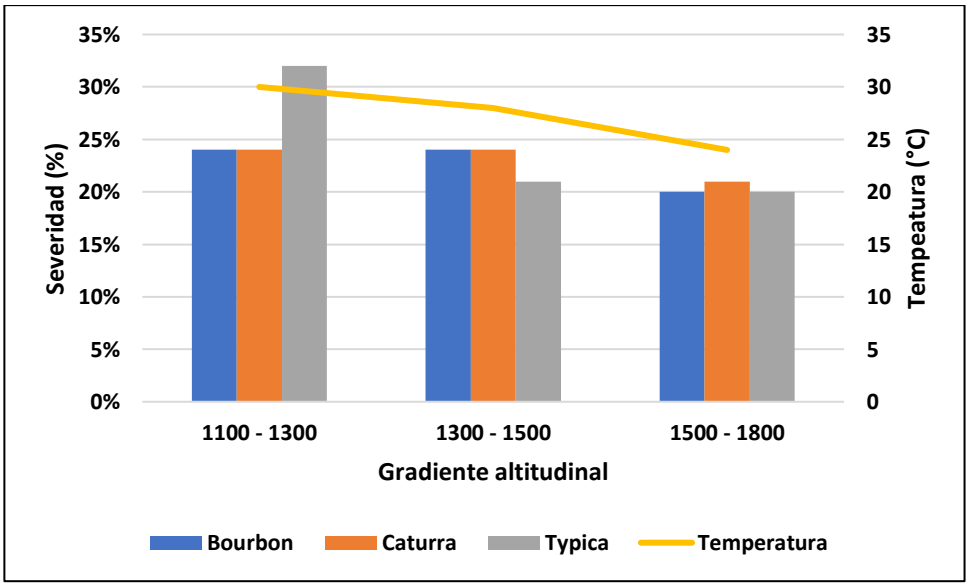
Efecto de la temperatura sobre la incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales



La tabla 15 y figura 18 muestran que la temperatura es un factor climatológico que limita la aparición de *Hemileia vastatrix,* puesto que un clima más cálido y propicio para la germinación de urediniosporas. En el gradiente altitudinal entre 1100 – 1300 m se aprecia una incidencia alta en todos los cultivares, destacando Bourbon (27.33 %) y Typica (25.67 %), en la cual el inóculo se multiplica rápidamente, favorecido por el clima cálido. En cuanto a la zona media (1300 – 1500 m), se aprecia un descenso moderado de temperatura (28 °C) y menor incidencia en general, siendo el cultivar Caturra rojo el que presenta la incidencia más baja (16.83 %), sugiriendo cierta ventaja varietal en estas condiciones; en las zonas altas (1500 – 1800 m), se identificó que temperaturas más frías (24 °C) limitan la germinación y alargan el ciclo del patógeno, presentando una incidencia mínima en Typica (16.33 %) y valores relativamente bajos en Bourbon y Caturra rojo.

Figura 19

Efecto de la temperatura sobre la severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales



La figura 19 muestra el efecto de la temperatura sobre la severidad de *Hemileia vastatrix* en 3 gradientes altitudinales; en el primer gradiente se aprecia que en fincas localizadas entre 1100 – 1300 m, las condiciones térmicas son óptimas para desarrollo rápido de lesiones y alta esporulación. En este rango el cultivar Typica presentó el mayor valor (32 %), indicando mayor susceptibilidad en este rango.; así mismo Bourbon y Caturra rojo mantienen severidades similares (24 %).

En el gradiente altitudinal medio (1300 – 1500 m), se aprecia una ligera reducción de severidad en promedio, asociada a temperaturas más frescas; en este gradiente Caturra rojo y Bourbon mantienen 24 %, mientras que Typica baja a 21 %; el ciclo epidémico se desacelera, pero aún hay daño foliar significativo. Así mismo en zonas altas con un gradiente altitudinal entre 1500 – 1800 m, se aprecia que temperaturas frías y microclimas más estables limitan el desarrollo de lesiones, habiendo presentado en los cutlivares evaluados una severidad baja y uniforme: 20–21 % en Caturra rojo, 20 % en Typica, y leve descenso en Bourbon (20 %).

5.1.2.2. Precipitación

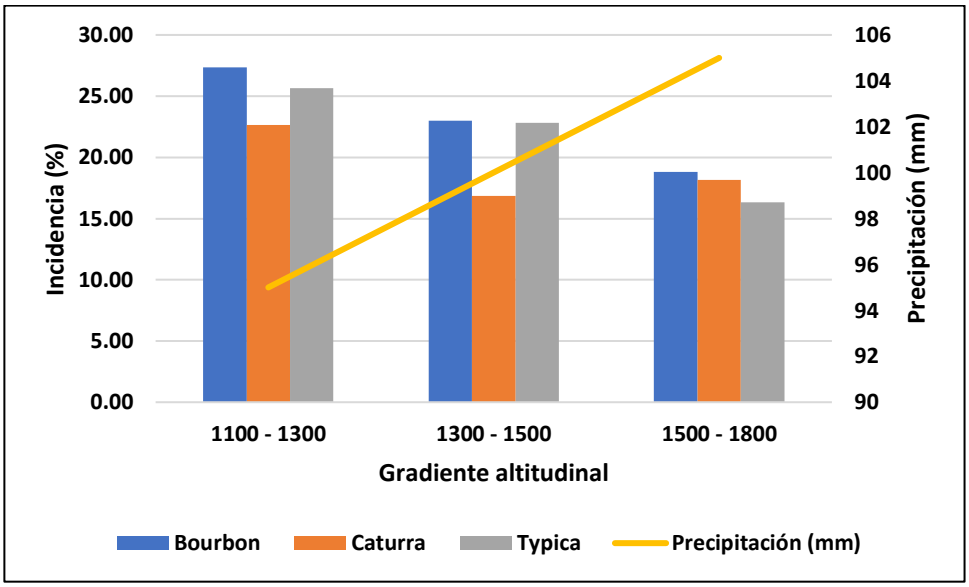
Tabla 16

Efecto de la precipitación sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales

Gradiente altitudinal	Cultivar	Precipitación (mm)	Incidencia	Severidad	Severidad %
1100 – 1300	Bourbon	95	**27.33**	**3**	24%
	Caturra rojo	95	**22.67**	**3**	24%
	Typica	95	**25.67**	**3**	32%
1300 – 1500	Bourbon	100	**23.00**	**3**	24%
	Caturra rojo	100	**16.83**	**3**	24%
	Typica	100	**22.83**	**3**	21%
1500 – 1800	Bourbon	105	**18.83**	**2**	20%
	Caturra rojo	105	**18.17**	**3**	21%
	Typica	105	**16.33**	**2**	20%

Figura 20

Efecto de la precipitación sobre la incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales

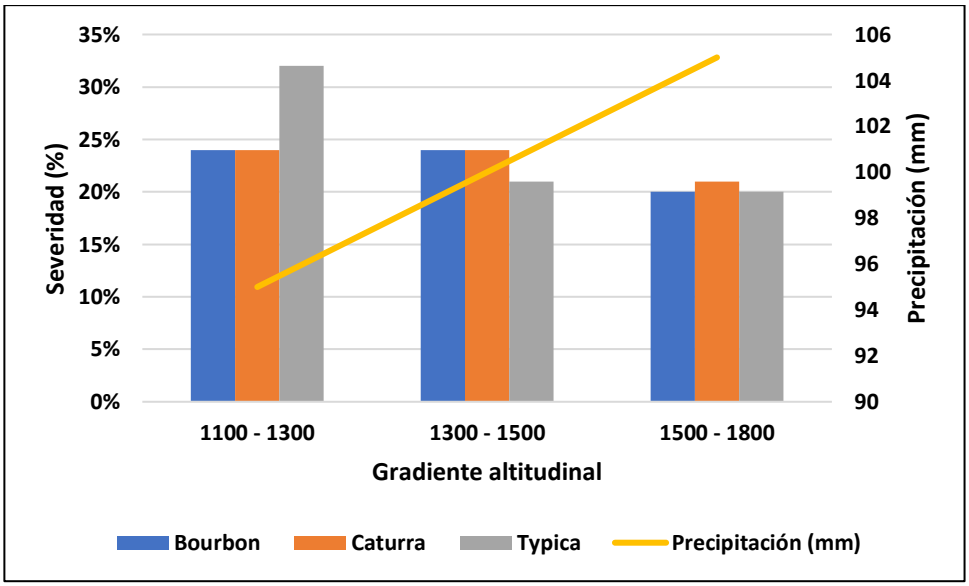


La figura 20 muestra la incidencia de roya amarilla en 3 cultivares de café integrando el factor precipitación. Los resultados evidencian que bajo un gradiente de 1100–1300 m con una precipitación de 95 mm, el cultivar Bourbon reportó la mayor incidencia con un valor de 27.33 %, mientras que el Caturra rojo reportó una incidencia de 22.67 % y Typica de 25.67 %. Aunque la precipitación es la más baja del rango, la incidencia es la más alta, lo que confirma el papel dominante de la temperatura (30 °C) en este rango. En el rango entre 1300–1500 msnm con una precipitación de 100 mm, el cultivar Bourbon reportó una incidencia del 23.00 %, Caturra rojo 16.83 % y Typica: 22.83 %, lo cual muestra una precipitación intermedia, pero incidencia más baja que en zonas bajas, reforzando que la reducción térmica (28 °C) disminuye el avance de la enfermedad. Por último en el rango altitudinal entre 1500–1800 msnm con una precipitación de 105 mm, se

visualizó que el cultivar Bourbon tuvo una incidencia del 18.83 %, Caturra 18.17 % y Typica 16.33 %.

Figura 21

Efecto de la precipitación sobre la severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales



La figura muestra una relación inversa entre la severidad de *Hemileia vastatrix* y la precipitación en la zona, puesto que la severidad disminuye aunque la precipitación aumente y disminuye progresivamente con la altitud en la mayoría de cultivares. Esto indica que, para los diferentes gradientes altitudinales, la precipitación no impulsa un aumento de severidad; el factor más influyente sigue siendo la temperatura asociada a la altitud.

5.1.2.3. Humedad relativa

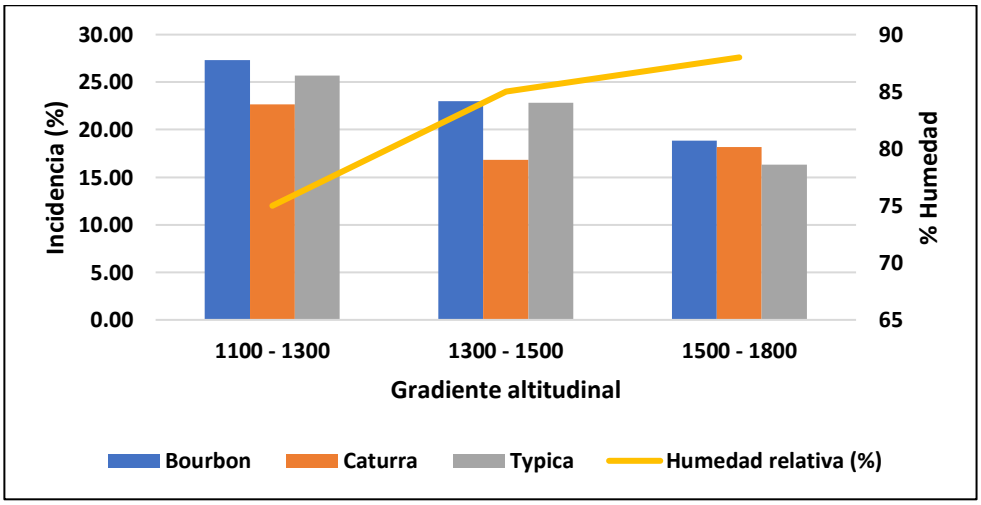
Tabla 17

Efecto de la humedad relativa sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales

Gradiente altitudinal	Cultivar	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Incidencia	Severidad	Severidad %
1100 - 1300	Bourbon	30	95	78	**27.33**	**3**	24%
	Caturra rojo	30	95	78	**22.67**	**3**	24%
	Typica	30	95	78	**25.67**	**3**	32%
1300 - 1500	Bourbon	28	100	85	**23.00**	**3**	24%
	Caturra rojo	28	100	85	**16.83**	**3**	24%
	Typica	28	100	85	**22.83**	**3**	21%
1500 - 1800	Bourbon	24	105	88	**18.83**	**2**	20%
	Caturra rojo	24	105	88	**18.17**	**3**	21%
	Typica	24	105	88	**16.33**	**2**	20%

Figura 22

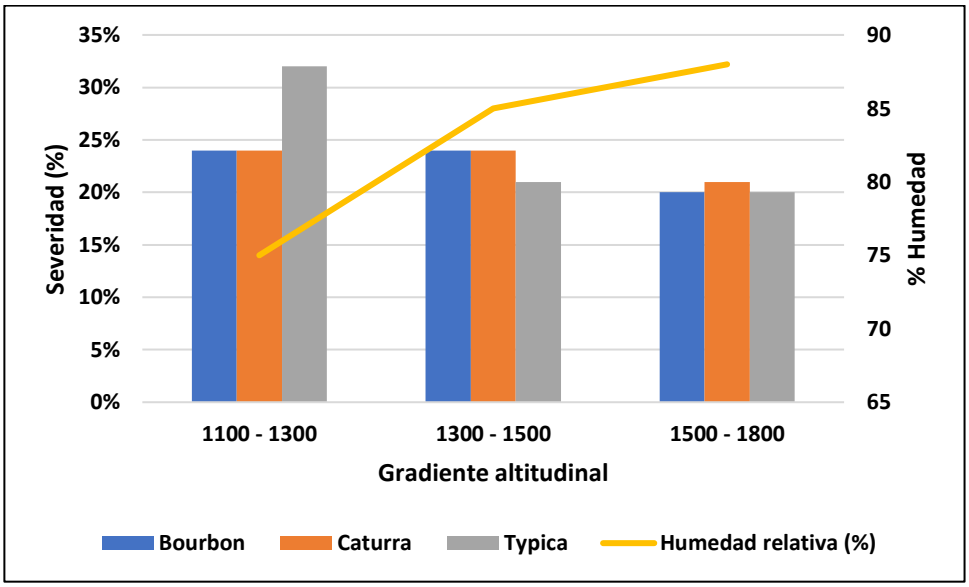
Efecto de la humedad relativa sobre la incidencia de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales



La figura muestra que, la incidencia disminuye con la altitud aunque la humedad relativa aumenta, lo que indica que la temperatura asociada a la altitud es el factor predominante, mientras que la humedad relativa se mantiene siempre en un rango suficiente para la infección.

Figura 23

Efecto de la humedad relativa sobre la severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome en tres gradientes altitudinales



La figura muestra que a pesar que la humedad se incrementa a nivel que la altitud sube, esta no tiene ninguna repercusión sobre la severidad de *Hemileia vastatrix* puesto que el porcentaje de severidad disminuye. Por tanto, la humedad alta no incrementa la severidad.

5.2. Estadística inferencial

5.2.1. Prueba de normalidad

Tras la elaboración de los estadísticos descriptivos, se llevó a cabo el análisis Kolmogorov-Smirnov del grado de libertad de las variables. Dado que la muestra comprende 54 individuos (superior a 50), se buscó identificar el estadígrafo a aplicar para la confrontación de la hipótesis planteada.

Tabla 18

Prueba de normalidad de variables

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Estadístico	gl	Sig. (p)
Incidencia	,139	54	,011
Severidad	,360	54	,010
Gradiente altitudinal	,229	54	,010
Temperatura (°C)	,271	54	,010
Precipitación (mm)	,221	54	,010
Humedad (%)	,290	54	,010

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la prueba de normalidad de variables, se aprecia que para las variables de investigación el valor p es inferior a 005 en todos los casos por lo que se aprecia que los datos no siguen una distribución normal. Conforme a ello para realizar la prueba de contrastación de hipótesis se ha utilizado el estadígrafo Rho de Spearman.

5.2.2. Prueba de contrastación de hipótesis

5.2.2.1. Influencia de la altitud sobre la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*

Tabla 19

Prueba de correlación entre la altitud y la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome del cafeto

			Incidencia	Severidad	Altitud
Rho de Spearman	Incidencia	Coeficiente de correlación	1,000	,273**	-,737**
		Sig. (bilateral)	.	,046	,000
		N	54	54	54
	Severidad	Coeficiente de correlación	,273**	1,000	-,294**
		Sig. (bilateral)	,046	.	,031
		N	54	54	54
	Altitud	Coeficiente de correlación	-,737**	-,294**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,031	.
		N	54	54	54

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los resultados de la investigación indican una significancia bilateral de p valor = 0,046 < 0,05 entre la variable incidencia y severidad con un valor de Rho de Spearman de ρ = 0.273, lo cual indica que existe una asociación positiva débil pero significativa, entre ambas variables, lo que indica que parcelas con más plantas infectadas tienden a tener también mayor daño en hojas, aunque no siempre proporcional. Esto es consistente con la dinámica de la roya: más infecciones iniciales suelen favorecer la progresión, pero factores microclimáticos o resistencia varietal pueden limitar la severidad.

Respecto a la influencia de la altitud en la incidencia de *Hemileia vastatrix*, se aprecia una relación negativa fuerte con un valor del Rho de Spearman de ρ = -

0.737 y una significancia bilateral de p = 0,000 < 0,05, lo cual muestra que, a mayor altitud, la incidencia de roya amarilla disminuye drásticamente; esto podría deberse a temperaturas más bajas y microclimas menos favorables para la germinación de uredosporas. En cuanto a la influencia de la altitud sobre la severidad de *Hemileia vastatrix* se obtuvo una relación negativa baja-moderada con un valor del Rho de Spearman de ρ = -0.294 y una significancia bilateral de p = 0,031 < 0,05, lo cual demuestra que a altitudes más altas se asocian con menor severidad; la altitud probablemente limita tanto la infección inicial como el desarrollo posterior del hongo, pero otros factores locales (variedad, manejo, humedad) también influyen.

5.2.2.2. Influencia de las variables climáticas sobre la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome*

Tabla 20

Prueba de correlación entre la temperatura, precipitación y humedad sobre la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome del cafeto

			Incidencia	Severidad
Rho de Spearman	Temperatura	Coeficiente de correlación	,737**	,332**
		Sig. (bilateral)	,000	,014
		N	54	54
	Precipitación	Coeficiente de correlación	-,737**	-,332**
		Sig. (bilateral)	,046	,014
		N	54	54
	Humedad	Coeficiente de correlación	-,737**	-,332**
		Sig. (bilateral)	,000	,014
		N	54	54

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican que la temperatura muestra una correlación positiva fuerte y altamente significativa con la incidencia, siendo el valor de ρ = 0.737, p < 0.001. Esto indica que, conforme aumenta la temperatura, también

aumenta la incidencia de roya amarilla; biológicamente, podría deberse a que temperaturas templadas cálidas favorecen la germinación de esporas y la colonización de hojas. Respecto a la severidad se aprecia que el valor del estadígrafo del Rho de Spearman fue $\rho = 0.332$ con una significancia de $p = 0.014 < 0.05$ mostrando una correlación positiva moderada y significativa. Ello sugiere que temperaturas más altas no solo incrementan la aparición de la enfermedad, sino también el daño visible en el tejido foliar, aunque la relación es menos intensa que con la incidencia.

En cuanto a la precipitación, esta se relaciona con la incidencia de manera negativa fuerte y significativa al 5%, siendo el valor del Rho de Spearman $\rho = -0.737$ y $p = 0.046$; esto señala que, a mayor precipitación, disminuye la incidencia de roya amarilla. Posiblemente, lluvias intensas reducen la dispersión aérea de esporas o provocan su lavado desde la superficie foliar. Respecto a la relación entre la precipitación y severidad se aprecia una correlación negativa moderada y significativa con un valor del Rho de Spearman de $\rho = -0.332$ y una correlación de $p = 0.014$; ello implica que mayores precipitaciones se asocian con menor desarrollo de lesiones y pústulas.

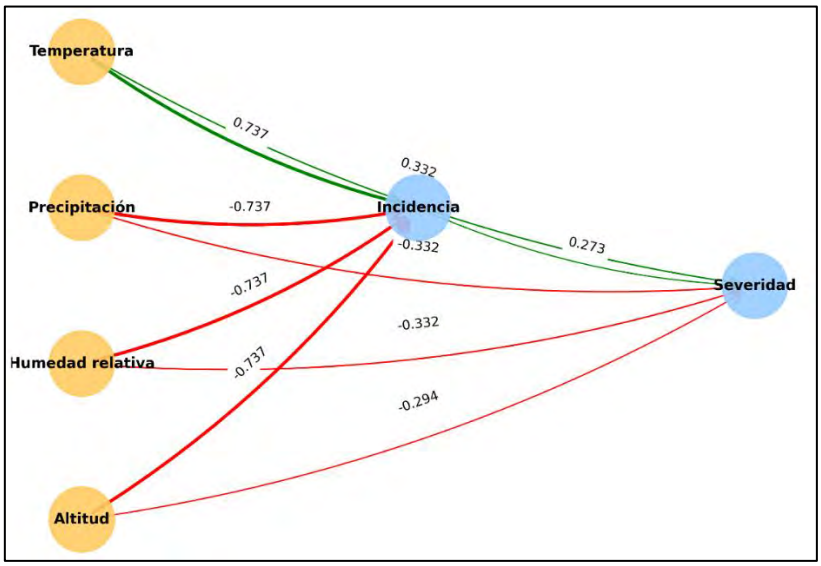
Referente a la influencia de la humedad relativa sobre la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix,* se aprecia que la humedad relativa tiene una correlación negativa fuerte y altamente significativa con la incidencia, siendo el valor del Rho de Spearman de $\rho = -0.737$, $p < 0.001$. Aunque la roya suele asociarse con alta humedad relativa para la germinación de esporas, en esta zona se aprecia que valores más altos de humedad relativa coinciden con menor incidencia de *Hemileia vastatrix;* esto podría deberse a que la humedad elevada esté ligada a condiciones

de baja temperatura o alta lluvia que no favorecen la infección en esta zona y temporada específica. En cuanto a la severidad se obtuvo que esta presenta una correlación negativa moderada y significativa con la humedad relativa siendo el valor del Rho de Spearman de ρ = -0.332, p = 0.014; estos resultados muestran que condiciones de mayor humedad relativa reducen el progreso de la enfermedad, posiblemente por limitar las condiciones térmicas óptimas para el hongo, por lo tanto la humedad muestra el mismo patrón que la precipitación: fuerte correlación negativa con incidencia y moderada negativa con severidad.

En síntesis, más temperatura tiende a asociarse con más casos y mayor severidad, mientras que más precipitación y humedad se asocian con menos casos y menor severidad.

Figura 24

Interacción altitud – clima con la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berkeley y Broome



La figura muestra que la temperatura es el factor climático más fuertemente asociado a la incidencia de *Hemileia vastatrix*, mientras que la altitud parece el

factor geográfico más limitante. Esto demuestra que condiciones térmicas templadas – cálidas pueden acelerar el ciclo de infección y la esporulación; así mismo a mayor gradiente altitudinal suele implicar temperaturas más bajas y microclimas menos favorables para el desarrollo del hongo, limitando la progresión de la enfermedad.

Discusión

Los resultados de este estudio evidencian que la altitud tiene un efecto significativo sobre la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix*, presentando una correlación negativa moderada a alta. Este patrón es consistente con investigaciones previas realizadas en Etiopía, donde se observó que la incidencia disminuye drásticamente a medida que aumenta la altitud, pasando de valores superiores al 50 % en zonas bajas a menos del 10 % en zonas altas (>1,800 m) (Avelino *et al*., 2015; Liebig *et al.*, 2019). Este efecto se atribuye principalmente a que las temperaturas más frescas en altitudes elevadas limitan la germinación y el desarrollo del hongo, así como la duración de la humedad foliar necesaria para la infección.

En el presente trabajo, la menor incidencia y severidad se registraron en el gradiente altitudinal de 1,500–1,800 m, lo que coincide con lo reportado por Saavedra y Panihuara (2018) en Cusco, quienes encontraron que la altitud es un factor protector frente a la enfermedad. Sin embargo, cabe destacar que, a pesar de la reducción relativa, la roya estuvo presente en todos los estratos evaluados, lo que sugiere que el patógeno ha ampliado su rango altitudinal, posiblemente como resultado del cambio climático.

En cuanto a la influencia de las variables climáticas, la correlación positiva significativa entre la temperatura y la incidencia/severidad obtenida en este estudio respalda lo reportado por Aristizabal & Johnson (2022) en Hawái, donde el incremento de temperaturas promedio y máximas diarias estuvo asociado a un aumento acelerado de la epidemia. Este efecto se ve reforzado cuando coinciden condiciones de alta humedad relativa (>85 %), ya que se prolonga el tiempo de mojado foliar, favoreciendo la germinación de uredosporas (Boudrot *et al*., 2016).

Por otro lado, el patrón temporal observado con un aumento de la roya hacia el periodo de cosecha coincide con estudios fenológicos que indican que durante esta etapa la planta destina más recursos al llenado de fruto y reduce la inversión en defensa foliar, lo que incrementa la susceptibilidad (Johnson, 2023).

Finalmente, los resultados sugieren que el manejo integrado de la roya debe considerar no solo la selección varietal y la altitud, sino también factores microclimáticos específicos de cada parcela, como la sombra, la orientación y el régimen de lluvias. Esto es consistente con las recomendaciones de Liebig *et al*. (2019), quienes señalan que el microclima generado por el sistema de sombra puede atenuar o agravar la presión de infección dependiendo de la densidad de copa y la ventilación.

CONCLUSIONES

1. La gradiente altitudinal influye de manera significativa en la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* en los tres cultivares evaluados (Typica, Caturra rojo y Bourbon) en Santa Ana – La Convención. Los análisis de correlación evidenciaron que la incidencia presenta una relación negativa alta con la altitud ($r = –0.737$; $p < 0.05$), mientras que la severidad muestra una correlación negativa moderada ($r = –0.294$; $p < 0.05$). En términos prácticos, las zonas más altas (1,500–1,800 m) registraron menores valores de incidencia y severidad, confirmando que la altitud es un factor limitante para el desarrollo del patógeno.

2. Los cultivares respondieron de manera diferente al gradiente altitudinal. Bourbon mostró la menor incidencia y severidad (grado 2) en el estrato más alto, mientras que Caturra rojo presentó los valores más altos de incidencia en el estrato más bajo. Estos resultados indican que, aunque todos los cultivares son susceptibles, su respuesta varía según su genética y las condiciones ambientales del estrato altitudinal en el que se desarrollan.

3. Se detectó una correlación positiva significativa entre la temperatura y la incidencia ($r = 0.737$; $p < 0.05$) y entre la temperatura y la severidad ($r = 0.332$; $p < 0.05$). Esto indica que, a mayor temperatura, se incrementa la intensidad de la enfermedad. La humedad relativa y la precipitación mostraron asociaciones menos consistentes, lo que sugiere que su efecto puede estar condicionado por la interacción con otros factores como la duración del mojado foliar y el manejo agronómico.

RECOMENDACIONES

1. Considerar la temperatura y humedad relativa como factores climáticos importantes al momento de cultivar variedades de café como la variedad Bourbon, Caturra rojo y Typica. Se recomienda emplear métodos de prevención o mitigación para el control de la *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* en los cultivos de café mencionados.

2. Ajustar sombra, ventilación y drenajes para reducir humedad foliar prolongada, siguiendo los hallazgos sobre sombra y dispersión de esporas

3. Plantear programas de producción y buenas prácticas de manejo para las variedades de café Bourbon, Caturra rojo y Typica, considerando las asociaciones encontradas en la incidencia, severidad de la Roya bajo condiciones climáticas del Sector Santa Ana de la provincia de la Convención.

4. Implementar seguimientos antes, durante y después de cosecha para detectar picos de incidencia y actuar oportunamente.

5. Realizar más trabajos sobre la asociación de la *Hemileia vastatrix Berkeley y Broome* con otras enfermedades presentes en los cultivos de café en el ámbito de estudio, bajo las condiciones climáticas sobre precipitación, temperatura y humedad relativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (1999). *Estadística para administración y economía.* México: International Thomson Editores. doi:file:///C:/Users/Darwin/Downloads/Dialnet-UsoDeLaCorrelacionDeSpearmanEnUnEstudioDeIntervenc-5156978.pdf

Andina. (2014). *La Convención: recuperarán cultivos de café afectados por la Hemileia vastatrix (Berkeley y Broome).* Obtenido de https://andina.pe/agencia/noticia-la-convencion-recuperaran-cultivos-cafe-afectados-por-roya-amarilla-523415.aspx

Anthony, F., Bertrand, B., Quiros, O., Wilches, A., & Lashermes, P. (2020). *Genetic diversity of wild coffee (Coffea arabica) using molecular markers.* Plants, 9(7), 865.

Arias, A. (2021). *Efecto de la altitud sobre la calidad del cafeto en la provincia y distrito de San Ignacio, departamento de Cajamarca.* Obtenido de https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9026

Aristizabal, L. F., & Johnson, M. (2022). *Monitoring coffee leaf rust (Hemileia vastatrix) on commercial coffee farms in Hawaii:* Early insights from the first year of disease incursion. Agronomy, 12(5), 1134.

Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., & Aguilar, L. (2015). *The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions*. Food Security, 7, 303–321.

Barquero, M. (2013). *Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto (Hemileia vastatrix Berk et Br.).* Barva, Heredia. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/281625030_Recomendaciones_para_el_combate_de_la_roya_del_cafeto

Bartra, M. (2021). *Influencia ecofisiológica de tres variedades de (Coffea arabica L.) "café" en cuatro pisos altitudinales, en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba.* Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_3ae88cb16e69ba89dfa775f2bb6a737e

Bebber, D. P., Castillo, Á. D., & Gurr, S. J. (2019). Modelling coffee leaf rust risk in Colombia with climate reanalysis data. *Phytopathology*, 109(10), 1688–1695.

Carvalho, C. R., Fernandes, R. C., & Barreto, R. W. (2021). Histopathology of coffee leaf rust infection. Journal of Plant Pathology, 103(2), 421–430.

Boudrot, A., Pico, J., Merle, I., Granados, E., & Vílchez, S. (2016). *Shade Effects on the Dispersal of Airborne Hemileia vastatrix Uredospores*. Phytopathology, June 2016.

Calderón, G. (2012) *Epidemiología de la roya del café causada por Hemileia vastatrix Berk. & Br., en las regiones central y sur occidental de Guatemala*, C.A. Licenciatura tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

CANNA. (2024). *Influencia de la temperatura ambiental en las plantas.* Obtenido de https://www.canna.es/influencia_temperatura_ambiental_en_las_plantas

Carvajal, M. (2012). *Ecofisiología del café*. Universidad de Costa Rica.

Castaño, J. (2017). *Conferencia Magistral: Conceptos básicos de fitoepidemiología.* Universidad de Caldas - Facultad de ciencias agropecuarias. Obtenido de

https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/12353/12271/14104

CONSTRUNEIC. (2022). *Las precipitaciones pluviales.* Obtenido de https://construneic.com/hidrologia/las-precipitaciones-pluviales/

Del Aguilar, W. (2018). *Selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (Coffea arabica L.) tolerantes a roya (Hemileia vastatrix berk & br.) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín.* Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_bdaceeb7654cce0de96ef2d3cb130968

DaMatta, F. M., & Ramalho, J. D. C. (2006). *Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review*. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18(1), 55–81.

Esparra, E. (2022). *Incidencia, severidad y viabilidad de la roya de la hoja del cafeto (Hemileia vastatrix Berk. et Br.) en la zona cafetalera de Puerto Rico.* Obtenido de https://scholar.uprm.edu/entities/publication/ee309d85-24bd-4693-92d0-63521baac51e

Gamarra, D., Torres, G., Casas, J., & Riveros, H. (2015). *Caracterización y manejo integrado de la Hemileia vastatrix (Berkeley y Broome) del café en selva central del Perú*.

Gonzales, D. (2020). *Entrevista personal realizada por Diana Llanos. Coordinador de la Cámara Peruana de Café y Cacao de la Confiep.*

doi:https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/3048/LlanosDiana_Tesis_maestria_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, R., & Fernández, C. (1998). *Metodología de la investigación.* México:. doi:file:///C:/Users/Darwin/Downloads/Dialnet-UsoDeLaCorrelacionDeSpearmanEnUnEstudioDeIntervenc-5156978.pdf

INEI (2022). *Precipitación pluvial 2017 - 2021.* Obtenido de https://ine.gob.hn/v4/2022/09/30/precipitacion-pluvial-2017-2021/

International Coffee Organization. (2023). *Informe sobre el desarrollo del café 2023* [Coffee Development Report 2023]. Organización Internacional del Café.

Johnson, M. (2023). *Datos de monitoreo de la roya del café en la isla de Hawái* [Conjunto de datos]. Dryad. https://doi.org/10.5061/dryad.pnvx0k6q8

Kirk, P., Cannon, J., & Stalpers, J. (2008). *Ainsworth y Bisbys dictionary of the fungi. Great Britain*. Obtenido de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3761/253T20180298_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lagos, S. (2014). *Efecto de la condición química del suelo y de la fertilización sobre la incidencia, severidad y resistencia fisiológica de plantas de café a la roya (Hemileia vastatrix).* Obtenido de https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7136

Liebig, T., Ribeyre, F., Läderach, P., Poehling, H. M., van Asten, P. y Avelino, J. (2019). *Efectos interactivos de la altitud, el microclima y el sistema de sombreado en la roya del café*. Journal of Plant Interactions , 14 (1), 407–415. https://doi.org/10.1080/17429145.2019.1643934

Machuca, C. (2015). *Evaluación de programas de manejo de la roya del café causada por Hemileia vastatrix Berk & Br. en cuatro Departamentos de Guatemala, C.A*. Licenciatura tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mahmud, C., & Gutiérrez, O. (2010). *Estrategias de enseñanzas basadas en el cambio conceptual para la transformación.* Revista. doi:http://www.arje.bc.uc.edu.ve/arj19/art03.pdf

Marquez, F. (2015). *Sustentabilidad de la caficultura orgánica en la Convención Cusco.* Obtenido de https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1771/E20_M376_T%20BAN%20UNALM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez, M. (2009). *El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman: Caracterización.* Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1804/180414044017.pdf

Matiello, J. B., Santinato, R., Almeida, S. R., & Garcia, A. W. R. (2005). *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações*. Fundação Procafé.

MINAGRI. (2015). *Situación actual del café en el país.* doi:https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/3048/LlanosDiana_Tesis_maestria_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAGRI. (2019). *Observatorio de Commodities: Café 2019. Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA) - Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria (DEEIA) del Minagri. Lima: Minagri.*

doi:https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/3048/LlanosDiana_Tesis_maestria_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mora, G. (2019). *Roya del Cafeto (Hemileia Vastatrix Verkeley & Brome) Ficha Técnica N° 40*. Obtenido de http://www.cesavep.org/descargas/RDC/Ficha_Tecnica_Roya_del_cafeto.pdf

Murga, H., Coronado, M., Abanto, C., & De Almeida, F. (2021). *Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales.* Obtenido de https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/2271

Nuñez, J., Carbajal, J., & Mendoza, O. (2021). *Tamaño y peso de granos de café en relación con rangos altitudinales en zonas cafetaleras de Toledo, Norte de Santander (Colombia)*. Obtenido de https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1820

Paima, J. (2017). *Influencia de tres pisos altitudinales en las características físicas y sensoriales del café (Coffea arábica L.) variedad Catimor en los distritos de Lamas y Alonso de Alvarado Roque.* Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_bc40d75082c6fd3e74618a1f25e0571b

Pomacosi, M. (2011). *Incidencia y severidad de plagas y enfermedades en el cultivo de cafe Coffea arabica y su efecto en la calidad y rendimiento en el municipio de Teoponte.* Obtenido de https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10233

S&P. (2018). *Humedad relativa, específica y absoluta (incluye Carta Psicométrica).* Obtenido de https://www.S&Psolerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa-especifica-absoluta/#:~:text=vapor%20(gas).-,Humedad%20relativa%20(Hr),(humedad%20absoluta%20de%20saturación).

Saavedra, S., & Panihuara, R. (2018). *Determinación de los factores epidemiológicos de la Hemileia vastatrix (Berkeley y Broome) del café (Hemileia Vastatrix Berk. & Br.) en el distrito de Ocobamba – La Convención – Cusco.* Obtenido de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3761/253T20180298_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Scalabrin, S., Toniutti, L., Di Gaspero, G. (2020). A single polyploidization event at the origin of Coffea arabica. *Scientific Reports*, 10, 4648

SECOIN. (2019). *Humedad relativa: que es y porque es importante controlarla.* Obtenido de https://www.secoin.com.uy/blog/humedad-relativa-qu%C3%A9-es-y-por-qu%C3%A9-es-importante-controlarla

SENASA. (2003). *Norma para la ejecución y remisión de información de actividades del programa manejo integrado de plagas del cafeto*.

SENASA. (2013). *Plan nacional de accion de reduccion de incidencia y severidad de la "Roya.* Obtenido de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plan-nacional-roya.pdf

SENASA. (2017). *Metodología de evaluación de plagas agrícolas*. Obtenido de https://mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/metas/taller_SENASA_PI_meta36_3.pdf

SENASA. (2018). *Cusco: SENASA evaluó más de mil hectáreas de café para detección de plagas.* Obtenido de https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/cusco-senasa-evaluo-mas-de-mil-hectareas-de-cafe-para-deteccion-de-plagas/

Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology (5th ed.)*. Sinauer Associates.

Talhinhas, P., Batista, D., Diniz, I., Vieira, A., Silva, D. N., Loureiro, A., Tavares, S., Pereira, A. P., Azinheira, H. G., Guerra-Guimarães, L., Várzea, V., & Silva, M. C. (2022). El patógeno de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix*: siglo y medio en los trópicos [The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics]. *Molecular Plant Pathology*, 23(5), 658–676.

Távara, J., Benito, J., Ochoa, T., & Cortez, I. (2013). *Manejo integrado de la Hemileia vastatrix (Berkeley y Broome) del cafeto en el Perú*.

Unigarro, C. A. (2022). *Fenología y fisiología del fruto de café: Revisión y avances de investigación*. Memorias Seminario Científico Cenicafé, 73(1), e73108. https://doi.org/10.38141/10795/73108

Valle, E. (2017). *Diagnóstico de Incidencia y Severidad de la Hemileia vastatrix (Berkeley y Broome) (Hemileia Vastatrix Berk. & Br.) en cultivares de cafeto en los sectores de Pampa Rosario y Santa Bárbara del distrito de Santa Ana - La Convención - Cusco.* Obtenido de

https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5049/253T20170499_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vásquez, O. (1992). *Epidemiología de la roya del café (Hemileia vastatrix B. y Br.) en las zonas norte y pacífico de Nicaragua*. Ingeniería tesis, Universidad Nacional Agraria, UNA.

Williams, G., & Toledo, M. (2023). *Vegetación, Humboldt y gradiente altitudinal.*

Zambolim, L. (2019). Estado actual y manejo de la roya del cafeto. *Tropical Plant Pathology*, 44(5), 373–390.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumentos de recolección de información

PERÚ | Ministerio de Agricultura y Riego | Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA | Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Básica de Gestión de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

Nº de Ficha de Evaluación*

Fecha de evaluación (D/M/A):		

Apellidos del Productor	Nombre del predio

Nombres del Productor	Código de lugar de producción (predio)

Documento de Identidad	
Tipo	Número

1 Área evaluada de café (Marcar con una X)												
1 / 4		1 / 2		1		1 1 / 4		1 1 / 2		2		

2 Área total de café	3 Variedad de café (Evaluada)	4 Edad del cultivo
ha		años

5 Estado fenológico (Marcar con X)				6 Nº de Floraciones (Marcar con X)					
Germinación		Floración		1		3		5	
Crecimiento V.		Llenado Fruto		2		4			
Estaquillado		Maduración							

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)				8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)					
Sombra Natural		Guaba		20%		40%		60%	
Sombra Instalada		Otros:		80%					

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)						10 Rendimiento café pergamino (qq/ha)
1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.		2 x 1 mt.		
2 x 2 mt.		Otros:	mt.			

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)				12 Dosis de fertilizantes		13 Micronutrientes (Marcar con una X)	
Despejado		Nublado		N			
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad		P		SI	
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad		K		NO	

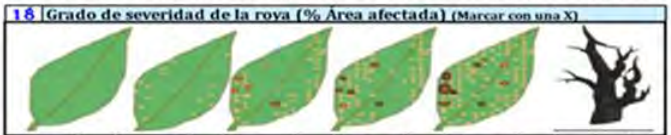
14 Tipo de suelo (Marcar con X		15 Tipo de producción(Marcar con		16 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Ácido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal		Convencional		POCP o ECAS (Área con control)	

Posicionamiento global del área evaluada									
Sistemas de coordenadas:	UTM	WGS- 84						m	m
Zona Geográfica	(17,18 Ó 19)	Datum:							
Altitud: Nivel Medio del Mar		Norte						*	*
		Este							
								m	
								*	

17 Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:												
Organos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas									
	Nombre Científico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P1 n
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya										
	Leucoptera coffeella	Minador										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Phoma costarricensis	Phoma										
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero										
Otros:												

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

18 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20%		Grado 3 21-50%		Grado 4 >50%		Paloteo	

19 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

20 Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:		Nombres:		Nombres:		Nombres:		Fecha
Apellidos:		Apellidos:		Apellidos:		Apellidos:		
DNI:		DNI:		DNI:		DNI:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

PERU | Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Basica de Gestion de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

1ra Evaluación

N° de Ficha de Evaluación*

Fecha de evaluación (D/M/A):		
03	05	2022

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Teresa Condori Bohorques	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI	23969161 (casado)

1 Área evaluada de café (Marcar con una X)											
1/4		1/2	X	1		1 1/2		1 1/2		2	

2 Área total de café	3 Variedad de café (Evaluada)	4 Edad del cultivo
2.5 ha	Bourbon	07 años

5 Estado fenológico (Marcar con X)				6 Nº de Floraciones (Marcar con X)					
Germinación		Floración		1		3		5	
Crecimiento V.		Llenado Fruto		2	X	4			
Estaquillado		Maduración	X						

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)				8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)					
Sombra Natural		Guaba	X	20%		40%	X	60%	
Sombra Instalada		Otros:		80%					

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)						10 Rendimiento café pergamino (qq/ha)
1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.		15
2 x 2 mt.		Otros:		mt.		

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)				12 Dosis de fertilizantes		13 Micronutrientes	
Despejado	X	Nublado		N	80	(Marcar con una X)	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad		P	60	SI	X
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad		K	80	NO	

14 Tipo de suelo (Marcar con X)		15 Tipo de producción(Marcar con X)		16 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Ácido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal	X	Convencional	X	POCP o ECAS (Área con control)	

Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas										
	Nombre Cientifico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	2	1	2	2	3	4	5	3	2	0	24
	Leucoptera coffeella	Minador											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Phoma costarricensis	Phoma											
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero											
Otros:													

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas:	UTM	Datum:	WGS- 84		
Zona Geográfica	18 L (17,18 Ó 19)	Norte	8741618	*	m
Altitud: Nivel Medio del Mar	1520 * m	Este	857297	3	* m

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

17 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec	Grado 1 5% Afec	Grado 2 20%	Grado 3 21-50%	Grado 4 >50%	Paloteo
			X		

18 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A	Momento B	Momento C	Momento D

Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	Teresa	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Condori	Apellidos:	Flores O	Apellidos:	Flores O	Apellidos:		
DNI:	Bohorques	DNI:	24988560	DNI:	24988560	DNI:		
Firma:	23969161	Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

1ra Evaluación

Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Básica de Gestión de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

N° de Ficha de Evaluación*

Fecha de evaluación (D/M/A):		
03	05	2022

Apellidos del Productor	Nombre del predio
ORlando Perez Aragón	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI	20004557

Área evaluada de café (Marcar con una X)

1/4		1/2	X	1		1 1/4		1 1/2		2	

2 Área total de café		3 Variedad de café (Evaluada)	4 Edad del cultivo	
01	ha	Caturra	12	años

5 Estado fenológico (Marcar con X)				6 Nº de Floraciones (Marcar con X)					
Germinación		Floración		1		3		5	
Crecimiento V.		Llenado Fruto		2	X	4			
Estaquillado		Maduración	X						

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)				8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)					
Sombra Natural		Guaba	X	20%		40%	X	60%	
Sombra Instalada		Otros:		80%					

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)						10 Rendimiento café pergamino (qq/ha)
1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.		20
2 x 2 mt.		Otros:		mt.		

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)				12 Dosis de fertilizantes		13 Micronutrientes	
Despejado	X	Nublado		N	160	(Marcar con una X)	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad		P	100	SI	X
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad		K	160	NO	

14 Tipo de suelo (Marcar con X)		15 Tipo de producción(Marcar con X)		16 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Ácido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal	X	Convencional	X	POCP o ECAS (Área con control)	

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas:	UTM	Datum:	WGS- 84		
Zona Geográfica	(17,18 Ó 19)	Norte	9430056	*	m
Altitud: Nivel Medio del Mar		Este	8572590	*	m

17 Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas										
	Nombre Cientifico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	2	0	1	2	2	3	2	1	1	1	15
	Leucoptera coffeella	Minador											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Phoma costarricensis	Phoma											
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero											
Otros:													

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

18 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20%		Grado 3 21-50%		Grado 4 >50%		Paloteo	

19 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

20 Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	ORlando	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Perez A.	Apellidos:	Hilario O.	Apellidos:	Hilario O.	Apellidos:		
DNI:	20004557	DNI:	24988561	DNI:	24988560	DNI:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

IVa Evaluación

PERU | Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Basica de Gestion de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

N° de Ficha de Evaluación*

Fecha de evaluación (D/M/A):		
03	05	2022

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Leonor Gil Flores	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI	24958820

Area evaluada de café (Marcar con una X)

1/4		1/2		X	1		1 1/4		1 1/2		2	

2 Área total de café	3 Variedad de café (Evaluada)	4 Edad del cultivo
01 ha	TYPICA	15 años

5 Estado fenológico (Marcar con X)				6 Nº de Floraciones (Marcar con X)					
Germinación		Floración		1		3		5	
Crecimiento V.		Llenado Fruto		2	X	4			
Estaquillado		Maduración	X						

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)				8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)					
Sombra Natural		Guaba	X	20%		40%	X	60%	
Sombra Instalada		Otros:		80%					

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)						10 Rendimiento café pergamino (qq/ha)
1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.		15
2 x 2 mt.		Otros:		mt.		

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)				12 Dosis de fertilizantes		13 Micronutrientes	
Despejado	X	Nubiado		N	100	(Marcar con una X)	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad		P	80	SI	X
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad		K	100	NO	

14 Tipo de suelo (Marcar con X)		15 Tipo de producción(Marcar con X)		16 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Ácido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal	X	Convencional	X	POCP o ECAS (Área con control)	

17 Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas									
	Nombre Científico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	2	3	4	3	4	2	1	3	1	2
	Leucoptera coffeella	Minador										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Phoma costarricensis	Phoma										
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero										
Otros:												

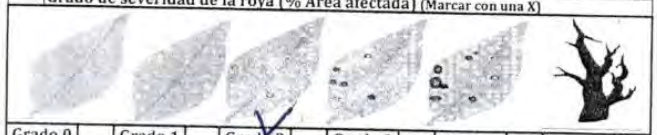
25

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas:	UTM	Datum:	WGS- 84		
Zona Geográfica	(17,18 Ó 19)	Norte	7435124	*	m
Altitud: Nivel Medio del Mar	1423 * m	Este	8572996	*	m

18 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20% X		Grado 3 21-50%		Grado 4 >50%		Paloteo	

19 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	Leonor	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Gil Flores	Apellidos:	Hilario	Apellidos:	Hilario	Apellidos:		
DNI:	24958820	DNI:	24988566	DNI:	24988566	DNI:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

1ra Evaluación

PERU | Ministerio de Agricultura y Riego — Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Basica de Gestion de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

Nº de Ficha de Evaluación*:

Fecha de evaluación (D/M/A):		
03	05	2022

Serranuyoc

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Lucila Salcedo Soliz	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI	24949544

Área evaluada de café (Marcar con una X)

1/4	1/2	1	1 1/4	1 1/2	2
	X				

2 Área total de café	3 Variedad de café (Evaluada)	4 Edad del cultivo
01 ha	Typica	10 años

5 Estado fenológico (Marcar con X)

Germinación		Floración		1	X
Crecimiento V.		Llenado Fruto		2	
Estaquillado		Maduración	X		

6 Nº de Floraciones (Marcar con X)

1	X	3		5	
2		4			

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)

Sombra Natural		Guaba	X	20%		40%	X	60%	
Sombra Instalada		Otros: platano	X	80%					

8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)

1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.		2 x 1 mt.	
2 x 2 mt.	X	Otros:		mt.	

10 Rendimiento café pergamino (qq/ha): 15

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)

Despejado	X	Nublado	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad	
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad	

12 Dosis de fertilizantes

N	80
P2	60
K	80

13 Micronutrientes (Marcar con una X)

SI	X
NO	

14 Tipo de suelo (Marcar con X)		15 Tipo de producción(Marcar con X)		16 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Ácido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal	X	Convencional	X	POCP o ECAS (Área con control)	

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas: UTM — Datum: WGS-84

Zona Geográfica: 18 L (17,18 Ó 19) — Norte: 8575411 * m — Este: 748369 * m

Altitud: Nivel Medio del Mar: 1172 *

Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas: Nombre Científico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	2	2	4	5	4	2	2	2	4	2
	Leucoptera coffeella	Minador										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Phoma costarricensis	Phoma										
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero										
Otros:												

29

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

17 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20%		Grado 3 21-50%	X	Grado 4 >50%		Paloteo	

18 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	Lucila	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Salcedo S.	Apellidos:	Hilares O	Apellidos:	Hilares O	Apellidos:		
DNI:	24949544	DNI:	24988560	DNI:	24988560	DNI:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

3ra Evaluación

PERU Ministerio de Agricultura y Riego — Dirección de Sanidad Vegetal — **Formato 6**

Unidad Básica de Gestión de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

Serranía °C

Fecha de evaluación (D/M/A):		
02	06	2022

N° de Ficha de Evaluación*

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Julio Colque Coa	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI	24954965

1 Área evaluada de café (Marcar con una X)

1/4	1/2	1	1 1/4	1 1/2	2
		X			

2 Área total de café: 2.5 ha

3 Variedad de café (Evaluada): Caturra

4 Edad del cultivo: 10 años

5 Estado fenológico (Marcar con X)

Germinación		Floración	
Crecimiento V.		Llenado Fruto	
Estaquillado		Maduración	X

6 Nº de Floraciones (Marcar con X)

1		3		5	
2	X	4			

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)

Sombra Natural		Guaba	X
Sombra Instalada		Otros:	

8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)

20%		40%	X	60%	
80%					

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)

1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.	
2 x 2 mt.		Otros:		mt.	

10 Rendimiento café pergamino (qq/ha): 18

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)

Despejado	X	Nublado	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad	
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad	

12 Dosis de fertilizantes

N	100
P	80
K	100

13 Micronutrientes (Marcar con una X)

SI	X
NO	

Tipo de suelo (Marcar con X)		15 Tipo de producción(Marcar con X)		16 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Ácido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal	X	Convencional	X	POCP o ECAS (Área con control)	

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas: UTM — Datum: WGS- 84

Zona Geográfica (17,18 Ó 19): 18 L — Norte: 8574954 * m — Este: 857392323 * m

Altitud: Nivel Medio del Mar: 1303 * m

17 Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas									
	Nombre Cientifico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	1	2	2	3	4	2	3	2	1	4
	Leucoptera coffeella	Minador										23
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Phoma costarricensis	Phoma										
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero										
Otros:												

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

18 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20%	X	Grado 3 21-50%		Grado 4 >50%		Paloteo	

19 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	Julio	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Colque Coa	Apellidos:	Tellez O	Apellidos:	Tellez O	Apellidos:		
DNI:		DNI:	24988560	DNI:	24988560	DNI:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

2da Evaluación

PERU | Ministerio de Agricultura y Riego — Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Básica de Gestion de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

Fecha de evaluación (D/M/A):		
30	05	2022

Serranyoc bajo

N° de Ficha de Evaluación*

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Rolando Cusi Baca	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
	23854442

Área evaluada de café (Marcar con una X)

1/4	1/2	1	1 1/4	1 1/2	2
		X			

2 Área total de café	3 Variedad de café (Evaluada)	4 Edad del cultivo
1.5 ha	Bourbon	12 años

5 Estado fenológico (Marcar con X)				6 Nº de Floraciones (Marcar con X)				
Germinación		Floración		1	X	3		5
Crecimiento V.		Llenado Fruto		2		4		
Estaquillado		Maduración	X					

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)				8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)				
Sombra Natural		Guaba	X	20%		40%	X	60%
Sombra Instalada		Otros: platano	X	80%				

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)						10 Rendimiento café pergamino (qq/ha)
1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.		12
2 x 2 mt.		Otros:		mt.		

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)				12 Dosis de fertilizantes		13 Micronutrientes	
Despejado	X	Nublado		N	80	(Marcar con una X)	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad		P	60	SI	X
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad		K	80	NO	

14 Tipo de suelo (Marcar con X)		15 Tipo de producción(Marcar con X)		16 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Ácido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal	X	Convencional	X	POCP o ECAS (Área con control)	

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas:	UTM	Datum:	WGS- 84		
Zona Geográfica	18 L (17,18 Ó 19)	Norte	8574637	*	m
Altitud: Nivel Medio del Mar	1262 * m	Este	746597	*	m

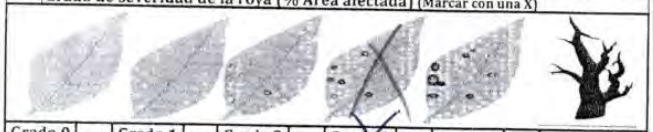
Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas									
	Nombre Cientifico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	3	4	3	3	4	2	1	1	2	3
	Leucoptera coffeella	Minador										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Phoma costarricensis	Phoma										
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero										
Otros:												

26

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

17 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec	Grado 1 5% Afec	Grado 2 20%	Grado 3 21-50%	Grado 4 >50%	Paloteo
			X		

18 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A	Momento B	Momento C	Momento D

Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	Rolando	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Cusi B	Apellidos:	Hilares D	Apellidos:	Hilares D	Apellidos:		
DNI:	23854442	DNI:	24988560	DNI:	24988560	DNI:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

3ra Evaluación

PERÚ | Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Básica de Gestión de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

Fecha de evaluación (D/M/A):		
02	06	2022

N° de Ficha de Evaluación*:

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Oscar Diaz Suca	Media Luna
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI.	23971536

1 Área evaluada de café (Marcar con una X)

1/4	1/2	1	1 1/4	1 1/2	2
		X			

2 Área total de café: 3.5 ha

3 Variedad de café (Evaluada): Bourbon

4 Edad del cultivo: 08 años

5 Estado fenológico (Marcar con X)

Germinación		Floración	
Crecimiento V.		Llenado Fruto	
Estaquillado		Maduración	X

6 Nº de Floraciones (Marcar con X)

1		3		5	
2	X	4			

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)

Sombra Natural		Guaba	X
Sombra Instalada		Otros:	

8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)

20%		40%	X	60%	
80%					

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)

1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.	
2 x 2 mt.		Otros:		mt.	

10 Rendimiento café pergamino (qq/ha): 18

11 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)

Despejado	X	Nublado	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad	
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad	

12 Dosis de fertilizantes

N	30
P	100
K	80

13 Micronutrientes (Marcar con una X)

SI	X
NO	

14 Tipo de suelo (Marcar con X)

Ácido	X
Normal	

15 Tipo de producción (Marcar con X)

Orgánico	
Convencional	X

16 Meta programada SIP (Marcar con X)

Vigilancia (Área sin control)	
POCP o ECAS (Área con control)	

17 Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas										
	Nombre Cientifico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	2	1	1	3	2	1	1	2	1	2	16
	Leucoptera coffeella	Minador											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Phoma costarricensis	Phoma											
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero											
Otros:													

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas:	UTM	Datum:	WGS- 84		
Zona Geográfica	(17,18 Ó 19)	Norte	7405422 *	m	Este
Altitud: Nivel Medio del Mar	1794 *	m	8572682 *	m	

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y causa daño económico al cultivo.

18 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20%	X	Grado 3 21-50%		Grado 4 >50%		Paloteo	

19 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

20 Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	Oscar	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Diaz Suca	Apellidos:	Villares O.	Apellidos:	Villares O.	Apellidos:		
DNI:	23971536	DNI:	24988566	DNI:	24988566	DNI:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

1ra Evaluación

PERU | Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Básica de Gestión de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

N° de Ficha de Evaluación*

Fecha de evaluación (D/M/A):		
03	05	2022

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Bernardino Ayme Callapiña	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI	80051067

Área evaluada de café (Marcar con una X)												
1/4		1/2	X	1		1 1/4		1 1/2		2		

7 Área total de café	8 Variedad de café (Evaluada)	9 Edad del cultivo
0.50 ha	Caturra	12 años

6 Estado fenológico (Marcar con X)				11 Nº de Floraciones (Marcar con X)					
Germinación		Floración		1		3		5	
Crecimiento V.		Llenado Fruto		2	X	4			
Estaquillado		Maduración	X						

12 Tipo de sombra (Marcar con una X)				13 Porcentaje de sombra (Marcar con X)					
Sombra Natural		Guaba	X	20%		40%	X	60%	
Sombra Instalada		Otros:		80%					

14 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)						15 Rendimiento café pergamino (qq/ha)
1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.		10
2 x 2 mt.		Otros:		mt.		

16 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)				17 Dosis de fertilizantes		18 Micronutrientes	
Despejado	X	Nublado		N	30	(Marcar con una X)	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana intensidad		P	60	SI	
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad		K	30	NO	

19 Tipo de suelo (Marcar con X)		20 Tipo de producción(Marcar con X)		21 Meta programada SIP (Marcar con X)	
Acido		Orgánico		Vigilancia (Área sin control)	
Normal	X	Convencional	X	POCP o ECAS (Área con control)	

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas: UTM — Datum: WGS-84

Zona Geográfica (17,18 Ó 19): 18L — Norte: 8573798 m — Este: 739897 m

Altitud: Nivel Medio del Mar: 1815 m

Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas		Plantas Evaluadas										
	Nombre Cientifico	Nombre Común	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	2	3	2	0	1	3	1	2	2	1	17
	Leucoptera coffeella	Minador											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Phoma costarricensis	Phoma											
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca											
	Cercospora coffeicola	Cercospora											
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo											
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero											
Otros:													

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y cáusa daño económico al cultivo.

Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20%	X	Grado 3 21-50%		Grado 4 >50%		Paloteo	

19 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:		
Nombres:	Bernardino	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:		Fecha
Apellidos:	Ayme Cacia	Apellidos:	Tellez Otoya	Apellidos:	Tellez O	Apellidos:		
DNI:	Pina	DNI:	24988566	DNI:	24988566	DNI:		
Firma:	80051067	Firma:		Firma:		Firma:		

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

1ra Evaluación

PERÚ | Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección de Sanidad Vegetal

Formato 6

Unidad Básica de Gestión de Manejo Integrado de Plagas del Cafeto

Formato: Evaluación de Plagas de Campo

N° de Ficha de Evaluación*

Fecha de evaluación (D/M/A):		
03	05	2022

Apellidos del Productor	Nombre del predio
Rojer Diaz Suca	
Nombres del Productor	**Código de lugar de producción (predio)**

Documento de Identidad	
Tipo	Número
DNI	43920585

Área evaluada de café (Marcar con una X)

1/4	1/2	1	1 1/4	1 1/2	2
		X			

2 Area total de café	3 Variedad de café (Evaluada)	4 Edad del cultivo
04 ha	Typica	10 años

5 Estado fenológico (Marcar con X)

Germinación		Floración	
Crecimiento V.		Llenado Fruto	
Estaquillado		Maduración	X

6 Nº de Floraciones (Marcar con X)

1		3		5	
2	X	4			

7 Tipo de sombra (Marcar con una X)

Sombra Natural		Guaba	X
Sombra Instalada		Otros:	

8 Porcentaje de sombra (Marcar con X)

20%		40%	X	60%	
80%					

9 Distanciamiento del café (sombra) (Marcar con X)

1 x 1 mt.		2 x 1.5 mt.	X	2 x 1 mt.	
2 x 2 mt.		Otros:		mt.	

11 Rendimiento café pergamino (qq/ha): 12

12 Estado del tiempo durante evaluación (Marcar con X)

Despejado	X	Nublado	
Nubosidad dispersa		Lluvias mediana Intensidad	
Nubosidad parcial		Lluvias de fuerte intensidad	

13 Dosis de fertilizantes

N	60
P	80
K	60

14 Micronutrientes (Marcar con una X)

SI	X
NO	

15 Tipo de suelo (Marcar con X)

Ácido		Orgánico	
Normal	X	Convencional	

16 Tipo de producción(Marcar con X)

Orgánico	
Convencional	X

18 Meta programada SIP (Marcar con X)

Vigilancia (Área sin control)	
POCP o ECAS (Área con control)	

Posicionamiento global del área evaluada

Sistemas de coordenadas: UTM (17,18 Ó 19) Datum: WGS- 84

Zona Geográfica	Norte	Este	Altitud: Nivel Medio del Mar
18L	8577671	749321	1816 m

Llene el cuadro ingresando Nº de Organos afectados:

Órganos Evaluados	Plagas Evaluadas: Nombre Científico	Nombre Común	Plantas Evaluadas P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
10 Hojas/Planta	*Hemileia vastatrix*	Roya	2	3	2	2	3	2	2	2	1	0
	Leucoptera coffeella	Minador										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
	Cercospora coffeicola	Cercospora										
	Phoma costarricensis	Phoma										
20 Cerezos ó fruto / planta	*Hypothenemus hampei*	Broca										
	Cercosporu coffeicola	Cercospora										
	Mycena citricolor	Ojo de Gallo										
10 Ramas / Tallos	*Pellicularia koleroga*	Arañero										
Otros:												

19

La plaga clave es la que presenta la mas alta incidencia o severidad y cáusa daño económico al cultivo.

17 Grado de severidad de la roya (% Área afectada) (Marcar con una X)



Grado 0 0% Afec		Grado 1 5% Afec		Grado 2 20%	X	Grado 3 21-50%		Grado 4 >50%		Paloteo	

19 Posicionamiento de la broca (Marcar con una X)



Momento A		Momento B		Momento C		Momento D	

Recomendaciones al productor cafetalero (Rellenar):

Responsable/propietario del predio:		Llenado por:		Visado por:		Técnico SIIMF:	
Nombres:	Rojer	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Marcelino	Nombres:	Fecha
Apellidos:	Diaz Suca	Apellidos:	Tulano	Apellidos:	Tulano	Apellidos:	
DNI:		DNI:	24983560	DNI:	24983560	DNI:	
Firma:	43920585	Firma:		Firma:		Firma:	

*Nº de Ficha de Evaluación es generada por SIIMF

Anexo 2: Medios de verificación

Propietario	Fecha de evaluación	Coord. X	Coord. Y	Altitud	Gradiente altitudinal	Variedad	Temperatura (EM)	Precipitación (EM)	Humedad relativa (EM)	Incidencia	Severidad
Lucila Salcedo Solís	3/05/2023	748369	8575411	1262	1100 - 1300	Bourbon	30	95	78	29	3
Lucila Salcedo Solís	30/05/2023	748369	8575411	1262	1100 - 1300	Bourbon	30	95	78	26	3
Lucila Salcedo Solís	2/06/2023	748369	8575411	1262	1100 - 1300	Bourbon	30	95	78	28	2
Lucila Salcedo Solís	30/06/2023	748369	8575411	1262	1100 - 1300	Bourbon	30	95	78	29	2
Lucila Salcedo Solís	2/07/2023	748369	8575411	1262	1100 - 1300	Bourbon	30	95	78	26	3
Lucila Salcedo Solís	2/07/2023	748369	8575411	1262	1100 - 1300	Bourbon	30	95	78	26	3
Lucila Salcedo Solís					$\bar{X}$	Bourbon	30	95	78	**27.33**	**2.67**
Julio Colque Coa	3/05/2023	744954	8573923	1300	1100 - 1300	Caturra	30	95	78	21	3
Julio Colque Coa	30/05/2023	744954	8573923	1300	1100 - 1300	Caturra	30	95	78	23	3
Julio Colque Coa	2/06/2023	744954	8573923	1300	1100 - 1300	Caturra	30	95	78	23	2
Julio Colque Coa	30/06/2023	744954	8573923	1300	1100 - 1300	Caturra	30	95	78	22	3
Julio Colque Coa	2/07/2023	744954	8573923	1300	1100 - 1300	Caturra	30	95	78	22	2
Julio Colque Coa	2/07/2023	744954	8573923	1300	1100 - 1300	Caturra	30	95	78	25	3
Julio Colque Coa					$\bar{X}$	Caturra	30	95	78	**22.67**	**2.67**
Rolando Cusi Baca	3/05/2023	746597	8574630	1172	1100 - 1300	Typica	30	95	78	27	3
Rolando Cusi Baca	30/05/2023	746597	8574630	1172	1100 - 1300	Typica	30	95	78	26	3
Rolando Cusi Baca	2/06/2023	746597	8574630	1172	1100 - 1300	Typica	30	95	78	27	3
Rolando Cusi Baca	30/06/2023	746597	8574630	1172	1100 - 1300	Typica	30	95	78	27	3
Rolando Cusi Baca	2/07/2023	746597	8574630	1172	1100 - 1300	Typica	30	95	78	23	3
Rolando Cusi Baca	2/07/2023	746597	8574630	1172	1100 - 1300	Typica	30	95	78	24	2
Rolando Cusi Baca					$\bar{X}$	Typica	30	95	78	**25.67**	**2.83**

Propietario	Fecha de evaluación	Coord. X	Coord. Y	Altitud	Gradiente altitudinal	Variedad	Temperatura (EM)	Precipitación (EM)	Humedad relativa (EM)	Incidencia	Severidad
Leonor Gil Florez	3/05/2023	743512	8572996	1500	1300 - 1500	Bourbon	28	100	85	25	2
Leonor Gil Florez	30/05/2023	743512	8572996	1500	1300 - 1500	Bourbon	28	100	85	24	2
Leonor Gil Florez	2/06/2023	743512	8572996	1500	1300 - 1500	Bourbon	28	100	85	26	3
Leonor Gil Florez	30/06/2023	743512	8572996	1500	1300 - 1500	Bourbon	28	100	85	23	3
Leonor Gil Florez	2/07/2023	743512	8572996	1500	1300 - 1500	Bourbon	28	100	85	21	3
Leonor Gil Florez	2/07/2023	743512	8572996	1500	1300 - 1500	Bourbon	28	100	85	19	3
Leonor Gil Florez					$\bar{X}$	Bourbon	28	100	85	**23.00**	**2.67**
Orlando Perez Aragón	3/05/2023	743056	8572590	1479	1300 - 1500	Caturra	28	100	85	15	3
Orlando Perez Aragón	30/05/2023	743056	8572590	1479	1300 - 1500	Caturra	28	100	85	18	3
Orlando Perez Aragón	2/06/2023	743056	8572590	1479	1300 - 1500	Caturra	28	100	85	17	3
Orlando Perez Aragón	30/06/2023	743056	8572590	1479	1300 - 1500	Caturra	28	100	85	18	2
Orlando Perez Aragón	2/07/2023	743056	8572590	1479	1300 - 1500	Caturra	28	100	85	16	2
Orlando Perez Aragón	2/07/2023	743056	8572590	1479	1300 - 1500	Caturra	28	100	85	17	3
Orlando Perez Aragón					$\bar{X}$	Caturra	28	100	85	**16.83**	**2.67**
Teresa Condori Bohorquez	3/05/2023	741618	8572973	1423	1300 - 1500	Typica	28	100	85	24	3
Teresa Condori Bohorquez	30/05/2023	741618	8572973	1423	1300 - 1500	Typica	28	100	85	20	2
Teresa Condori Bohorquez	2/06/2023	741618	8572973	1423	1300 - 1500	Typica	28	100	85	28	3
Teresa Condori Bohorquez	30/06/2023	741618	8572973	1423	1300 - 1500	Typica	28	100	85	19	2
Teresa Condori Bohorquez	2/07/2023	741618	8572973	1423	1300 - 1500	Typica	28	100	85	22	2
Teresa Condori Bohorquez	2/07/2023	741618	8572973	1423	1300 - 1500	Typica	28	100	85	24	3
Teresa Condori Bohorquez					$\bar{X}$	Typica	28	100	85	**22.83**	**2.50**

Propietario	Fecha de evaluación	Coord. X	Coord. Y	Altitud	Gradiente altitudinal	Variedad	Temperatura (EM)	Precipitación (EM)	Humedad relativa (EM)	Incidencia	Severidad
Roger Diaz Suca	30/05/2023	740321	8572671	1794	1500 - 1800	Bourbon	24	105	88	20	3
Roger Diaz Suca	2/06/2023	740321	8572671	1794	1500 - 1800	Bourbon	24	105	88	17	2
Roger Diaz Suca	30/06/2023	740321	8572671	1794	1500 - 1800	Bourbon	24	105	88	18	3
Roger Diaz Suca	2/07/2023	740321	8572671	1794	1500 - 1800	Bourbon	24	105	88	19	2
Roger Diaz Suca	2/07/2023	740321	8572671	1794	1500 - 1800	Bourbon	24	105	88	20	1
Roger Diaz Suca					$\bar{X}$	Bourbon	24	105	88	**18.80**	**2.20**
Bernardino Aime Callapiña	3/05/2023	739897	8572980	1800	1500 - 1800	Caturra	24	105	88	17	2
Bernardino Aime Callapiña	30/05/2023	739897	8572980	1800	1500 - 1800	Caturra	24	105	88	19	2
Bernardino Aime Callapiña	2/06/2023	739897	8572980	1800	1500 - 1800	Caturra	24	105	88	18	3
Bernardino Aime Callapiña	30/06/2023	739897	8572980	1800	1500 - 1800	Caturra	24	105	88	20	2
Bernardino Aime Callapiña	2/07/2023	739897	8572980	1800	1500 - 1800	Caturra	24	105	88	17	3
Bernardino Aime Callapiña	2/07/2023	739897	8572980	1800	1500 - 1800	Caturra	24	105	88	18	3
Bernardino Aime Callapiña					$\bar{X}$	Caturra	24	105	88	**18.17**	**2.50**
Oscar Díaz Suca	3/05/2023	740542	8572680	1795	1500 - 1800	Typica	24	105	88	17	2
Oscar Díaz Suca	30/05/2023	740542	8572680	1795	1500 - 1800	Typica	24	105	88	18	3
Oscar Díaz Suca	2/06/2023	740542	8572680	1795	1500 - 1800	Typica	24	105	88	16	2
Oscar Díaz Suca	30/06/2023	740542	8572680	1795	1500 - 1800	Typica	24	105	88	15	2
Oscar Díaz Suca	2/07/2023	740542	8572680	1795	1500 - 1800	Typica	24	105	88	16	2
Oscar Díaz Suca	2/07/2023	740542	8572680	1795	1500 - 1800	Typica	24	105	88	16	2
Oscar Díaz Suca					$\bar{X}$	Typica	24	105	88	**16.33**	**2.17**

Anexo 3: Evaluaciones de campo de variables meteorológicas en parcelas de productores

Sector	Agricultor	Evaluación de temperatura (°C)						
		Altitud	3-May-23	30-May-23	2-Jun-23	30-Jun-23	2-Jul-23	30-Jul-23
			1ra evaluación	2da evaluación	3ra evaluación	4ta evaluación	5ta evaluación	6ta evaluación
Serranuyoc	Lucila Salcedo Solis	1172	36.6	32.4	31.2	30.6	32.2	32.8
	Rolando Cusi Baca	1262	32.2	31.8	30.8	30.2	32	31.2
	Julio Colque Ccoa	1303	31.2	30.8	30.4	30	31.8	30.6
Esmeralda	Leonor Gil Flores	1423	31	30.2	30.6	30.4	30	30.2
	Orlando Perez Aragon	1479	30.8	30.4	30.2	30	29.8	30.6
	Teresa Condori Bohorquez	1520	30.6	31.2	31.4	31.2	30.4	30.2
Tunquimayo	Bernardino Ayme Callapiña	1815	29.6	28.8	29.4	29.2	29.6	29.2
	Roger Diaz Suca	1816	28.8	29.4	28.8	28.6	28.4	28.8
	Oscar Diaz Suca	1794	28.4	28.8	29.2	29.6	29.4	29.6

Sector	Agricultor	Evaluación de precipitación (mm)						
		Altitud	3-May-23	30-May-23	2-Jun-23	30-Jun-23	2-Jul-23	30-Jul-23
			1ra evaluación	2da evaluación	3ra evaluación	4ta evaluación	5ta evaluación	6ta evaluación
Serranuyoc	Lucila Salcedo Solis	1172	0	4.4	0	6.6	2.2	8.4
	Rolando Cusi Baca	1262	6.2	0.6	0	4.2	0	4.4
	Julio Colque Ccoa	1303	8.4	8.2	6.2	0	0	6.8
Esmeralda	Leonor Gil Flores	1423	4.8	6.8	5.6	0	3.6	2.2
	Orlando Perez Aragon	1479	6.4	2.6	0	0.6	1.4	1.2
	Teresa Condori Bohorquez	1520	13.8	2.2	0.8	4.2	6.4	1.4
Tunquimayo	Bernardino Ayme Callapiña	1815	2.2	0	4.4	8.4	0	0
	Roger Diaz Suca	1816	0	0	0	8.2	6.8	0
	Oscar Diaz Suca	1794	4.2	8.2	5.2	4	8.2	6.2

Sector	Agricultor	Evaluación de humedad relativa (%)						
		Altitud	3-May-23	30-May-23	2-Jun-23	30-Jun-23	2-Jul-23	30-Jul-23
			1ra evaluación	2da evaluación	3ra evaluación	4ta evaluación	5ta evaluación	6ta evaluación
Serranuyoc	Lucila Salcedo Solis	1172	62.4	63.4	60.4	64.8	65	64.4
	Rolando Cusi Baca	1262	61.8	62.2	62.6	61.6	64.4	62.8
	Julio Colque Ccoa	1303	62.8	62.4	61.4	60.2	62.8	62.6
Esmeralda	Leonor Gil Flores	1423	64.4	61.6	62.6	61.8	62.2	61.2
	Orlando Perez Aragon	1479	62.2	64.4	60.8	60.2	61.8	60.2
	Teresa Condori Bohorquez	1520	61.4	62.2	60.2	59.6	60.2	59.4
Tunquimayo	Bernardino Ayme Callapiña	1815	63.2	64.4	59.2	59.8	53.6	54.8
	Roger Diaz Suca	1816	63.6	64.4	58.8	60.8	54.2	55.4
	Oscar Diaz Suca	1794	64.8	65.2	60.2	61.4	54.8	55.8

Anexo 4: Gráficas de normalidad de variables

Figura:

Prueba de normalidad de variables – Incidencia

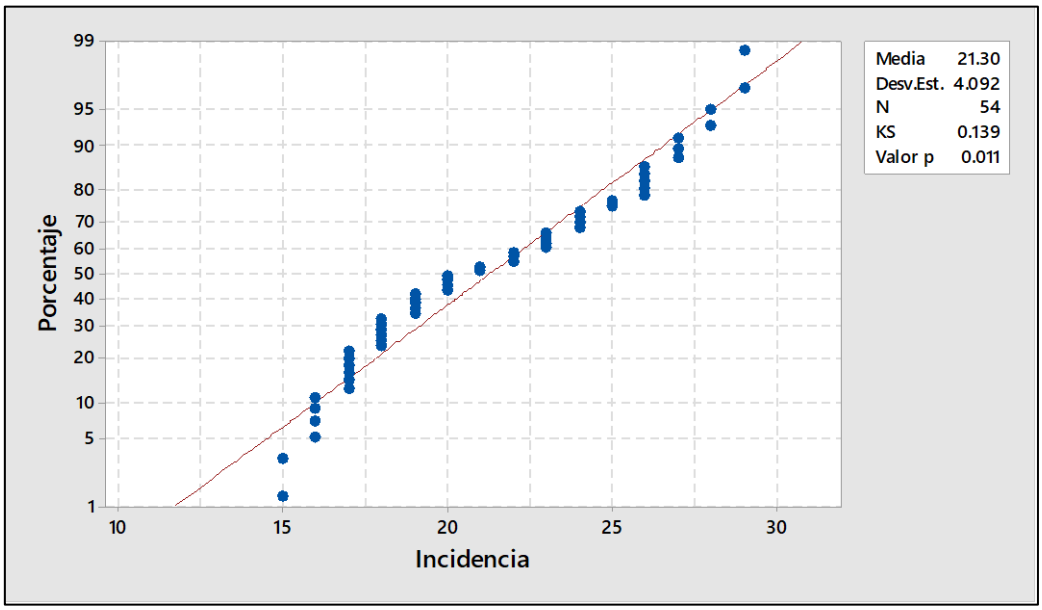


Figura:

Prueba de normalidad de variables – Severidad

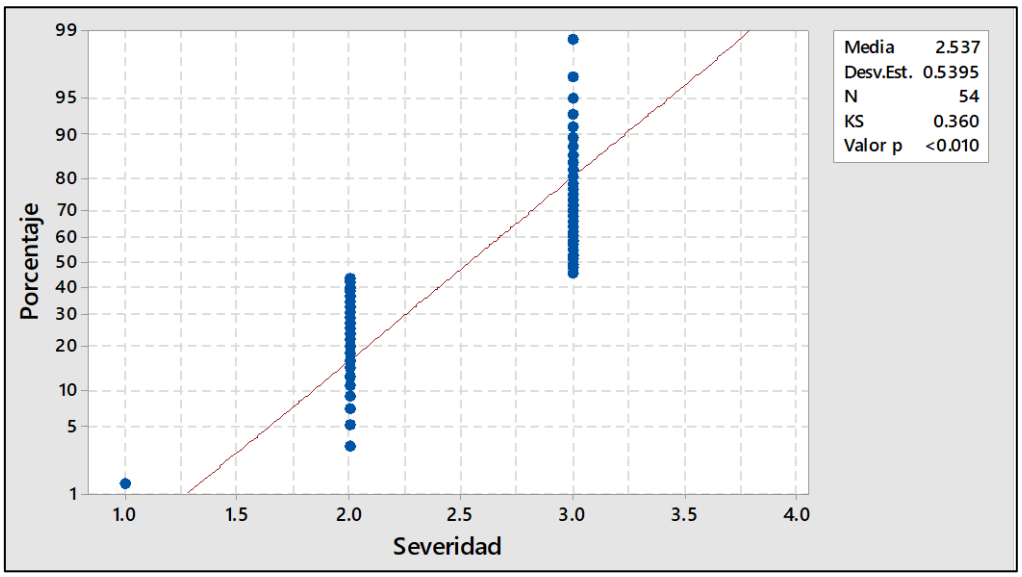


Figura:

Prueba de normalidad de variables – Altitud

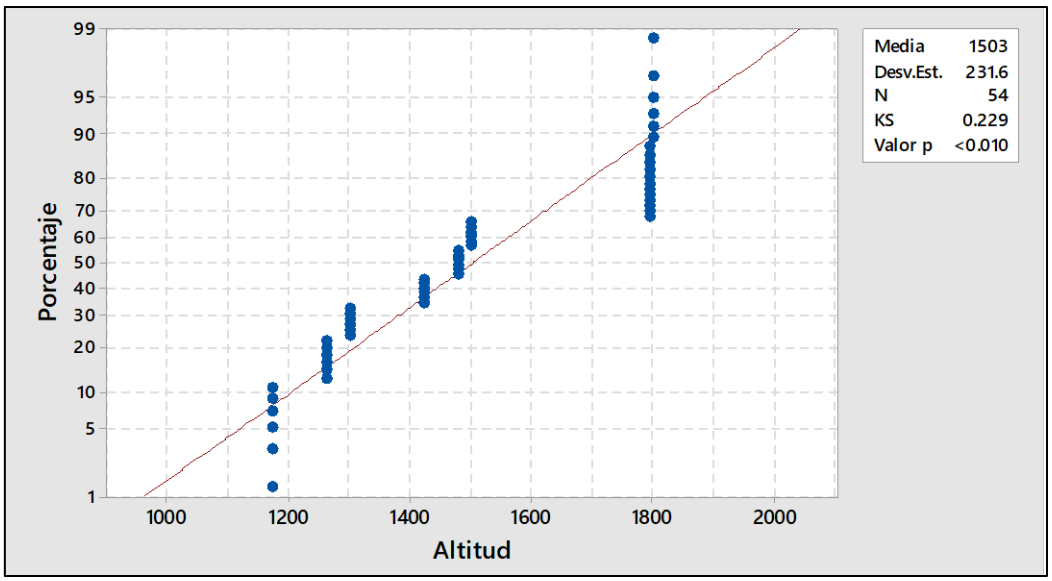


Figura:

Prueba de normalidad de variables – Temperatura

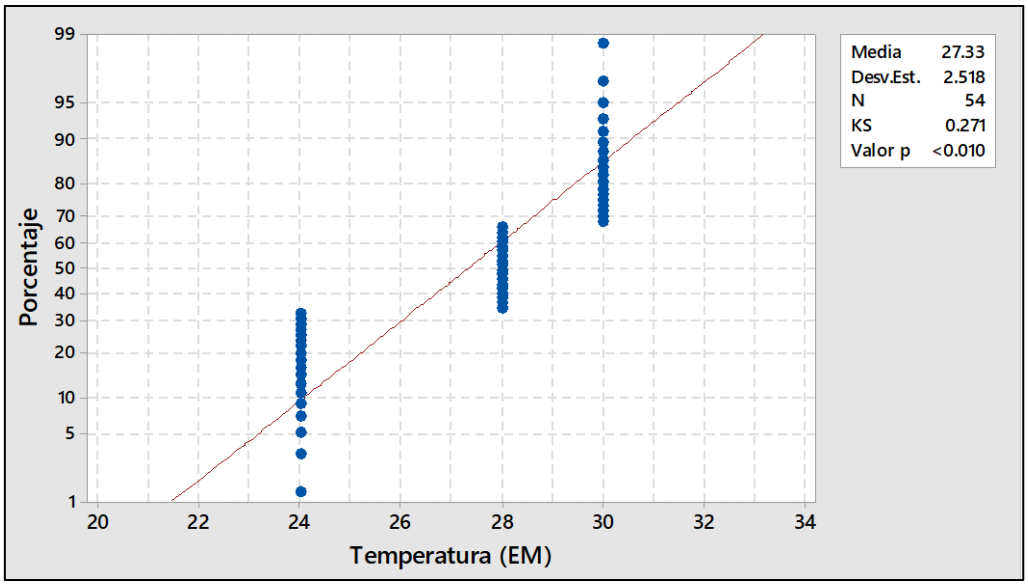


Figura:

Prueba de normalidad de variables – Precipitación

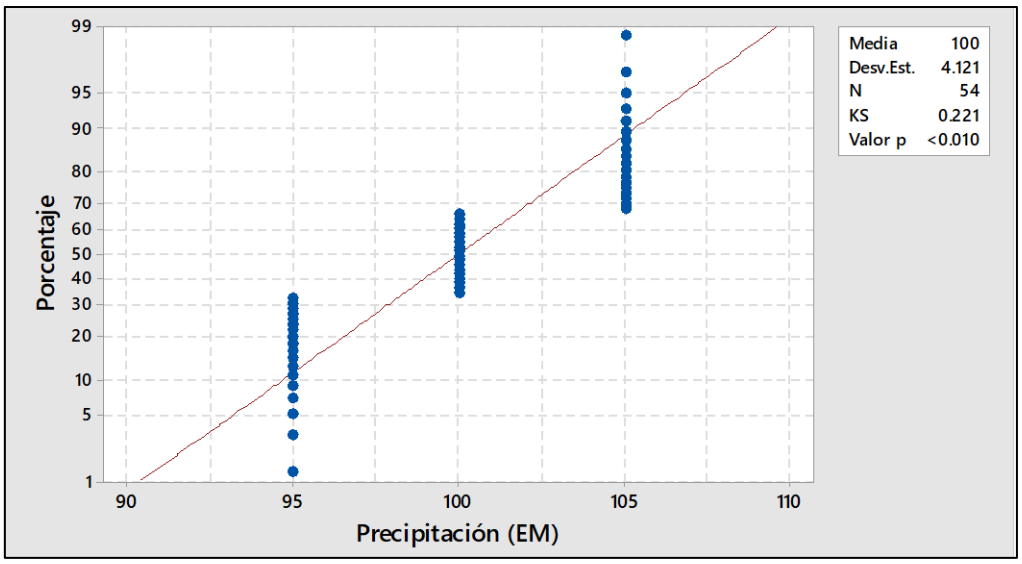
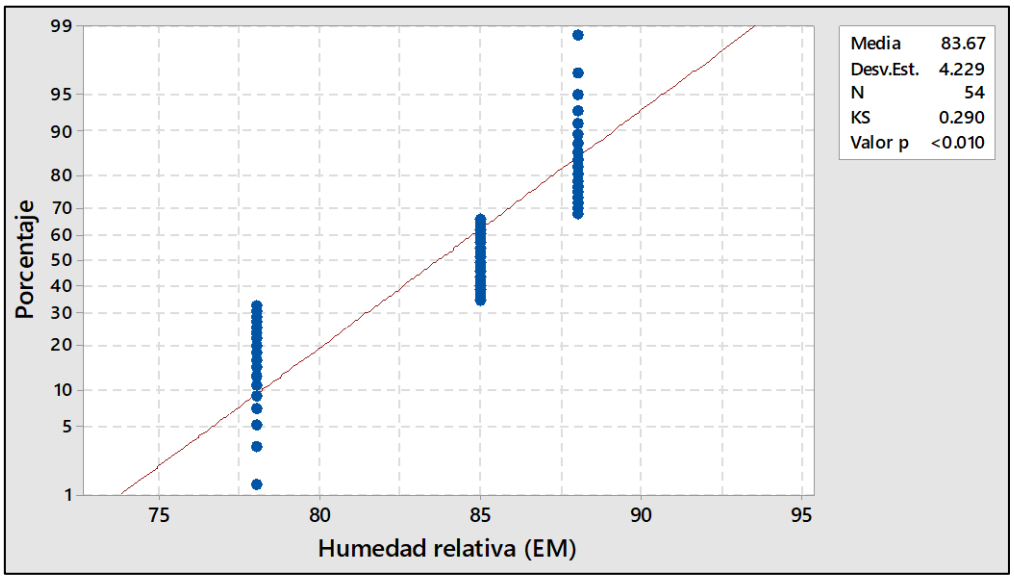


Figura:

Prueba de normalidad de variables – Humedad relativa



Anexo 5: Registros fotográficos

Fotografía 1:

Selección de plantas de café para muestra



Fotografía 2:

Toma de muestras según SENASA



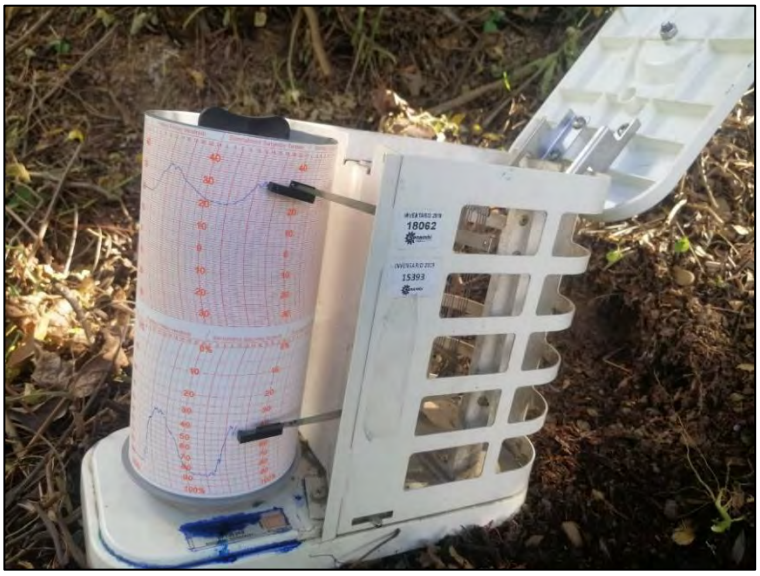
Fotografía 3:

Productores de café del distrito de Santa Ana



Fotografía 4:

Termohigrógrafo para medición de temperatura y humedad relativa



Fotografía 5:

Pluviómetro y Termohigrómetro



Fotografía 6:

Registro de datos de temperatura y humedad relativa



Fotografía 7:

Evaluaciones de incidencia y severidad



Fotografía 8:

Evaluaciones de incidencia y severidad con agricultor



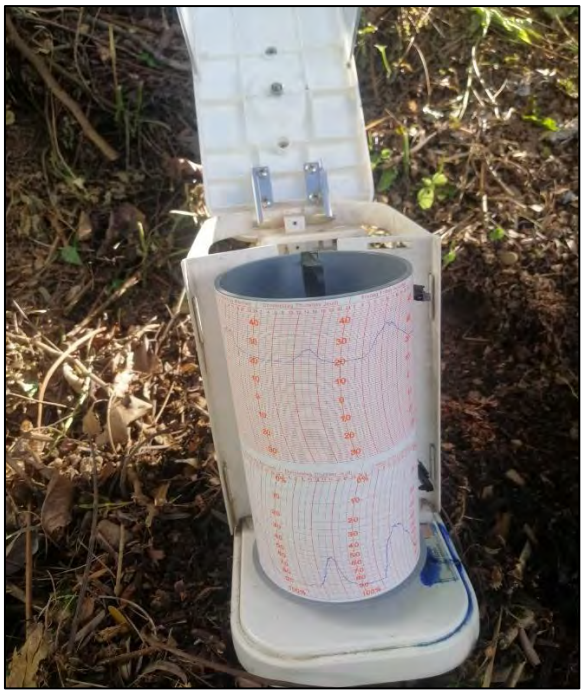
Fotografía 9:

Evaluaciones de manera aleatoria



Fotografía 10:

Instrumentos para el registro de variables meteorológicas



Fotografía 11:

Evaluaciones de severidad



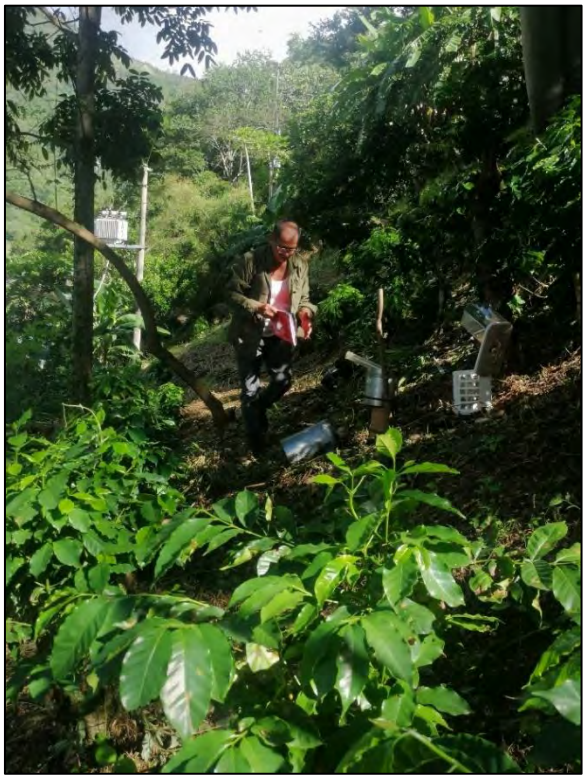
Fotografía 12:

Uso del instrumental para el registro de variables meteorológicas



Fotografía 13:

Uso del instrumental para el registro de variables meteorológicas



Fotografía 14:

Toma de muestras de incidencia de roya amarilla de forma aleatoria



Fotografía 15:

Toma de muestras de incidencia de roya amarilla conjunto con agricultor



Fotografía 16:

Toma de muestras de altura de planta



Fotografía 17:

Toma de muestras de altura de planta



Fotografía 18:

Toma de muestras de severidad de roya amarilla

