

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y DESARROLLO  
RURAL



“TESIS”

Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la Roya (*Hemileia vastatrix*) del Cafeto  
(*Coffea arabica*), en la microcuenca Chirumbia, Quellouno

Presentado por:

Flor Magaly Challco Rojas

Para optar el Título de  
Ingeniero Agroecólogo Rural

Abancay - Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y  
DESARROLLO RURAL



TESIS

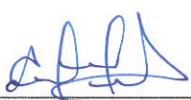
**“APLICACIÓN DE CALDO SULFOCÁLCICO PARA EL CONTROL DE LA ROYA (*Hemileia vastatrix*) DEL CAFETO (*Coffea arabica*), EN LA MICROCUENCA CHIRUMBIA, QUELLOUNO”**

Presentado por **Flor Magaly Challco Rojas**, para optar el Título de:

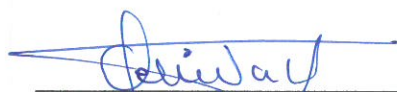
**INGENIERO AGROECÓLOGO RURAL**

Sustentado y aprobado el 30 de diciembre del 2022, ante el Jurado Evaluador:

Presidente:

  
Mag. Aydee Kari Ferro

Primer Miembro:

  
Mag. Celinda Alvarez Arias

Segundo Miembro:

  
Dr. Juan Silver Barreto Carbajal

Asesor/a:

  
Ing. Niki Franklin Flores Pacheco

## **Agradecimiento**

*Mi agradecimiento a la UNAMBA, alma máter de mi formación profesional, al rector, autoridades, plana docente y administrativo por conducir esta prestigiosa institución con la gran visión de formar profesionales de calidad, competitivos y líderes con valores.*

*Mi agradecimiento y admiración a la Ing. PhD. Lucy Marisol Guanuchi Orellana, Ex Vicerrector Académico de la UNAMBA, y Ex Decana de la Facultad de Ingeniería, por su dedicado trabajo en bien de nuestra prestigiosa Universidad.*

*Mi agradecimiento al Ing. Niki Franklin Flores Pacheco, por impartir su conocimiento y la dirección como asesor de tesis, por su tiempo y apoyo brindado.*

*Mi agradecimiento a mis docentes que incentivaron mi formación académica comprometida con el desarrollo sostenible.*

*Mi agradecimiento a todos mis compañeros de la Escuela Profesional por compartir los conocimientos y experiencias, por ser parte de mi formación académica.*

*Mi agradecimiento a todas las personas que conocí a lo largo de mi paso por la universidad.*



## **Dedicatoria**

*Mi investigación se la dedico a Dios, por darme salud para completar mis metas en la vida, por brindarme sabiduría para enfrentar la adversidad, por darme fortaleza en tiempos de tristeza.*

*Mi investigación se la dedico a mi hija Amy Adriana, por ser motivación más grande en la vida y razón de mis alegrías.*

*Mi investigación se la dedico a mis padres Florentino e Inocencia por su apoyo incondicional y por su amor invaluable.*

*Mi investigación se la dedico a mis hermanos Elio, Nayra y Joel, por su apoyo y consejo en cada etapa de mi vida.*

**“Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) del Cafeto (*Coffea arabica*), en la microcuenca Chirumbia, Quellouno”**

Agua, agricultura silvicultura y pecuaria sostenible

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del Problema.....	5
1.2.1 Problema General.....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	6
1.2.3 Justificación de la investigación.....	6
CAPÍTULO II.....	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	8
2.1 Objetivos de la investigación.....	8
2.2.1 Objetivo general.....	8
2.2.2 Objetivos específicos.....	8
2.2 Hipótesis de la Investigación.....	8
2.2.3 Hipótesis general.....	8
2.2.4 Hipótesis específicas.....	8
2.3 Operacionalización de variables.....	9
CAPÍTULO III.....	12
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	12
3.1 Antecedentes.....	12
3.2 Marco teórico.....	16
3.2.1 El cafeto.....	16
3.2.1.1 Especies.....	16
3.2.1.2 Descripción botánica de la especie.....	17
3.2.1.3 Distribución del cafeto.....	17
3.2.1.4 Composición del grano de café.....	18
3.2.1.5 Usos y propiedades del café.....	18
3.2.1.6 Ecología y prácticas del cultivo de cafeto.....	19



3.2.1.7	Poscosecha del cafeto .....	22
3.2.1.8	Producción del cafeto .....	22
3.2.1.9	Sostenibilidad del cafeto.....	26
3.2.1.10	Condiciones agroecológicas del cultivo de cafeto.....	26
3.2.1.11	Factores que afecta la epidemiología de la roya anaranjada .....	29
3.2.1.12	Pérdida en la producción del cafeto.....	31
3.2.2	La roya.....	32
3.2.2.1	Importancia de la roya .....	32
3.2.2.2	Origen y distribución de la enfermedad .....	32
3.2.2.3	La roya anaranjada del cafeto .....	33
3.2.2.4	Razas de roya.....	34
3.2.2.5	Resistencia genética a la roya anaranjada.....	35
3.2.2.6	Biología de <i>Hemileia vastatrix</i> .....	35
3.2.2.7	Ciclo de vida y epidemiología de la roya del cafeto.....	36
3.2.2.8	Sintomatología de la enfermedad .....	38
3.2.2.9	Predisposición del hospedero al ataque de roya .....	38
3.2.2.10	Manejo de la roya del cafeto.....	39
3.2.2.11	Fases del ataque de la roya .....	40
3.2.2.12	El clima.....	42
3.2.3	El control de la roya .....	45
3.2.3.1	El control químico de la roya .....	45
3.2.3.2	Caldo sulfocálcico o polisulfato de calcio.....	46
3.2.3.3	La pasta sulfocálcica.....	47
3.2.3.4	Cal.....	47
3.2.3.5	Azufre .....	48
3.2.4	Evaluaciones de la roya del café .....	48
3.2.4.1	Cuantificación de una epidemia .....	48
3.2.4.2	Incidencia.....	48
	Consideraciones en la medición basada en incidencia .....	49
3.2.4.3	Severidad .....	49
3.2.4.4	Fitotoxicidad del cafeto .....	52
3.3	Marco conceptual.....	52
CAPÍTULO IV .....		55
METODOLOGÍA.....		55
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	55
4.1.1.	Tipo de investigación .....	55
4.1.2.	Nivel de investigación .....	55
4.2	Diseño de la investigación .....	56



4.3	Descripción ética de la investigación.....	58
4.4	Población y muestra.....	58
4.5	Procedimiento .....	59
4.5.5.	Material de investigación.....	64
4.6	Técnica e instrumentos .....	65
4.7	Análisis estadístico .....	66
4.7.2.	Normalidad de datos .....	67
4.7.3.	Hipótesis estadísticas .....	68
CAPÍTULO V .....		72
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....		72
5.1	Análisis de resultados .....	72
5.1.1.	Reducción de la incidencia de la roya en el café.....	72
5.1.2.	Grado de severidad de la roya del café.....	76
5.1.3.	Rendimiento del café .....	81
5.2	Contrastación de hipótesis .....	82
5.3	Discusión .....	98
CAPÍTULO VI.....		100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		100
6.1	Conclusiones .....	100
6.2	Recomendaciones .....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		102
ANEXOS.....		107



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	10
Tabla 2 — Producción de café kilogramos por hectárea (2010-2013).....	24
Tabla 3 — Rendimiento de café por kilogramo por hectárea.....	25
Tabla 4 — Superficie (Ha) de producción de café por departamento - 2012.....	25
Tabla 5 — Costos de producción orgánica por hectárea.....	27
Tabla 6 — Temperatura promedio de Quillabamba.....	42
Tabla 7 — Humedad relativa promedio de Quillabamba.....	43
Tabla 8 — Precipitación promedio mensual.....	45
Tabla 9 — Escalas de severidad para la roya.....	51
Tabla 10 — Tratamientos de la investigación.....	56
Tabla 11 — Características de la parcela experimental.....	60
Tabla 12 — Fecha de aplicación del caldo sulfocálcico.....	62
Tabla 13 — Fecha de evaluaciones.....	62
Tabla 14 — Costo de producción de una hectárea de café.....	63
Tabla 15 — Prueba de homogeneidad de varianza de las variables.....	66
Tabla 16 — Prueba de normalidad de las variables.....	67
Tabla 17 — Análisis de varianza.....	68
Tabla 18 — Estadísticos descriptivo del porcentaje de incidencia primera evaluación.....	72
Tabla 19 — Estadísticos descriptivo del porcentaje de incidencia segunda evaluación.....	74
Tabla 20 — Estadísticos descriptivo del porcentaje de incidencia tercera evaluación.....	75
Tabla 21 — Estadísticos descriptivo del grado de severidad primera evaluación.....	76
Tabla 22 — Estadísticos descriptivo del grado de severidad segunda evaluación.....	78
Tabla 23 — Estadísticos descriptivo del grado de severidad tercera evaluación.....	79
Tabla 24 — Estadísticos descriptivo del rendimiento de café.....	81
Tabla 25 — Análisis de varianza para incidencia de la roya en el cafeto primera evaluación.....	84
Tabla 26 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable incidencia primera evaluación.....	85
Tabla 27 — Análisis de varianza para incidencia de la roya en el cafeto segunda evaluación.....	85
Tabla 28 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable incidencia segunda evaluación.....	87
Tabla 29 — Análisis de varianza para incidencia de la roya en el cafeto tercera evaluación.....	87
Tabla 30 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable incidencia tercera evaluación.....	88
Tabla 31 — Análisis de varianza para el grado de severidad de la roya en el cafeto primera evaluación.....	90
Tabla 32 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable grado de severidad primera evaluación.....	91
Tabla 33 — Análisis de varianza para el grado de severidad de la roya en el cafeto segunda evaluación.....	92
Tabla 34 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable grado de severidad segunda evaluación.....	93
Tabla 35 — Análisis de varianza para el grado de severidad de la roya en el cafeto tercera evaluación.....	94
Tabla 36 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable grado de severidad tercera evaluación.....	95
Tabla 37 — Análisis de varianza para el rendimiento de la roya en el cafeto primera evaluación.....	96
Tabla 38 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable rendimiento del cafeto.....	97



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Ciclo de vida de la roya del cafeto.....	36
Figura 2— Intensidad de daño y ciclo fenológico del cafeto.....	37
Figura 3 — Diagrama del ciclo de vida de la roya del café y los factores que lo afectan.....	38
Figura 4 — Ciclo Reproductivo de la Roya del Café.....	40
Figura 5 — Pequeñas manchas en el envés de la hoja del cafeto.....	40
Figura 6 — Fase inicial y terminal de la roya .....	41
Figura 7 — Promedio de humedad.....	44
Figura 8 — Precipitación mensual promedio .....	45
Figura 9 — Incidencia de la roya .....	49
Figura 10 — Diagrama del grado de la escala de Severidad.....	51
Figura 11 — Características del bloque .....	57
Figura 12 — Criterio de prueba de hipótesis para los efectos de los factores y sus interacciones .....	71
Figura 13 — Valor Xi del estadístico F de Fisher tabular.....	71
Figura 14 — Perfil de medias de incidencia de la roya primera evaluación.....	73
Figura 15 — Perfil de medias de incidencia de la roya segunda evaluación .....	74
Figura 16 — Perfil de medias de incidencia de la roya segunda evaluación .....	76
Figura 17 — Perfil de medias de grado de severidad de la roya primera evaluación .....	77
Figura 18 — Perfil de medias de grado de severidad de la roya segunda evaluación.....	79
Figura 19 — Perfil de medias de grado de severidad de la roya tercera evaluación.....	80
Figura 20 — Perfil de medias de rendimiento de la roya primera evaluación .....	82



## INTRODUCCIÓN

En el cultivo del cafeto variedad típica, la enfermedad más importante es la roya (*Hemileia vastatrix*), la producción se ve afectada por los síntomas que causa este hongo en la planta, generando bajos rendimientos en el café. Para mejorar la producción del café se ha reemplazado con variedades resistentes a la roya como “caturra” y “catimor”, pero no tienen las mismas características organolépticas del café típica.

Por lo que, los agricultores han optado por aplicar insumos químicos en base a cobre de forma intermitente, usando más de un producto a la vez, pero debido a que ningún “producto” se ha realizado de forma periódica y sin registros.

Así mismo, la roya (*Hemileia vastatrix*) es la enfermedad que ha causado mayores pérdidas económicas y la más importante a nivel mundial (HADDAD *et al.*, 2009; ROUNTREE y GUIDO, 2016; TALHINHAS, *et al.*, 2017). Siendo reportado el año 1979 en Perú, exactamente en Satipo que es selva central y desde hace años está presente en los cafetales (JULCA, *et al.*, 2013, es así que en el año 2013 durante la “crisis de la roya”, los daños causados son de importancia económica en varios países latinoamericanos (AVELINO, *et al.*, 2013). Y solo en Perú, las pérdidas alcanzan el 60% de la cosecha valorizado en aproximadamente 290 millones de dólares. El costo para el control de la Roya alcanzó aproximadamente unos 30 millones administrados por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA).

La investigación “Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno”, en la provincia de La Convención, región Cusco, tiene como propósito, brindar una alternativa de control más eficaz, con menos costos y menos impacto negativo para el medio ambiente, mediante la aplicación de 5 niveles de caldo sulfocálcico para el control de la roya y un testigo, se ha evaluado el tratamiento que redujo la incidencia y la severidad del daño ocasionado en la planta e incrementó el rendimiento de café.

La investigación servirá de guía para los productores que han vuelto a plantar café variedad típica por su gran aceptabilidad por los consumidores, siendo rentable, amigable con el medio ambiente y de fácil preparación.



## RESUMEN

La investigación “Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno”, en La Convención – Cusco. Realizado en el sector de Tincuri de la Microcuenca Chirumbia, en la campaña 2020-2021, con el objetivo, determinar el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) y mejora la producción del café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno. Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con cinco tratamientos, un testigo y tres repeticiones, se realizó el ANOVA (Sig.<0.050) y Prueba de Tukey al 95%. Los resultados fueron: existe efecto atribuible a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico para la reducción de la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) encontrando una relación positiva y significativa (Sig.<0.050) entre las variables en estudio. El tratamiento T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1=23.18%, evaluación 2=16.12% y Evaluación 3=13.64%, en la evaluación 1= 41.17%, evaluación 2= 21.67% y Evaluación 3= 9.33%, tiene un buen comportamiento en la reducción de la incidencia de la roya en el cafeto (*Coffea arabica*), en relación con el testigo. El tratamiento T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1=23.18%, evaluación 2=16.12% y Evaluación 3=13.64%, en promedio grado 2 de severidad, tiene un buen comportamiento en la reducción del grado de severidad de la roya en el cafeto (*Coffea arabica*), en relación con el testigo. El tratamiento T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., 1730.49 kg/Ha, tiene un buen comportamiento en el rendimiento frente al T6 (testigo) 660.45kg/Ha.

**Palabras clave:** café, cafeto, roya, incidencia, severidad y rendimiento

## ABSTRACT

The research "Application of sulfocalcic broth for the control of rust (*Hemileia vastatrix*) of the coffee tree (*Coffea arabica*), in the Chirumbia Micro-basin, Quellouno", in La La Convención - Cusco. Carried out in the Tincuri sector of the Chirumbia Micro-basin, in the 2020-2021 campaign, with the objective of determining the level of application of calcium sulphide broth that reduces coffee rust (*Hemileia vastatrix*) and improves coffee production (*Coffea arabica*), in the Chirumbia Micro-basin, Quellouno. A Randomized Complete Block Design was applied, with five treatments, a control and three repetitions, the ANOVA (Sig.<0.050) and Tukey's Test at 95% were performed. The results were: there is an effect attributable to the levels of application of sulfocalcic broth for the reduction of the incidence and severity of rust (*Hemileia vastatrix*), finding a positive and significant relationship (Sig.<0.050) between the variables under study. Treatment T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluation 1=23.18%, evaluation 2=16.12% and Evaluation3=13.64%, in evaluation 1= 41.17%, evaluation 2= 21.67% and Evaluation 3= 9.33% , has a good performance in reducing the incidence of coffee rust (*Coffea arabica*), in relation to the control. The treatment T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluation 1=23.18%, evaluation 2=16.12% and Evaluation3=13.64%, on average severity grade 2, has a good performance in reducing the severity degree of rust in the coffee tree (*Coffea arabica*), in relation to the control. The treatment T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., 1730.49 kg/Ha, has a good yield performance compared to T6 (control) 660.45kg/Ha.

**Keywords:** coffee, coffee tree, rust, incidence, severity and yield



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La roya es la enfermedad más importante en el valle de La Convención, ocasionando pérdidas económicas que afecta directamente a los caficultores que subsisten básicamente con la producción de una sola campaña de café al año, mientras que las labores culturales se realizan durante todo el año. De ahí, la importancia de controlar la roya del cafeto con productos que los mismos caficultores puedan elaborar y aplicar.

El hongo de la roya, genera la enfermedad provocando caídas de hojas de las plantas del cafeto, reduciendo la capacidad de fotosíntesis, provoca debilitamiento de los arbustos enfermos y cuando hay infección severa, ocasiona la muerte progresiva en las ramas e incluso la muerte de los arbustos. Para aminorar los daños ocasionados por la roya se buscará revertir los efectos de la enfermedad mediante la aplicación de fungicidas como el caldo sulfocálcico.

En la actualidad la práctica para disminuir la incidencia de la roya no ha dado resultados positivos porque no se realiza aplicaciones de fungicidas con periodicidad, por otra parte, no todos los caficultores han aplicado al menos un tratamiento para el control de la roya, por lo que en la realidad unos aplican y otros no aplican ningún tratamiento fitosanitario y se da lugar una propagación anemófila del hongo a otros lugares, contaminando nuevamente las parcelas de investigación.

Otro problema es el costo de los fungicidas comerciales o sintéticos que no están dentro del alcance del caficultor, por lo que decide abandonar las plantas con roya; el control de la roya en las plantas del café se dificulta día a día y significa pérdidas económicas para cientos de caficultores de nuestro país. La roya afecta fundamentalmente a las hojas de la planta, imposibilitando la floración y cuajado de los frutos (cerezos); que incide en la reducción de la producción de los últimos años.



En todo el valle de La Convención, zona principalmente productora de café existe la roya, una enfermedad difícil de combatir por ser causado por un hongo que se disemina muy fácilmente a través de prácticas agrícolas y el medio ambiente, ha llegado a afectar casi el cien por ciento de las parcelas, causando no solo el descenso de la cantidad de producción, sino también la calidad del café es baja. Los caficultores deben implementar medidas preventivas que son muy costosas para el control en los cultivares más susceptibles.

Existen factores como el clima que hace que la roya se disemine fácilmente, el clima cálido y húmedo da condiciones favorables a los micelios del hongo (*Hemileia vastatrix*). La roya tiene unas características que la distingue de otras enfermedades, es la presencia de un polvillo amarillo en el envés de las hojas enfermas, por lo este aspecto presente en las plantas de café es una preocupación para los caficultores.

La roya es una enfermedad cíclica, que daña el follaje, provocando caída prematura de las hojas. Estos daños están ligados a los años de producción con severas epidemias provocadas por la roya. En cultivares susceptibles la roya ocasiona pérdidas considerables de la producción.

El porcentaje de infección de la roya en el follaje, crece con la edad de las plantas de café, llegando a infestar hasta el 90% en plantaciones antiguas, con deficiente manejo y en pisos ecológicos por debajo de los 800 m.s.n.m.; en ocasiones se observa problemas de antracnosis, sobre todo en las ramas de plantas de café, que fueron debilitadas por los daños ocasionados por la roya.

## 1.2 Enunciado del Problema

### 1.2.1 Problema General

¿Cuál es nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia y severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), que mejora la producción del café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quelluno?



### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo del café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno?
- ¿Cuál es el nivel aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la severidad del daño ocasionado por la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo del café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno?
- ¿Cuál es el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que mejora la producción del café (*Coffea arabica*) en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

Se observa que la enfermedad de la roya (*Hemileia vastatrix*) es una enfermedad de importancia económica en el cultivo del café; por lo tanto, buscar una mejor alternativa para reducir el costo del tratamiento representaría una mejora en el balance de los costos y beneficios económicos del café. La aplicación de niveles de caldo sulfocálcico al cafeto, no afectaría a las condiciones de vida de las familias ya que las ganancias provenientes de la venta de cafeto cubrirían de manera adecuada los costos de acceso a los bienes y servicios para su preparación y mejoraría los ingresos del ámbito de influencia de la investigación.

En lo ambiental se observa que las familias dedicadas al cultivo de cafeto realizan las prácticas de control de plagas y enfermedades mediante la aplicación de productos sintéticos que dañan el medio ambiente y afectan la salud de las personas y animales; los envases de estos productos son desechados en la cabecera de terreno y a veces en fuentes de agua el cual es un medio de contaminación para el suelo y el agua, por lo que la investigación ofrece el caldo sulfocálcico como una alternativa de control de la roya, para producir café amigable con el medio ambiente.

En lo social, más del 60% de familias de Microcuenca Chirumbia, Quellouno cultivan las plantas de cafeto como actividad principal, ya que la zona cuenta con características de clima y suelo favorables para la producción; emplean más del 90% de la mano de obra familiar, el bienestar familiar, tiene relación directa con la productividad y los precios del cafeto. La roya afecta directamente a la

cantidad de producción de café, por tanto, el resultado positivo es decir mayor producción tendría un efecto indirecto positivo sobre el bienestar de las familias. Por esta razón planteamos una alternativa para solucionar este problema social.

En la zona de investigación se observa escasa presencia de instituciones públicas y privadas dedicadas a desarrollar capacidades técnicas productivas en el cultivo de café y particularmente en el control de la roya que es una enfermedad que se disemina a través de las prácticas agronómicas y el medio ambiente, es una enfermedad difícil de controlar y puede afectar el 100% de las parcelas disminuyendo a más de un 23% los rendimientos de la producción.

Las familias de caficultores incurren en altos costos en el tratamiento de la enfermedad, lo que motivo realizar la presente investigación con el propósito de evaluar diferentes niveles de caldo sulfocálcico en la reducción de la roya del cafeto y los resultados se pondrán a disposición de los agricultores de la Microcuenca Chirumbia, Quellouno, La Convención, departamento del Cusco.

El aporte técnico que brinda la investigación es una alternativa para reducir la incidencia y severidad de la roya mediante la preparación insitu del caldo sulfocálcico a un costo menor a lo que ofrecen las empresas de agroquímicos, esto debido a que el caldo sulfocálcico no necesita muchos ingredientes y su aplicación es fácil, los productores verán una posibilidad más acorde a la realidad para solucionar el problema de la roya.

La innovación tecnológica es la obtención del caldo sulfocálcico, un fungicida casero que es capaz de reducir la enfermedad de la roya, con bajo presupuesto y amigable con el medio ambiente.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.2.1 Objetivo general

Determinar el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce incidencia y severidad de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) y mejora la producción del café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.

##### 2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el nivel aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), en el café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.
- Determinar el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la severidad del daño ocasionado por la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), en el café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.
- Determinar nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que mejora la producción del café (*Coffea arabica*) en la Microcuenca Quellouno.

#### 2.2 Hipótesis de la Investigación

##### 2.2.3 Hipótesis general

Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico, que reduce la incidencia y severidad de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), y mejora la producción del café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.

##### 2.2.4 Hipótesis específicas

- Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.

- Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la severidad del daño ocasionado por la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) del café (*Coffea arabica*), en el cultivo del cafeto, en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.
- Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que mejora la producción del café, (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.

### 2.3 Operacionalización de variables

En la investigación se aplicó diferentes dosis de fungicida “caldo sulfocálcico” para reducir la incidencia y la severidad de la roya del café. Por lo que, la investigación es de nivel experimental porque se manipulo un variable independiente; el caldo sulfocálcico para ver su efecto en la variable dependientes que dependen directamente de la variable independiente.

Las variables dependientes fueron observadas y medidas en campo para luego procesar los datos mediante diferentes softwares como el Excel 2010 y SPSS 25, que faciliten la discusión con otros autores que han estudiado el comportamiento de distintos fungicidas para reducir la roya del café.

Las variables dependientes que nos dio el porcentaje de incidencia de la roya en el cultivo de café, que están reflejadas en las características morfológicas de la planta y la contabilización de plantas con roya. La otra variable dependiente es el porcentaje de severidad de la roya del café reflejado en cm<sup>2</sup> de hojas afectados por la enfermedad.

#### **Variable independiente**

Niveles de aplicación de Caldo Sulfocálcico

#### **Variable dependiente**

Porcentaje de incidencia de la roya en el cultivo de cafeto.

Porcentaje de severidad de daño ocasionado por la roya en el cultivo de cafeto.

Kilogramos de incremento de la cosecha de cafeto.

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Índices
<u>Variable independiente</u> Caldo Sulfocálcico	Niveles de aplicación	Nivel 1 (2% = 0.3Lt. CS x mochila 15 Lt.) Nivel 2 (7% = 1.0 Lt CS x mochila 15 Lt.) Nivel 3 (10% = 1.5 Lt CS x mochila 15 Lt.) Nivel 4 (20% = 3.0 Lt CS x mochila de 15 Lt.) Nivel 5 (30% = 4.5 Lt CS x mochila de 15 Lt.)
<u>Variable dependiente</u> Incidencia de la roya en el cafeto.	Porcentaje de daño en las hojas	% Presencia % Ausencia
<u>Variable dependiente</u> Severidad de daño ocasionado por la roya en el cafeto	Grados de severidad	Grado 0: Sano o sin síntomas visibles Grado 1: Síntomas visibles de 1 a 5% del área total sana Grado 2: Síntomas visibles del 6 al 20% del área sana Grado 3: Síntomas visibles del 21 al 50% del área sana Grado 4: Síntomas visibles > al 50 del área foliar afectada
<u>Variable dependiente</u> Producción de café ( <i>Coffea arabica</i> )	Rendimiento de café	Kg/Ha

Se ha propuesto las siguientes dosis en base a las aplicaciones realizadas por **CABRERA-MARULANDA, ROBLEDO-BURITICÁ, SOTO-GIRALDO (2018)**, que han usado las siguientes concentraciones 0.5%, 5 % y 7% de caldo sulfocálcico para el control de la Broca del Cafeto (*Hypothenemus hampei*), y concentraciones utilizadas por Ochoa, Ramírez, López, Moreno y Espinosa, (2015) de: 10%, 20%, 30%, 40% y 50 % de caldo sulfocálcico.

En ambos casos el uso del caldo sulfocálcico en niveles y la mezcla fue en porcentajes de volumen (líquido). La discusión en la tesis se realizará en base a los porcentajes aplicados en los estudios para obtener el mejor resultado.

De la evaluación de las variables dependientes: se ha propuesto evaluar y determinar el porcentaje de severidad y la incidencia de la roya después de haber realizado las aplicaciones está respaldado por (MORA, 2008, p. 75).

Las escalas de medición de la incidencia y severidad se han tomado como referencia de la investigación de GARCÍA, 2013, pág. 17. Donde indica que las escalas de medición van del grado 0 al grado 4, y es como sigue:

- Grado 0: sano o sin síntomas visibles
- Grado 1: Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
- Grado 2: Las manchas empiezan a unirse, llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana
- Grado 3: Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria, afectando del 21 al 50% del área sana
- Grado 4: Mayor al 50 del área foliar se encuentra afectada



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) **SILVA (2021)**, en la investigación “Efecto de caldo bordelés en el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) en cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en poda de rehabilitación con tres frecuencias de diferentes diluciones en el cantón Taipiplaya–provincia Caranavi”, departamento de La Paz. En el estudio se realizó nueve aplicaciones con tres repeticiones del producto utilizados del caldo bordelés, su efecto de la aplicación fue evaluados con tres frecuencias de tiempo 15 días, 30 días y 45 días, y con tres diluciones que son T1 (1:1), T2 (1:2) y (T3) 1:3 y tratamiento 4 (testigo), realizó la evaluación de dos variables de respuesta, (incidencia de la enfermedad, severidad del daño,). El resultado en la incidencia de la enfermedad de Roya, muestran que el tratamiento 4 (testigo) tiene un 69.07% de incidencia, el tratamiento 2 (dilución 2:1) un 42.52%; el tratamiento 3 (dilución 3:1) con un 41.16% de incidencia y el más bajo fue el tratamiento 1 (dilución 1:1) con 37,74% de incidencia. El resultado de Severidad del daño nos indica que el tratamiento 1 (1:1) con un 31.46%, el tratamiento 3 (3;1) con 34.99%, el tratamiento 2 (2;1) con 35.29% y el tratamiento 4 (testigo) con 39.93%, de severidad de daño.
- b) **PARRALES (2021)**, en la investigación Severidad de cuatro enfermedades foliares en 20 cultivares de café arábigo (*Coffea arabica*), los tratamientos fueron 20 cultivares de café; se aplicó en diseño experimental completamente aleatorio. Los cuatros enfermedades se evaluaron mediante una escala de 0 a 40 = 0% de severidad y 4 = mayor a 80% de severidad. Para el análisis estadístico, se determinó el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad Relativa (AUDPCr). Sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) observó que el cultivar 10 Pache tuvo mayor severidad (19,84%) presentando pequeñas manchas amarillas, llegando de ocupar de 6 al 20% del área sana y el contagio y el cultivar con menor severidad fue el cultivar 9. Arara con (2,38%) con síntomas visibles llegando a cubrir hasta 5% de áreas total sana.



- c) **CABRERA-MARULANDA, ROBLEDO-BURITICÁ, SOTO-GIRALDO (2018)**, Realizó la investigación sobre los efectos al aplicar caldo sulfocálcico para el control de la broca del cafeto en condiciones de laboratorio, con el objetivo fue analizar las dosis con efecto letal y evaluar la mortalidad como parámetro de toxicidad y subletales que tienen efectos sobre la reducción en el periodo de vida, disminución de la fertilidad, reducción de la fecundidad, cambios en la razón sexual y en el comportamiento alimenticio sobre la broca del café. Las concentraciones utilizadas en el ensayo preliminar fueron en concentración (v/v) 0%, 5%, 2%, 7%, 10% y 20 %, y para el Bioensayo final se utilizó las siguientes concentraciones 0%, 5%, 2%, y 7%. De los resultados se obtuvieron: que el caldo sulfocálcico presentó efecto insecticida sobre la broca del café, la dosis sub letal y letal fue 2,2% y 7,1% respectivamente.
- d) **JULCA-OTINIANO, ALARCÓN-ÁGUILA, ALVARADO-HUAMÁN, BORJAS-VENTURA Y CASTRO-CEPERO (2018)**, realizaron la investigación Comportamiento de tres cultivares de café (Catimor, Colombia y Costa Rica 95) en el valle de El Perené, Junín, Perú, en la Finca “Alto Florida”, ubicada a 1250 msnm. Los tres cultivares estudiados tienen características fenotípicas muy similares, pueden considerarse resistentes a la “roya del café” (*Hemileia vastatrix*). Son de alto rendimiento en campo (mayor a 0,18 t ha de café pergamino) y de buena calidad física (mayor a 72% de café exportable). En este estudio la incidencia de la enfermedad en los tres cultivares fue baja pues el menor valor correspondió a Catimor (1,68%), seguido de Colombia (6,22%) y Costa Rica 95 (6,96%). Colombia es un cultivar compuesto y considerado resistente a esta enfermedad. Los tres cultivares tuvieron una productividad mayor al promedio nacional estimado en 0,69 t ha<sup>-1</sup>, pues Costa Rica 95 tuvo un rendimiento de 2,20 t ha<sup>-1</sup> seguido de Colombia (1,75 t ha<sup>-1</sup>) y Catimor (1,65 t ha<sup>-1</sup>), cálculos que fueron realizados con una densidad de plantación de 5000 plantas ha<sup>-1</sup>.
- e) **VARGAS (2017)**, investigó el efecto de la aplicación de *Lecanicillium lecanii* sobre la incidencia y severidad de la roya *Hemileia vastatrix* berk. & broome (1869), en el cultivo de cafeto (*Coffea arabica* var, típica Cramer, 1913). Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de *Lecanicillium lecanii* combinado con fungicidas químicos para reducir la incidencia y severidad del daño causado por el hongo *Hemileia vastatrix* berk. & broome (1869). Estableció 7 tratamientos de 150 plantas cada uno, lo que



equivale a 1050 plantas en total. La aplicación de *lecanicillum* como variable independiente, así mismo, se realizó en 3 niveles más, la investigación sirvió para determinar el área respecto a la curva para la incidencia y severidad, realizó el ANOVA, así como una prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) con el programa InfoStat. Llegó a la siguiente conclusión: no hay significancia entre usar el *lecanicillum* junto a otro fungicida, en cambio el uso de 1,5 kg/ha (dosis más baja) con la que se presentó la menor incidencia, el costo monetario de la aplicación será el más bajo, Debido a las condiciones de humedad y temperatura necesarias para el desarrollo de *Lecanicillium lecanii* se recomienda aplicar al inicio de la época lluviosa.

- f) **GAMARRA, SUAREZ, SAMANIEGO Y IZARRA (2015)**, En la investigación “Caracterización y manejo integrado de la roya amarilla del café en selva central del Perú”. Aplico tratamientos consistentes en programas MIE–convencional: control químico (Oxicloruro de cobre–Pyraclostrobin + Epoxiconazole–oxicloruro de cobre–cyproconazole + azoxystrobin), control cultural (compost–enmienda–sombreado pacaé–poda de arquitectura–manejo de malezas); MIE–orgánico: químico (caldo bordalés alcalino–aceite agrícola de Neem–sulfato de cobre pentahidratado–*Bacillus subtilis*), cultural (compost–enmienda–sombreado pacaé–poda de arquitectura–manejo de malezas); y cultivo tradicional–testigo: químico (caldo bordalés) y cultural (NPK–sombreado pacaé). El diseño experimental fue DBCA con arreglo factorial 3 x 2 x 3 (tres tratamientos, dos localidades y tres repeticiones). Se evaluaron severidad y área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE). Los resultados determinaron que las variedades Caturra, Typica y Bourbon son susceptibles a la roya; Pache, es altamente susceptible; Catimor, Costa Rica y Colombia son resistentes y Pacamara es moderadamente resistente. Se observó el promedio de severidad final de la roya amarilla en parcelas con MIP para café orgánico y convencional (Tukey al 0.05), MIP convencional 3.77%, MIP orgánico 11.85% y Cult. Tradicional 37.83%.
- g) **OCHOA, RAMÍREZ, LÓPEZ, MORENO Y ESPINOSA (2015)**, realizaron estudios bajo condiciones de laboratorio, el efecto fungicida sobre *Moniliophthora roreri* de los caldos minerales: caldo visosa (CV), caldo bordelés más permanganato de potasio (CBP), caldo bordelés más sulfato de zinc y sulfato de magnesio (CBS), caldo de bicarbonato de sodio (BiS), caldo silicosulfocálcico (SSC) y polisulfuro de calcio (PC).



Los autores realizan dos bioensayos. En el primer ensayo, los compuestos fueron probados en cinco concentraciones (50, 40, 30, 20 y 10% v/v). En el segundo ensayo, mediante la técnica de cultivo en medio líquido en tubos de ensayo se determinó el efecto sobre la formación y germinación de esporas del hongo; el medio de cultivo consistió de una solución de agua más extracto de cacao (1:1 v/v) a la cual se adicionaron esporas del hongo y 50% (v/v) de cada preparado mineral. Con excepción del BiS al 10%, el crecimiento micelial del hongo se detuvo total o parcialmente por los demás preparados minerales, presentando diferencias estadísticamente significativas con el testigo. Los preparados SSC y PC fueron los más eficaces e inhibiendo 100%. La prueba en medio líquido mostró que a las 96 horas los preparados SSC y PC fueron más eficaces, llegando a reducir el número de esporas en 98.2 y 79.9% respectivamente; se presentó germinación de esporas en el tratamiento testigo. Se observó la formación de esporas en los tratamientos BiS en todas las concentraciones y en el testigo, pero ningún preparado mineral permitió la germinación de esporas.

- h) **CALDERÓN (2012)**, realizó estudios epidemiológicos de la roya del cafeto ocasionada por *Hemileia vastatrix* berk. & broome (1869), en las regiones central y sur occidental de Guatemala. Con el objetivo de evaluar factores epidemiológicos que favorecen la aparición de *H. vastatrix*, el tipo de investigación fue de tipo exploratorio y descriptivo, donde se emplearon dos métodos para la cuantificación de la enfermedad, a través de la evaluación de 192 plantas de una parcela delimitada y fija para todo el estudio y el conteo de hojas enfermas en dos ramas plagiotrópicas de la parte media y baja de la planta, en donde se determinó incidencia y severidad de la roya del cafeto. Se concluyó que la roya del cafeto afecta plantaciones ubicadas entre los 500 – 1200 m de altitud. Las máximas tasas de incremento e intensidad de roya fueron durante las etapas fenológicas de llenado, maduración y cosecha de frutos. En relación a las variedades de café, la mayoría de las que son cultivadas por los agricultores son susceptibles, se emplean principalmente las variedades caturra y catuaí.
- i) **ROZO Y CRISTIANCHO (2010)**, evaluó la susceptibilidad de *Hemileia vastatrix* berk. & Br., a fungicidas del grupo de los triazoles, el objetivo fue evaluar la sensibilidad de dos aislamientos colombianos de *Hemileia vastatrix* a los fungicidas cyproconazol y propiconazol y al control biológico con *Bacillus subtilis* en plántulas de *Coffea arabica*



variedad Caturra, en condiciones de almácigo. Se evaluaron variables de sensibilidad y resistencia a diferentes grupos de alcoholes. El análisis de los datos del control curativo de *H. Vastatrix* mostró que el inóculo proveniente de diferentes lotes comerciales de ciudad Bolívar (Antioquia) fue significativamente más sensible al efecto de los triazoles, con un 77,7% de lesiones con necrosis respecto al aislamiento usado como control, proveniente de la Estación Central Naranjal, que tuvo un 33,7% de lesiones con necrosis. No existe evidencia de la aparición de variantes del hongo con algún grado de resistencia a cyproconazol ni a propiconazol en Colombia.

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 El café

El grupo de la familia Rubiáceas tiene unos 500 géneros y más de 6000 especies, la mayoría comparte las mismas características arbustivas y requerimientos de clima tropical. El género *Coffea* tiene más de 100 especies, todas estas especies autóctonas de África (WALLER, BIGGER y HILLOCKS, 2007, p. 437).

La especie *Coffea* tienen características arbustivas. Tallos leñosos de entre 5 a 10 metros de altura. Hojas de forma elíptica y de distintos colores, que varía de verde lima, verde oscuro, bronce o con matices purpúreos. Los frutos de tipo drupa, con epicarpio carnoso (cáscara) y doble semilla. Las flores aparecen en inflorescencias (WALLER, BIGGER y HILLOCKS, 2007, p. 437).

#### 3.2.1.1 Especies

Las dos especies más importantes por su importancia económico y comercial son *Coffea arabica* L. (café arábica) y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta); las otras especie conocidas pero cultivada en menor escala es *Coffea liberica* (café libérica). *Coffea excelsa* y *Coffea dewevrei*. Las variedades de *C. liberica*. *C. arabica* supone más del 60% de la producción mundial, frente a *C. canephora* que abarca prácticamente el resto. *C. liberica* supone menos del 1%, estas especies han desplazado la producción de coffee arábica. (WALLER, BIGGER y HILLOCKS, 2007, p. 437).

### 3.2.1.2 Descripción botánica de la especie

La especie *Coffea arabica* ha sido descrita por primera vez en el año 1753 por Linneo, de ahí se cita al final del nombre científico de la especie. Genéticamente la *Coffea arabica* es diferente a otras especies de café, por ser tetraploide, con 44 cromosomas en lugar de 22. Es un arbusto grande, de unos 5 metros de altura tallos relativamente delgados, con hojas ovaladas de color verde oscuro brillante. (WALLER, BIGGER y HILLOCKS, 2007, p. 437).

Las flores blancas se producen después del periodo de lluvias de aroma dulce en forma de racimo. El cerezo que es comúnmente llamado, son de color verde y ovalados, adoptan el color rojo cuando maduran, al cabo de siete a nueve meses. Cada cerezo contiene habitualmente dos semillas de aspecto chato y aplanado, estas semillas son los granos de café (WALLER, BIGGER y HILLOCKS, 2007, p. 437).

La especie *Coffea arabica* es cultivada en Latinoamérica, en África Central y Oriental, en la India y en Indonesia. Las variedades más conocidas son “arabica” (isona) y ‘bourbon’, a partir de éstas se han desarrollado nuevas cepas y cultivares diferentes, como “Caturra”, “Mundo Novo”, “Tico”, “San Ramón”, “Moca”, “Maragogipe”, “Columnaris” o “Blue Mountain”, que son especies resistentes a la roya (WALLER, BIGGER y HILLOCKS, 2007, p. 437).

### 3.2.1.3 Distribución del café

La distribución de la *Coffea arabica*, inicia desde Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala, México, Etiopía, Indonesia, Costa de Marfil, Angola, Jamaica, Uganda, India, Filipinas, Camerún, Angola, Camboya y China. El café se cultiva principalmente en los trópicos sudamericanos, Brasil es el mayor productor (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

La exportación es en grano seco, entre los mayores exportadores se tiene a Colombia, Costa Rica, Jamaica y El Salvador. En el Oriente se tiene países



exportadores como Vietnam, Kenia y la India. (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

#### **3.2.1.4 Composición del grano de café**

El grano de café contiene un 34% de celulosa, un 30% de azúcares, un 11% de proteínas, de 6% a 13% de agua, entre 2% y 15% de materia grasa. (VANACLOCHA y FOLCARA, 2003, p. 300).

Los minerales son otros componentes importantes como el potasio, calcio, magnesio y fósforo, ácidos orgánicos (cafeilquínicos o clorogénicos) y alcaloides, como la cafeína (1-2.5%) y la trigonelina. (VANACLOCHA y FOLCARA, 2003, p. 300).

Asimismo, se detectaron compuestos exógenos (contaminantes) como pueden ser restos de pesticidas, micotoxinas y benzopireno (VANACLOCHA y FOLCARA, 2003, p. 300).

#### **3.2.1.5 Usos y propiedades del café**

El café como producto final se usa en una bebida estimulante del mismo nombre, los restos del proceso de taceado de café se pueden usar como fertilizantes, otros usos son los biocombustibles y con propósitos medicinales, en algunos casos se utiliza en el tratamiento de la malaria en América Latina (PANDEY, *et al.*, 2000 ).

La cafeína estimula el sistema nervioso central, aumenta el estado de vigilia, estimula las contracciones cardiacas, ayuda la vasodilatación periférica y la vasoconstricción a nivel craneal, el estado de alerta. Otros beneficios son la estimulación de la musculatura esquelética, la diuresis y la secreción y motilidad gástrica. (CLARKE y MACRAE, 1988, p. 51).

También la cafeína es usada como coadyuvante en el tratamiento de la migraña y el exceso de peso, asimismo, está asociada a fármacos con efectos secundarios sedantes. (CLARKE y MACRAE, 1988, p. 51).



Estudios consideran que consumir café, previene el desarrollo de cáncer de colon e hígado, reduce la incidencia de diabetes, y reduce el riesgo de sufrir daño hepático y trastornos neurológicos (CLARKE y MACRAE, 1988, p. 51).

Otros efectos del café, si son consumidos con mayor frecuencia parece producir un incremento ligero de la presión arterial y de los niveles de isonayeína en suero. El consumo de determinados cafés con elevadas concentraciones de diterpenos también parece conducir a un aumento de los niveles séricos de colesterol. (CANO MARQUINA, 2013, p. 75)

Aun no se tiene claro las enfermedades que puede o no causar el excesivo consumo de café. Es importante mencionar que numerosos componentes del café parecen ejercer un efecto quimioprotector debido a sus propiedades antioxidantes (CANO MARQUINA, 2013, p. 75)

### **3.2.1.6 Ecología y prácticas del cultivo de cafeto**

El cultivo de café se ha adaptado a condiciones de clima tropical que crece entre los 25° de latitud norte y los 25° de latitud sur, debido al requerimiento de condiciones ambientales muy concretas para poder cultivarse para obtener rendimientos comerciales. (BEER, *et al* 1998, p. 164)

El cultivo de cafeto está adaptado a temperaturas altas, lluvias abundantes, horas sol, vientos favorables y el requerimiento de suelos enriquecidos con materia orgánica (BEER, *et al* 1998, p. 164)

Factores ambientales como las lluvias, temperatura, radiación solar, vientos y la composición del suelo es importante para el desarrollo del cafeto; las exigencias ambientales varían en función de la variedad que se siembre (BEER, *et al* 1998, p. 164)



Las condiciones climáticas y de suelo es importante tenerlas en cuenta, que influyen en la incidencia de enfermedades y en la capacidad de la planta para resistir o tolerar el daño causado por ellas (BEER *et al* 1998, p. 164)

El cultivo se adapta mejor a temperaturas entre 15° y 25°C para el café Arábica y de entre 24° y 30°C para el Robusta. La *Coffea canephora* tolera mejor climas cálidos y climas muy secos, pero, no suele tolerar temperaturas por debajo de los 15°C (LEAKEY, 2014, p. 52)

Con respecto a la altitud, para el café, el cultivar Robusta puede desarrollarse entre el nivel del mar y los 800 msnm, en cambio el cultivar Arábica se desarrolla bien en altitudes más elevadas y se cultiva a menudo en lugares empinados. Una consideración importante es que la altitud tiene relación con la temperatura, el cultivar Arábica puede desarrollarse a una menor altitud, en zonas lejanas de la línea ecuatorial, teniendo en cuenta no traspasar el límite por peligro de helada (LEAKEY, 2014, p. 52)

El café requiere una precipitación anual de entre 1.100 y 2.000 mm, aunque el cultivar Arábica requiere menor precipitación que otras especies, es ideal si hay períodos lluviosos y secos porque es importante para el crecimiento, que influye en la floración. Lo ideal para Arábica es un período seco de tres a cuatro meses. El requerimiento de agua está en función a la capacidad de retención del suelo, de la humedad atmosférica, de la nubosidad y de las prácticas en el desarrollo del cultivo (LEAKEY, 2014, p. 52).

La falta de lluvias, es tolerada de mejor manera por la planta de café, si la humedad es elevada o cielos nubosos, el exceso de humedad pone en riesgo ya que es favorable para el desarrollo de hongos, un buen drenaje en los suelos asegura evitar estos problemas. (LEAKEY, 2014, p. 52).

Las plantas del *Coffea*, se desarrollan mejor en suelos profundos, con buen drenaje y con pH inferiores a 7. La mayoría de especies de plantas de café, no tolera granizadas, vientos fuertes y la exposición directa al sol, se

recomienda que se asocie con plantas como el pacaé que brinden sombra o especies forestales como el pino (LEAKEY, 2014, p. 52).

La alteración del clima debido al calentamiento global amenaza la producción mundial de café, ya que es propicio para la aparición de enfermedades tolerantes a temperaturas superiores a los 24°C. (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

A temperaturas superiores a los 28°C aparecen anomalías que afectan a la flor y que reducen el rendimiento, mientras que las bajas temperaturas (inferiores a 7°C) afectan la raíz, donde aparecen malformaciones, especialmente cuando se dan fuertes fluctuaciones a lo largo del día (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

Para que el desarrollo del café sea el adecuado, estará sujeto a variación en función de la variedad y la localización. Debe atenderse el requerimiento nutricional que mejoren el suelo, para mejorar el rendimiento (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

El nitrógeno, potasio y fósforo son los macronutrientes que deben combinarse de acuerdo a otros factores como la fertilidad natural del suelo, las lluvias y la edad de la planta. El nitrógeno cumple una función importante en el crecimiento y formación de nuevas ramas y hojas, el potasio es fundamental en la formación del fruto y la semilla, los abonos con fósforo mejoran el desarrollo de las raíces, la floración y la fructificación. (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

El manejo adecuado de sombra contribuye a reducir la erosión de los suelos, e incrementa la materia orgánica en el suelo, evita el desarrollo de malezas y evita gastos adicionales en el desmalezado (MASEFIELD, *et al.*, 1980).

La asociación suele ser con especies madereras, que no sean hospedadoras de enfermedades del café, deben tener crecimiento rápido y copa rala de hoja pequeña. Algunas de estas especies se engloban dentro de los géneros



Inga (paca), Grevillea, Erythrina (Pisonay) y Eucalyptus. (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

La poda es una práctica típica de este cultivo, iniciado posterior a la cosecha. La poda tiene el propósito mantener el tamaño del arbusto o de renovar por problemas de enfermedades o por vejez de la planta, debe ser adecuada para la recolección para asegurar una producción óptima. Las dificultades de la poda pueden ser que la planta no cicatrice bien, por lo que se recomienda usar un cicatrizante (MASEFIELD, *et al.*, 1980, p. 110).

### **3.2.1.7 Poscosecha del cafeto**

El producto final de poscosecha y más comercializado es el grano de café tostado, este proceso termina con una pérdida de peso del 16%, por la pérdida de humedad, y un incremento en el volumen del 50% al 80%. Normalmente los granos se calientan de 8 a 15 minutos a una temperatura de entre 180-240°C (BEWLEY, MICHAEL y HALMER, 2006, p. 87).

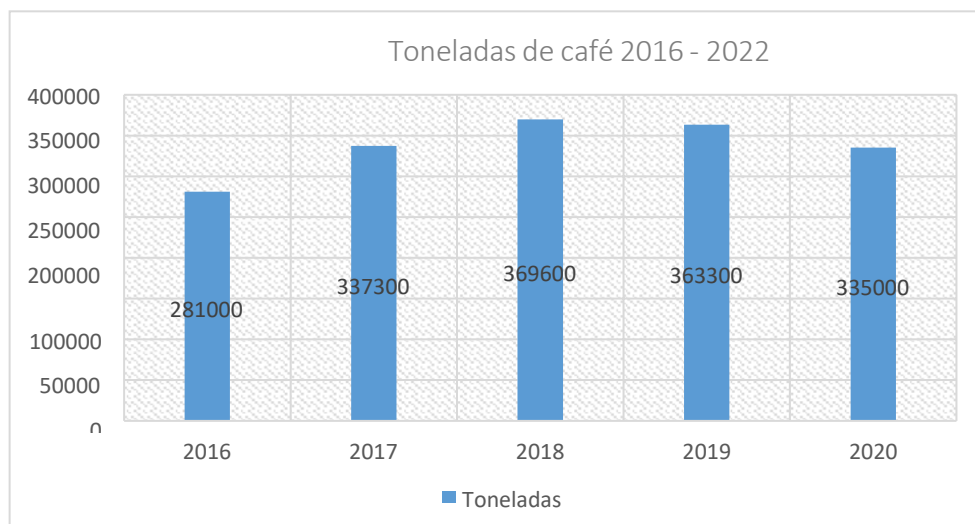
Existen varios términos en el tostado, muy tostado, medianamente tostado o poco tostado. Por lo general, el grado de tostado está determinado por el tipo de grano, dado que algunos granos son más convenientes para ciertos tuestes. (BEWLEY, MICHAEL y HALMER, 2006, p. 87).

### **3.2.1.8 Producción del cafeto**

La producción de café es a nivel mundial, caracterizado por una considerable inestabilidad debido a la variación del volumen de producción año tras año, en los últimos 50 años el crecimiento ha sido considerablemente positivo pero esta intercalada por descensos periódicos (WALLER, *et al.*, 2007, p. 437).

La producción de café a nivel del Perú desde el año 2016 se ha incrementado hasta el año 2018 con una producción de 281 000, 337 300, 369 600, 363 300 y 335 000 toneladas (INEI, 2021)



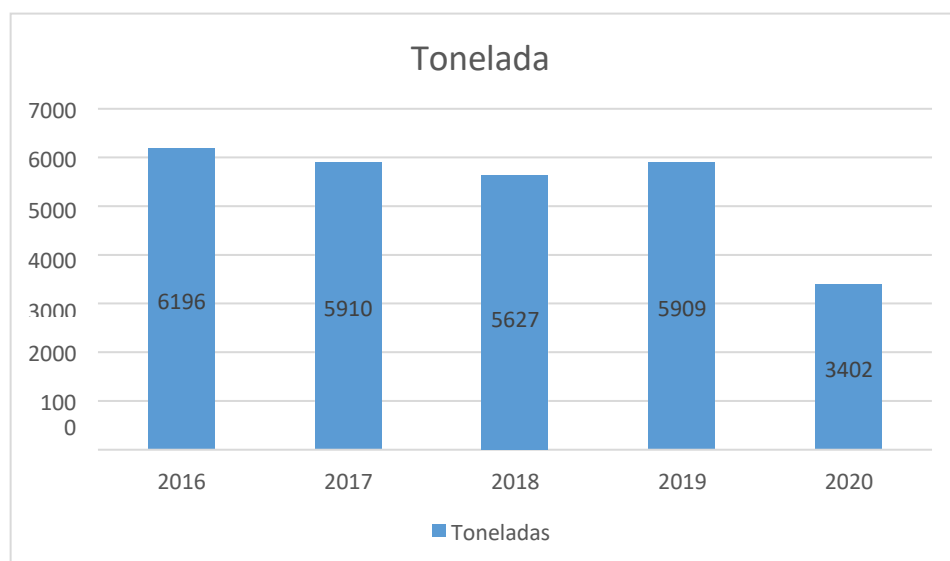


**Gráfico 1 — Producción por tonelada del producto agrícola café en el Perú durante el periodo 2016 al 2020.**

Fuente: Adaptado de «Series Nacionales de la producción de café en Perú (Toneladas métricas)», por INEI, 2021.

Los departamentos que tienen más producción de café son Junín, San Martín, Amazonas y Cusco según los datos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, con el 91% del total de productores y el área cultivable (PNUD, 2016).

**Gráfico 2 — Variación de las exportaciones de Café de Perú a Alemania durante el periodo 2016 al 2020**



Fuente: Adaptado de «Series Nacionales de las exportaciones anuales a Alemania (Millones de US\$)», por HERREROS y ORTIZ, 2021.



La producción de café se mantuvo de manera progresiva, pese al bajo precio internacional (CNCJ Perú, 2020) que según la Junta Nacional de Café el valor referencial es de S/. 5.20 por kilogramo (PNUD, 2016).

Según el Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2020) los principales lugares que cuentan con mayor área cultivable son:

- Distrito de Pangoa, Provincia de Satipo – Junín.
- Distrito de Pichanaqui, Provincia de Chanchamayo – Junín
- Distrito de Echarate, Provincia de La Convención – Cusco
- Distrito de Perene, Provincia de Chanchamayo – Junín
- Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba – San Martín
- Distrito de La Coipa, Provincia de San Ignacio – Cajamarca

El rendimiento de café por departamento en kilogramos por hectárea alcanza los 684 kilogramos por hectárea en el año 2013 según los registros del INEI.

**Tabla 2 — Producción de café kilogramos por hectárea (2010-2013)**

Departamento	2010	2011	2012	2013
Amazonas	784	793	785	672
Apurímac	-	-	-	-
Arequipa	-	-	-	-
Ayacucho	681	678	683	688
Cajamarca	946	1,012	995	824
Callao	-	-	-	-
Cusco	414	894	610	684
Huancavelica	800	700	700	706
Huánuco	503	506	536	508
Ica	-	-	-	-
Junín	760	935	800	553
La Libertad	948	928	931	923
Lambayeque	693	479	405	635
Lima	-	-	-	-
Loreto	358	613	801	800
Madre de Dios	696	678	624	516
Moquegua	-	-	-	-
Pasco	870	1,010	966	670
Piura	332	355	286	306
Puno	657	663	722	670
San Martín	942	949	857	565



Tacna	-	-	-	-
Tumbes	-	-	-	-
Ucayali	1,498	1,500	1,500	1,047
Áncash	-	-	-	-

Fuente: Extraído de INEI, 2014

El rendimiento del café en kilogramos por hectárea por año según el INEI, 2014, es como sigue:

**Tabla 3 — Rendimiento de café por kilogramo por hectárea**

Año	Rendimiento (Kg/Ha)	Rendimiento (qq/Ha)
2010	799.19	17.37
2011	903.16	19.63
2012	818.24	17.79
2013	640.22	13.92
2014	613.95	13.35
2015	664.42	14.44
2016	731.77	15.91
2017	795.28	17.29
2018	828.50	18.01
2019	829.10	18.02

Fuente: Extraído de INEI, 2014

El área de producción por hectárea por departamento en el año 2012:

**Tabla 4 — Superficie (Ha) de producción de café por departamento - 2012**

Departamento	Número de productores	Superficie (Ha)	Número de provincias	Número de distritos
Junín	56792	107904	7	24
San Martín	49309	93688	10	71
Cajamarca	38473	73098	12	83
Cusco	27486	52223	6	16
Amazonas	22497	42744	7	71
Huánuco	8852	16819	9	39
Pasco	6015	11429	2	10
Ayacucho	4622	8782	2	9
Puno	4323	821	2	11
Piura	2462	4678	5	27

Ucayali	1039	2026	3	13
Loreto	861	1591	6	23
Lambayeque	836	1588	3	8
La Libertad	281	535	8	20
Madre de Dios	19	37	3	8
Otros	36	61	10	17
Total	223903	425416	95	450

Fuente: Extraído de CENAGRO (2012)

### 3.2.1.9 Sostenibilidad del cafeto

El café es ampliamente conocido a nivel mundial, existe países que dependen mucho de la producción del cafeto y de la fluctuación del precio, de ello depende la sostenibilidad de su economía, a veces se seriamente amenazada, por lo que la población dedicada a la agricultura está ligada a la creación de empleo (WALLER, *et al.*, 2007, p. 4110)

La sostenibilidad del cafeto abarca aspectos agrícolas para promover practicas no solo rentables si no ambientalmente eficientes, esto debido a varias causas como semillas mejoradas con el paquete de fertilizantes químicos, plaguicidas y herbicidas que dejan microelementos tóxicos en el grano de café. (WALLER, *et al.*, 2007, p. 437):

Así mismo, se altera la relación agua-suelo-planta debido a la contaminación con elementos químicos, producto del avance tecnológico, en otros casos se ha ampliado la frontera agrícola para extender el cultivo causando deforestación, quema y empobrecimiento del suelo, debido a que normalmente el cultivo de café también extrae nutrientes del suelo hasta agotar el contenido de nitrógeno, potasio y calcio de los suelos (WALLER, *et al.*, 2007, p. 437):

### 3.2.1.10 Costos de producción orgánica de café

MORA J., *et al.* (2007), indican que las actividades a realizar influyen en los altos costos variables de la producción de café orgánico y algunos otros costos como el costo de fertilización. Así mismo, el costo varía de acuerdo al costo de mano de obra local y el costo de abono orgánico.



**Tabla 5 — Costos de producción orgánica por hectárea**

Actividad por realizar	Unidad	Número de jornales	Costo unitario (pesos)	Importe Total (pesos \$)
Poda		10	100	1 000
Regulación de sombra		7	100	700
Chapeo		30	100	3 000
Abono orgánico en toneladas	3.75		1 000	3 750
Transporte y aplicación de abono		5	100	500
Compra de planta	300		4	1 200
Preparación del terreno		7	100	700
Renovación y reposición de fallas		5	100	500
Control de plagas y enfermedades		7	100	700
Deshije		7	100	700
Conservación de suelos y agua		10	100	1 000
Control de Certificación	1			438
Total		88		14 188
Participación del productor		88	100	8 800
costo con la participación del productor				5 388

Fuente: Extraído de DELGADO G. y PÉREZ P. 2013, p. 97

### 3.2.1.11 Condiciones agroecológicas del cultivo de café

El suelo óptimo para el desarrollo adecuado del cultivo de café, son suelos bien drenados, profundos, de buena infiltración y con buena aireación para el desarrollo adecuado de las raíces, con pH neutro o ligeramente ácido, con pendiente entre 1% a 15% de textura franco (TAYLOR y SASSER, 1983).

#### a) Abonamiento del café

El abonamiento depende de la fertilidad natural del suelo, además la incorporación de materia orgánica cambia el ambiente del suelo, el proceso de descomposición de la materia orgánica puede producir

sustancias tóxicas, por lo que se recomienda la incorporación de materia orgánica descompuesta (TAYLOR y SASSER, 1983).

Toda materia orgánica incorporada al suelo incrementa el nivel de nutrientes y la capacidad de adsorción y retención de humedad; mejora el desarrollo de las plantas, mejora la producción e incrementa la tolerancia a nemátodos (ROSADO, 2005, p. 101).

La materia orgánica cumple la función de ayudar a la adsorción de nutrientes del suelo, reduciendo su compactación, incrementando su capacidad de retención de agua, mejorando la capacidad tampón del suelo, evitando los cambios rápidos del pH y es fuente de energía para las colonias de microorganismos (VALENCIA, 1998, p. 61).

La aplicación de enmiendas orgánicas como la gallinaza y la pulpa de café aumentan la disponibilidad de los nutrientes, mejorando la capacidad de campo del suelo, la planta mejora su crecimiento e incrementa la tolerancia a los nemátodos, debido a que ésta desarrolla mayor cantidad de raíces. (HERRERA, *et al*; 2002, p. 100).

Sin embargo, no se recomienda incorporar abonos directamente en la planta debido a que contienen dosis altas de nitrógeno que puede llegar a producir fitotoxicidad en la planta. (HERRERA, *et al*; 2002, p. 100).

Otro aspecto importante, es que la incorporación de materia orgánica estimula la actividad de los microorganismos, incrementando la presencia de colonias de microorganismos benéficos, que son antagonicos a los nemátodos. (HERRERA, *et al*; 2002, p. 100).

#### **b) Agroforestería y sombra en los cafetos**

La agroforestería es la asociación del cultivo de café con especies forestales de gran tamaño con el fin de desarrollar tres funciones fundamentales, el primero es que ambas especies actúan simbióticamente, el segundo es que al menos uno de los componentes



sea una leñosa perenne, y el tercero al menos uno de los componentes sea conducido con fines agrícolas, también se incluyen los pastos. (SOMARRIBA, 1998, p, 164).

La sombra cumple un papel importante en las plantas de café, ya que regula la cantidad y calidad de la luz, y se da que con poca intensidad hay una reducción en la apertura de las estomas de las hojas, baja el nivel de actividad fotosintética, se reduce la energía y el metabolismo del café (ANACAFE, 1991).

Cuando incrementa la luz, mejoran las funciones del café; mayor apertura de las estomas, aumenta la actividad fotosintética y acelera el metabolismo que resulta en mayor producción. ANACAFE, 1991, 169).

Sim embargo si la intensidad de la luz se incrementa demasiado, hay funciones que se vuelven negativas, hacen que las estomas se cierran, la actividad fotosintética disminuya, el calor de las hojas se incrementa considerablemente y el metabolismo se acelera causando perjuicios a la planta (ANACAFE, 1991).

### **3.2.1.12 Factores que afecta la epidemiología de la roya anaranjada**

Los resultados de investigaciones, mostraron que el desarrollo como la amplitud de la curva de progreso de la enfermedad tienen relación con cinco factores principales: la lluvia, la temperatura, la carga fructífera, la época de cosecha y el inóculo residual” (AVELINO, *et al*, 1991).

#### **a) La Lluvia**

El agua líquida tiene una actuación en el nivel de esporulación, (actúa como transporte), depositación, germinación y penetración de las uredosporas en las hojas. Esto explica que la epifita se desarrolla durante la época de lluvias y que su descenso se observa cuando el periodo de lluvias se detiene (AVELINO, *et al*. 1991).



**b) La temperatura**

La germinación, depende de las condiciones de temperatura. La formación del apresorio y la progresión del hongo en la hoja dependen de esta variable también. En los meses con temperaturas favorables, se acorta el periodo de incubación, es decir la germinación se da entre 22 y 23 °C) (AVELINO, *et al.* 1991).

**c) Mes de inicio de incubación de la roya**

En los periodos más cortos en agosto y septiembre, se acorta el periodo de incubación, con temperaturas entre 18 °C y 27 °C. a una altitud de 1200 msnm, los periodos de latencia se alargaron debido a las temperaturas más bajas, estos oscilaron entre 40 y 80 días. (AVELINO, *et al.* 1991).

Por lo que los máximos de infección y la forma de la curva de progreso de la epidemia varíen en función de la altitud, la cual está relacionada de manera inversa a la temperatura. (AVELINO, *et al.* 1991, p. 24).

**d) La carga fructífera del cafeto**

La receptividad es decir la predisposición de las hojas a la roya anaranjada varía en función de su carga fructífera, posiblemente porque, en periodo de fructificación, migran compuestos fenólicos de las hojas hacia los frutos. (AVELINO, TOLEDO y MEDINA 1993).

AVELINO, TOLEDO y MEDINA 1993, p. 302, mencionan que este planteamiento es corroborado en Guatemala, obteniendo una relación positiva muy significativa, al nivel de probabilidad del 0,01 %, entre la carga fructífera del cafeto, la cual fue evaluada en junio después de la caída fisiológica de los frutos, y la infección posterior que este sufrió (AVELINO, TOLEDO y MEDINA 1993).

**e) La cosecha de los frutos o cerezo**

La receptividad es decir la predisposición del cafeto, parece incrementarse no solamente en plantas con alta carga fructífera, sino

también en una misma planta a medida que se desarrolla el fruto. (AVELINO, *et al.* 1991).

AVELINO, *et al.* 1991, p. 24, menciona que, en México, observaron que el principio de la enfermedad coincidió con el inicio de la cosecha. Posteriormente el crecimiento acelerado de la epidemia ocurrió cuando la cosecha estaba bien establecida y finalmente, la máxima infección se encontró al final de la cosecha. Posterior a la cosecha, la epidemia empezó a declinar.

Otro factor que podría influir en esta conducta es la presencia de las personas que recolectan el café, que favorece la diseminación de las uredosporas. Asimismo, podría adjudicarse a que el desarrollo del fruto responde a los mismos estímulos exteriores (clima) que el de la roya anaranjada (AVELINO, *et al.* 1991).

#### **f) El inóculo residual**

El papel del inóculo residual fue bien evidenciado en México. Comprobándose que toda la infección presente a principios de año se ubica en las hojas viejas del cafeto (es decir las hojas que habían nacidos en la época de lluvia anterior), mientras que las hojas jóvenes estaban en su mayoría sanas. (AVELINO, *et al.* 1991)

Por lo tanto, concluyen que la conservación de la enfermedad de un año para el siguiente es a través de las hojas viejas infectadas que lograban sobrevivir la época seca (AVELINO, *et al.* 1991)

#### **3.2.1.13 Pérdida en la producción del cafeto**

La correspondencia observada entre la infección y la producción, en ocasiones puede llevar a subestimar el efecto de la enfermedad, en razón que después de un año de alta cosecha, es de esperar un año de baja producción, con o sin roya (AVELINO, *et al.* 1993, p. 64)



La enfermedad causa pérdidas, y el control es necesario, aunque éste no sea tan útil en las fases menos productivas del cafeto (plantas recién sembradas y recién podadas) (AVELINO, TOLEDO y MEDINA 1993).

Las pérdidas de la producción del cafeto pueden alcanzar en el menor de los casos el 40%, por infecciones con roya del 68%, con respecto a infecciones inferiores a 21 % (AVELINO, TOLEDO y MEDINA 1993).

Según AVELINO *et al.* 1993, la defoliación de las bandolas enfermas redujo el crecimiento de estas, por ende, el número de frutos llevados al año siguiente. Lo anterior evidencia que la roya anaranjada acentúa el ritmo bienal de la producción.

### **3.2.2 La roya**

#### **3.2.2.1 Importancia de la roya**

Es sin lugar a dudas que la roya del cafeto, es la enfermedad más destructiva del café, daña a los árboles y disminuye su producción ocasionando la caída prematura de sus hojas infectadas. Esta enfermedad ocasiona pérdidas que devastan a todos los países que producen café, en América, Asia y África. Logra ocasionar daños a todas las especies de café, pero es más severa en *Coffea arábica* (AGRIOS, 2005, citado por BARTRA, 2017).

El cultivo de café es considerado un producto agrícola de importancia en el comercio internacional, la mínima reducción en el rendimiento o un ligero aumento en los costos de producción por acción de la roya (*H. vastatrix*), tiene un impacto en los cafecultores y en los países con economías totalmente dependientes del comercio (exportaciones) del café (APS, 2011, citado por BARTRA, 2017, pág. 13).

#### **3.2.2.2 Origen y distribución de la enfermedad**

Fue reportada formalmente por primera vez, la roya anaranjada a principios del año 1869, en una plantación de la isla asiática de Ceilán, hoy Sri Lanka. En ese mismo año, el micólogo británico Berkeley describió y nombró el hongo responsable de la enfermedad, *Hemileia vastatrix* (AVELINO, 2013,

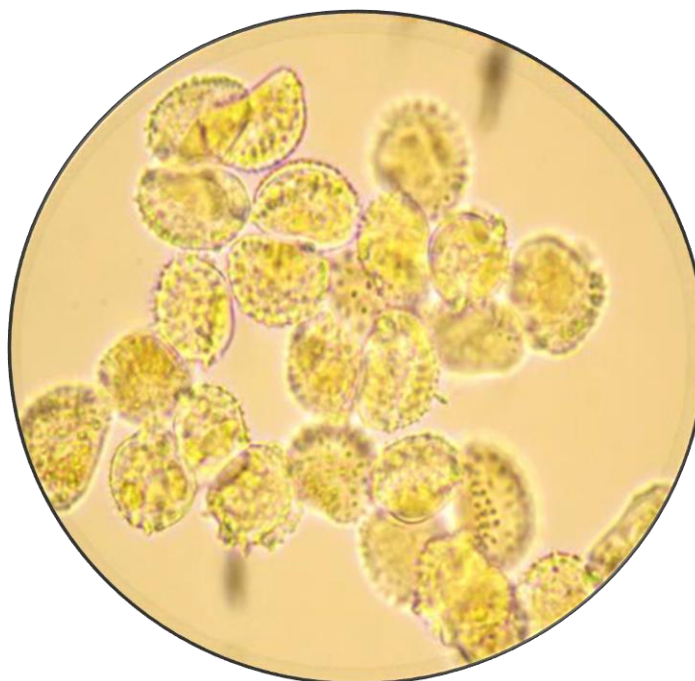
citado por BARTRA, 2017).

Esta enfermedad por primera vez en 1970, apareció en el hemisferio occidental en Brasil y rápidamente se extendió a los países productores de café de centro y Sudamérica. Todos los cafetos comerciales son susceptibles a la roya (AGRIOS, 2005, citado por BARTRA, 2017, pág. 13).

En el Perú, en la campaña agrícola 2012-13, la presencia de la roya en el café ocasiono pérdidas importantes a los caficultores, el MINAGRI calculo que llegaron a los US\$ 250 millones en pérdidas (AGRIOS, 2005, citado por BARTRA, 2017, pág. 13).

### 3.2.2.3 La roya anaranjada del café

La roya es un hongo de la clase Basidiomycetes, del género *Hemileia* (que significa mitad liso por la característica de las uredosporas), presenta ocasionalmente teliosporas y basidiosporas, siendo la principal forma de reproducción uredosporas (AVELINO, *et al.* 1999, p. 99).



**Ilustración 1 — Microfotografía de uredosporas of *H. vastatrix*, microscopio de contraste de fases: Objetivo 100X.**

Fuente: Extraído de Lam (2019)

La roya es un hongo parasito que afecta a las hojas vivas de las especies de

género *Coffea*, el cultivar más afectado es la Arábica es la más afectada. La sintomatología de la enfermedad es particular, aparecen o inician en la cara inferior de la hoja, por donde penetra el hongo, provoca pequeñas lesiones amarillentas que con el tiempo se vuelven coalescentes (que se unen) y producen uredosporas con un color anaranjado característico (AVELINO, *et al.* 1999, p. 99).

Actualmente, no se reportó hospedero alterno de la roya, sin embargo, el hecho que las basidiosporas sí germinen sobre el cafeto, pero no logren infectarlo, indica que el hongo probablemente necesite otro hospedero para completar su ciclo, por lo cual se considera a la roya como heteroica (AVELINO, *et al.* 1999, p. 99).

#### 3.2.2.4 Razas de roya

CÉU SILVA, *et al.* (2006) manifiesta que se ha identificado 45 razas de roya. Resultado de las diferentes combinaciones de nueve factores de virulencia. Hasta el año 1997, todas las muestras de roya anaranjada procedente de América Central que fueron evaluadas por el Centro de Investigacao das Ferrugens do Caffeiro (CIFC) (Portugal), muestras de los años 1977, 1984, 1992, 1993 y 1994 originarias de Nicaragua, Honduras, Guatemala y Costa Rica, fueron identificadas, como muestras de raza II únicamente, la raza de roya más sencilla (un solo factor de virulencia, v5)” (reportado por AVELINO, *et al.* 1991, p. 99).

Hace 10 años, sin embargo, el CIFC identificó la raza I (v2 v5) en unas muestras del lago Yojoa, Honduras, región muy favorable al desarrollo de la enfermedad (AVELINO, *et al.* 1999, 21 – 24 pp.).

La raza de roya II se caracteriza por ser la más sencilla de todas las razas, pero constituye la raza mejor adaptada a las condiciones del hospedero y de clima tiene una gran capacidad para mutar (AVELINO, *et al.* 1999, 21 – 24 pp.).



### 3.2.2.5 Resistencia genética a la roya anaranjada

De los nueve factores (SH1 hasta SH9) de resistencia genética conocidos, cuatro han sido identificados en *Coffea arabica* (SH1, SH2, SH4 y SH5). La mayoría de los arábica cultivados poseen el factor de resistencia SH5, el cual es vencido por el factor de virulencia v5 que está presente en la raza II de la roya. El factor de resistencia SH3 proviene del *C. liberica*. Los otros cuatro factores de resistencia SH6, SH7, SH8 y SH9 provienen del *C. canephora*. (AVELINO, *et al.* 1999, 21 – 24 pp.).

A través del programa PROMECAFE, en América Central se han seleccionado localmente, diferentes variedades resistentes a la roya anaranjada a partir de genotipos híbridos llamados Catimor (Caturra x Híbridos de Timor), originarios de Portugal o Brasil (AVELINO, *et al.* 1999, 21 – 24 pp.).

Todas las selecciones locales de Catimor (Catrenic, Ihcafe 90 y Costa Rica 95) han sido realizadas sobre criterios de productividad y de resistencia a la raza II de la roya” (AVELINO, *et al.* 1999, 21 – 24 pp.).

Lamentablemente, sus deficiencias en materia de calidad han hecho que su expansión no haya sido lo esperado. La gran mayoría (arriba del 90 %) de las áreas sembradas con café en Centroamérica tienen todavía variedades susceptibles a la roya. (AVELINO, *et al.* 1999, 21 – 24 pp.).

### 3.2.2.6 Biología de *Hemileia vastatrix*

El proceso de infección de la roya del cafeto, inicia con sintomatología en el envés de la hoja, se observa manchas pálidas, con el tiempo se incrementa el tamaño y forman manchas amarillas o anaranjadas, con presencia de polvo fino amarillo, ahí inicia la producción de las esporas del hongo (BARTRA, 2017).

Para la germinación de esporas requieren de la presencia de agua (mínimo seis horas), temperaturas entre 21 a 25 °C y condiciones de obscuridad. El apresorio para formarse requiere de un periodo de 5.3 a 8.5 horas. La germinación se inhibe por la luz y cuando se evapora el agua de la hoja, ya



que afecta el crecimiento de los tubos germinativos. (BARTRA, 2017).

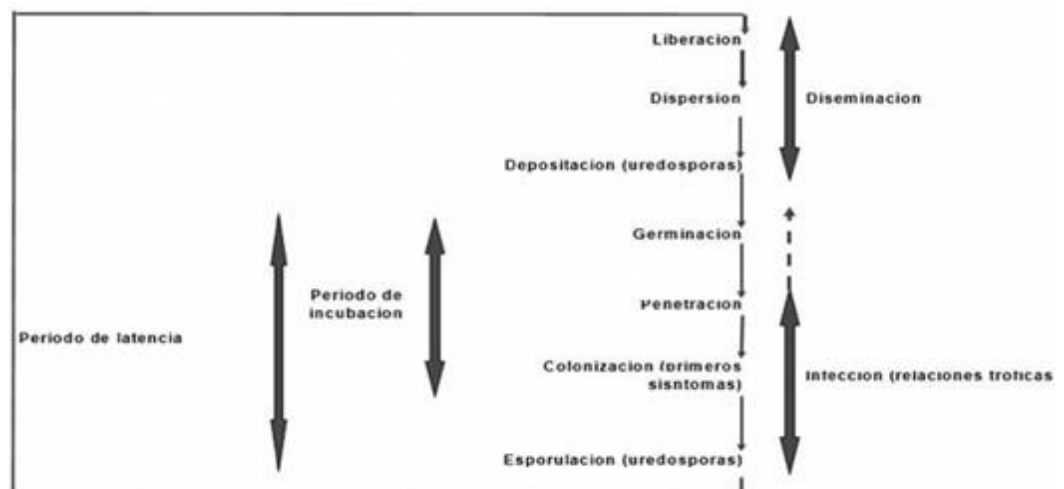
Luego de germinar, el hongo penetra en las hojas a través de las aberturas naturales (estomas) situadas en el envés de las hojas maduras. Una vez que ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta y con éstos extraen los nutrientes para su crecimiento. (BARTRA, 2017).

Posterior a los 30 días, logran colonizar, el hongo está suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas. (BARTRA, 2017).

El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia. Para la zona cafetalera de Colombia, el periodo de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra (BARTRA, 2017).

### 3.2.2.7 Ciclo de vida y epidemiología de la roya del café

Según AVELINO, *et al.* 1999 el ciclo de vida del hongo fitopatógeno se divide en las etapas siguientes: diseminación, germinación, penetración, colonización y esporulación (Figura 1).



**Figura 1 — Ciclo de vida de la roya del café.**

Fuente: Extraído de AVELINO, *et al.* 1999, p. 99



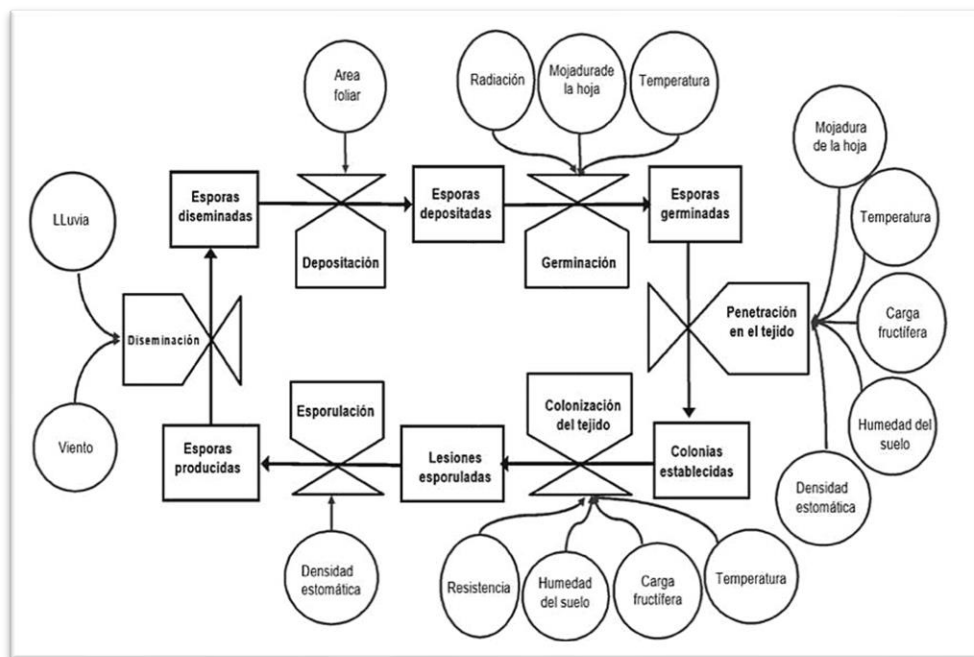
**Figura 2 — Intensidad de daño y ciclo fenológico del café**

Fuente: Extraído de LAM, 2019, p 7

El proceso de infección de la roya, inicia cuando aparecen los síntomas de la enfermedad en el envés de la hoja. Se observa manchas pálidas y con el pasar del tiempo incrementan su tamaño y forman manchas amarillas o anaranjadas, con presencia de polvo fino, donde se producen las esporas del hongo (Rivillas, *et al.*, 2011, en SENASICA, 2016).

La diseminación se divide en liberación (la propágula se desprende), dispersión y depositación sobre los órganos por infectar. La germinación constituye el inicio del proceso infeccioso. Cuando se da la penetración del hongo, empiezan a establecerse relaciones tróficas entre el hongo y el hospedero (AVELINO, *et al* 1999, p. 99).

La colonización del órgano infectado lleva a la formación de los primeros síntomas visuales. El periodo comprendido entre el inicio de la germinación y la expresión de los primeros síntomas, constituye el periodo de incubación (no se ha producido ninguna entidad infecciosa nueva). La emergencia posterior de nuevas propágulas infecciosas, constituye la etapa de la esporulación. (AVELINO, *et al* 1999, p. 99).



**Figura 3 — Diagrama del ciclo de vida de la roya del café y los factores que lo afectan**

Fuente: Extraído de AVELINO, *et al.* 1999

### 3.2.2.8 Sintomatología de la enfermedad

La roya afecta a las hojas (vivas) del género *Coffea*. El cultivar *C. arábica* es el más atacado. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en la cara inferior de las hojas, por donde penetra el hongo. Provoca pequeñas lesiones amarillentas, con el pasar del tiempo se vuelven coalescentes y producen las uredosporas con su color anaranjado característico. En la cara superior de las hojas se divisan manchas cloróticas. Finalmente, las lesiones se vuelven necróticas. (BARTRA, 2017, pág. 18).

El hecho que las basidiosporas sí germinen sobre el cafeto, pero no logren infectarlo llevó a concluir que el hongo necesitaba de otro hospedero para completar su ciclo, posiblemente una orquídea por lo cual se consideraba que la roya anaranjada era heteroica, pero sin hospedero alterno conocido. El origen primitivo de la roya anaranjada sugiere al contrario que ésta es autoica, sin necesidad de otro hospedero. (BARTRA, 2017, pág. 18).

### 3.2.2.9 Predisposición del hospedero al ataque de roya

Para el caso de la roya del cafeto, la predisposición está relacionada en el



abundante follaje tierno, que trae como consecuencia un desequilibrio nutricional y por ende se torna susceptible (BARTRA, 2017, pág. 19).

Dentro de los factores del hospedante debe considerarse la susceptibilidad de la variedad, la densidad de siembra (una mayor cercanía de las plantas facilita los procesos de infección entre las hojas), la condición nutricional de las plantas y la predisposición de estas debido a una alta cosecha (BARTRA, 2017, pág. 19).

### 3.2.2.10 Manejo de la roya del cafeto

Según FIGUEROA, *et al.* 1996, el manejo de la roya puede ser preventivo mediante el desarrollo de las siguientes actividades

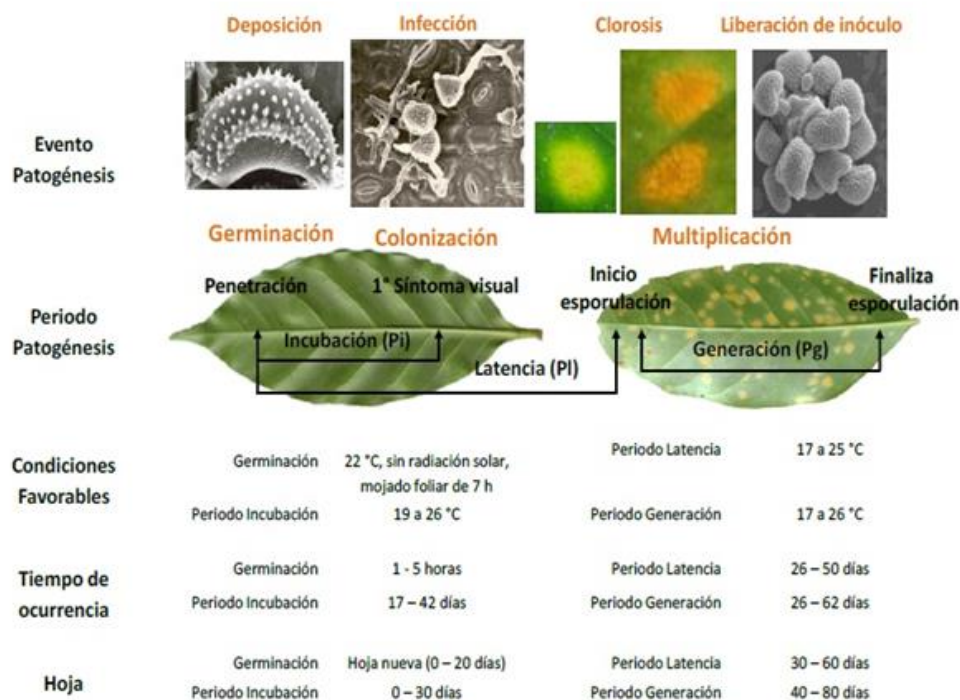
- Fertilizar los cafetos antes de la floración y después de la cosecha para lograr plantas vigorosas.
- Regular la sombra y realizar deshierbes oportunos, disminuyendo la humedad en el cafetal.
- Fertilizar de forma balanceada con una dosis adecuada de potasio y magnesio para fortalecer el follaje.

Según FIGUEROA, *et al.* 1996, los elementos de diseminación de la roya amarilla del cafeto, las uredosporas (semilla del hongo) lo realizan a través de:

- Lluvias
- Vientos
- Insectos
- El hombre (ropa y herramientas)

Las acciones para el control de esta plaga, debe realizarse usando diferentes métodos, lo importante es prevenir (evitar diseminación), reducir y controlar esta enfermedad, evitar la contaminación al aplicar los plaguicidas, usar moderadamente para evitar la resistencia del hongo (SENASA, 2013, p. 22)





**Figura 4 — Ciclo Reproductivo de la Roya del Café**

Fuente: Extraído de Manual del PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZÚ.

### 3.2.2.11 Fases del ataque de la roya

**Primera fase, lenta o Inicial:** inicia con la infección de pocas hojas y con pocos puntos de infección. En nuestro país esta fase lo observamos en el inicio de las primeras lluvias (octubre, noviembre, diciembre hasta enero) (SENASA, 2013).



**Figura 5 — Pequeñas manchas en el envés de la hoja del cafeto**

Fuente: Extraído de Boletín Informativo PROYECTO PICHIS PALCAZÚ,

2014

Si la plantación del cafeto tuvo podas sanitarias y de renovación, así como fertilizado y/o abonado, el uso de control químico de contacto o sistémico es efectiva (SENASA, 2013, p. 22)

Para los caficultores orgánicos, en esta fecha deben aplicar caldos o plaguicidas permitidos en la producción orgánica que funcionan bien, si tiene un plan de fertilización y podas sanitarias es lo óptimo. (SENASA, 2013, p. 22)

En esta fase, debemos poner énfasis en la evaluación oportuna preventiva, sobre todo los caficultores orgánicos, que deben adoptar un control oportuno y evitar el uso de fungicidas prohibidos en la agricultura orgánica. (SENASA, 2013, p. 22)

**Segunda Fase Rápida o Explosiva:** se observa muchas pústulas por hoja que está esporulando y contaminando a nuevas hojas y plantas. En nuestro país esta fase se observa en los cafetales desde el mes de enero, febrero, marzo y hasta abril. (SENASA, 2013, 22)

Considerando que esta fase afecta de sobre manera a los cafetos que están en producción y son las hojas maduras que sostienen la producción, es eficiente en esta fase el control químico con productos sistémicos y curativos. (SENASA, 2013, p. 22)



**Figura 6 — Fase inicial y terminal de la roya**

Fuente: Extraído de SENASA, 2013, p. 12

**Tercera Fase Terminal o Máxima:** En esta fase, la roya amarilla ha defoliado los cafetos, en nuestro país se observa los daños en los meses de junio, julio y agosto. (SENASA, 2013, p. 22)

Anteriormente los caficultores, esperaban que estas hojas caídas y el cafeto generen hojas nuevas. Esta práctica es riesgosa, porque el descuido, ahora con el clima a favor de la enfermedad, provoca un riesgo potencial a la pérdida de producción de la campaña siguiente, siendo muy importante al final de la cosecha eliminar toda la rama que tenga roya y programar un plan podas, como una actividad de control cultural. (SENASA, 2013, p. 22)

### 3.2.2.12 El clima

#### a) Temperatura

La temperatura atmosférica es uno de los elementos importantes del clima, refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. (SENAMHI, 2020).

Se realiza el análisis de los datos del SENAMHI- Perú, a partir del año 2018 al 2019, de la estación meteorológica más cercana al ámbito del estudio, Quillabamba, se obtiene que las temperaturas registradas más altas son en el mes de setiembre con 23.49 °C y la temperatura promedio más baja de los dos años es 20.76 °C (SENAMHI, 2020).

**Tabla 6 — Temperatura promedio de Quillabamba**

Año / mes	Temperatura (°C)		
	2018	2019	Promedio
Enero	22.56	21.94	22.25
Febrero	22.93	21.33	22.13
Marzo	22.12	21.86	21.99
Abril	21.81	21.93	21.87
Mayo	21.62	21.82	21.72
Junio	20.29	21.23	20.76
Julio	20.62	21.52	21.07
Agosto	21.11	22.21	21.66



Setiembre	23.64	23.34	23.49
Octubre	22.10	22.83	22.46
Noviembre	22.26	22.77	22.51
Diciembre	22.66	21.76	22.21

Fuente: Extraído de SENAMHI Datos meteorológicos, Estación Quillabamba, 2020.

#### b) Humedad relativa del aire

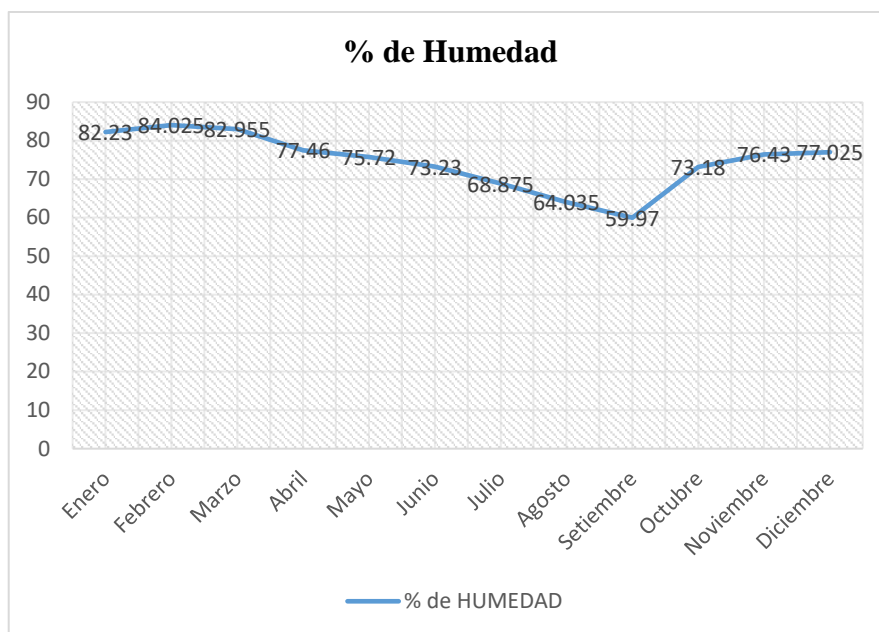
La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada; así cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100 % más húmedo está. Según los datos de la estación meteorológica de Quillabamba, recopilados en el año 2018 y 2019, el promedio anual de humedad relativa es de 75.60% en el año 2018 y 73.63% para el año 2019, el porcentaje de humedad registrado más bajo fue en el mes de octubre, por lo que coincide con la temperatura más baja registrada y el mes con más humedad fue el mes de febrero. (SENAMHI, 2020)

**Tabla 7 — Humedad relativa promedio de Quillabamba**

Año / mes	Humedad (%)	Humedad (%)	Promedio
	2018	2019	
Enero	85.98	78.48	82.23
Febrero	85.53	82.52	84.025
Marzo	85.78	80.13	82.955
Abril	76.57	78.35	77.46
Mayo	74.60	76.84	75.72
Junio	74.12	72.34	73.23
Julio	69.45	68.30	68.875
Agosto	69.96	58.62	64.035
Setiembre	57.71	62.23	59.97
Octubre	75.62	70.74	73.18
Noviembre	77.99	74.87	76.43
Diciembre	73.92	80.13	77.025
PROMEDIO	75.60	73.63	

Fuente: Extraído de SENAMHI Datos meteorológicos, Estación Quillabamba, 2020.





**Figura 7 — Promedio de humedad**

Fuente: Datos meteorológicos, Estación Quillabamba – SENAMHI

### c) Precipitación

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, llevando agua dulce a la parte emergida de la corteza terrestre y, por ende, favoreciendo la vida en nuestro planeta (SENAMHI, 2020).

La precipitación se genera en las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad, con los datos meteorológicos es posible clasificar las ecorregiones y zonas de vida (SENAMHI, 2020).

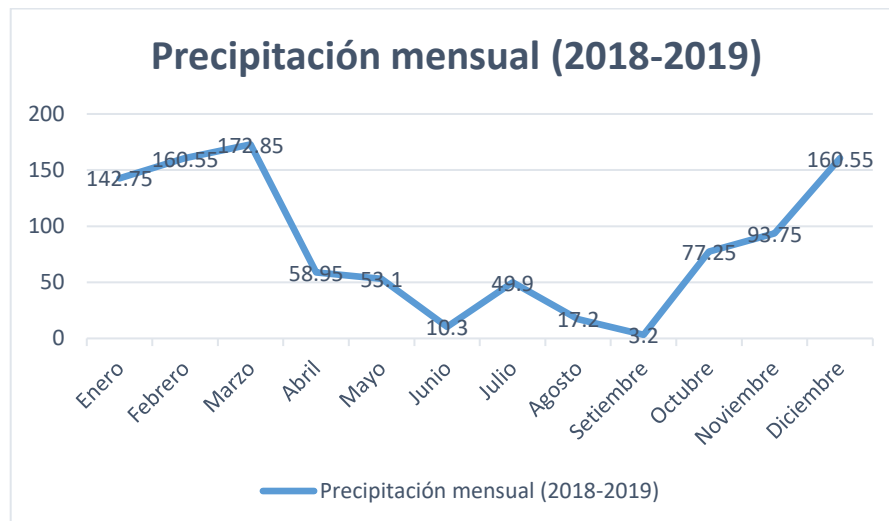
Los datos tomados de la estación meteorológica de Quillabamba, correspondiente a los años 2018 y 2019 indican que el mes más lluvioso es marzo con 172.85 mm y el más seco es setiembre con 3.20mm, con un acumulado de precipitación anual de 1054.30 mm para el 2018 y 946.4 mm para el 2019 (SENAMHI, 2020).



**Tabla 8 — Precipitación promedio mensual**

Año / mes	Precipitación (mm/mes)	Precipitación (mm/mes)	Promedio
	2018	2019	
Enero	121.80	163.70	142.75
Febrero	145.80	175.30	160.55
Marzo	255.70	90.00	172.85
Abril	20.40	97.50	58.95
Mayo	45.00	61.20	53.10
Junio	5.50	15.10	10.30
Julio	27.90	71.90	49.90
Agosto	34.40	0.00	17.20
Setiembre	6.40	0.00	3.20
Octubre	154.50	0.00	77.25
Noviembre	86.80	100.70	93.75
Diciembre	150.10	171.00	160.55
Promedio anual	1,054.3	946.4	

Fuente: SENAMHI, 2020



**Figura 8 — Precipitación mensual promedio**

Fuente: SENAMHI, 2020

### 3.2.3 El control de la roya

#### 3.2.3.1 El control químico de la roya

El método para el control de la roya, que más se utiliza es el control químico, con aplicaciones de productos en base a cobre. PALMA, *et al.* (1990, p. 173),



En Honduras, hallaron que con la aplicación de tres a cuatro aspersiones (entre uno a dos meses entre cada aplicación), al inicio de las lluvias con dosis de 2 kg/ha de hidróxido de cobre, es suficiente para controlar la roya PALMA, *et al.* (1990, p. 173).

Existen también otros productos como los sistémicos, entre ellos los triazoles (triadimefon, hexaconazol, ciproconazol). Se considera que las aspersiones con productos cúpricos se realicen en base a los resultados de muestreos (mensuales) o un calendario de aspersión. La incidencia crítica propuesta para realizar aspersiones cúpricas es generalmente del 5 % PALMA, *et al.* (1990, p. 173)

### 3.2.3.2 Caldo sulfocálcico o polisulfato de calcio

El caldo sulfocálcico consiste en una mezcla de azufre en polvo (20 kilos) y cal (10 kilos), que se pone a hervir en agua durante 45 a 60 minutos, formando así una combinación química denominada “polisulfuro de calcio”. (HUAMANCHAY, 2013, p. 5)

Este proceso es una de las tantas maneras de hacer soluble el azufre en el agua, a través de la cal y presiones de calor que recibe en el tiempo que hierve esta mezcla. (HUAMANCHAY, 2013, p. 5)

Este producto denominado caldo sulfocálcico, fue utilizado por vez primera en el año 1886 en California, para contralar la sarna de los vacunos, bañándoles en esta solución, comprobándose su viabilidad como un producto con características insecticidas (HUAMANCHAY, 2013, p. 5)

En los años 1092, esta solución o mezcla se hizo popular, a partir de esa época, comenzó a ser utilizada ampliamente y divulgada, se usa principalmente en el control de cochinillas, ácaros, pulgones y trips. (HUAMANCHAY, 2013, p. 5)

La lechada de cal  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , reacciona con el azufre elemental "S", para dar un "cal de azufre" que se ha utilizado como insecticida. El ingrediente activo



es Sulfuro de Calcio, cuya fórmula química es:  $\text{CaS}_x$ . La fórmula del polisulfuro de calcio,  $\text{C}_{14}\text{H}_{26}\text{O}_{21}\text{S}_4$ , peso molecular de 658.608 mol. y solubilidad en el agua 3.49 mg/mL (20 °C) (CENTA, 2011, p.2).

Con el fin de evitar los daños causados por las plagas y enfermedades en los cultivos, y el uso de productos alternativos como son los fungicidas naturales, se recomienda el empleo de prácticas culturales que ayudan en la sanidad de los cultivos. Por ejemplo: evitar el riego excesivo del suelo, realizar de podas fitosanitarias, manejo del distanciamiento y densidad de los cultivos para una buena iluminación y aireación, poda de renovación de plantas enfermas, recolección y disposición de frutos dañados, evitar la entrada de personas ajenas a la plantación, desinfectar la vestimenta y calzado en solución de cloro o cal antes de entrar a las parcelas. (CENTA, 2011, p.2)

### 3.2.3.3 La pasta sulfocálcica

Esta pasta es un producto muy versátil, es utilizada en la protección de árboles recién podados y estimular la cicatrización de los mismos, se considera realizar una mezcla de una libra de pasta sulfocálcica en un litro de agua. La aplicación es directa sobre las partes afectadas y se hace con un pincel grueso. (SÁNCHEZ, 1996, p. 2)

Para controlar la cochinilla y repeler insectos dañinos, es recomendable pintar los troncos y las ramas de los árboles que pueden ser afectados, la aplicación es directa con una brocha o pincel. Se diluyen dos libras de pasta sulfocálcica en tres litros de agua. (SÁNCHEZ, 1996, p. 2)

La pasta sulfocálcica es utilizada en la rápida recuperación de árboles frutales cuyos troncos y ramas se encuentren cubiertos por mucho musgo y líquenes. (SÁNCHEZ, 1996, p. 2)

### 3.2.3.4 Cal

Al utilizar la cal es importante que se cal viva ( $\text{CaO}$ ), con un 90% de óxido de calcio y de preferencia no mayor al 5% de magnesio, en razón que forma

compuestos insolubles, aumentando la presencia de sedimentos (HUAMANCHAY, 2013, p. 5)

Al no conseguir cal viva (óxido de calcio), podemos utilizar cal apagada, conocida como cal hidra, teniendo en cuenta que debe ser de calidad, debe utilizarse una tercera parte más con relación a la cal viva, por peso, de lo indicado en la fórmula (HUAMANCHAY, 2013, p. 5).

### **3.2.3.5 Azufre**

En el mercado se tiene varias presentaciones comerciales, como las flores de azufre o sublimado, el azufre común en terrones y el azufre finamente molido. (HUAMANCHAY, 2013, p. 5)

Importante es que la flor de azufre funciona mejor en la preparación del polisulfuro, pero si el azufre molido está finamente pulverizado, puede usarse, siendo considerablemente más barato. El azufre debe contener del 98% al 99% de pureza, este grado lo encontramos en los azufres americanos y también en América Latina. Los azufres nuestros son menos puros, pero también sirven (HUAMANCHAY, 2013, p. 5)

## **3.2.4 Evaluaciones de la roya del café**

### **3.2.4.1 Cuantificación de una epidemia**

Para cuantificar una epidemia, es necesario conocer el concepto, por lo tanto, epidemia, es el cambio en la estructura y función de una población de plantas inducida por la población de un patógeno o varios patógenos, los cuales interactúan en una comunidad e influenciadas por el ambiente (MORA, 2008, p. 75).

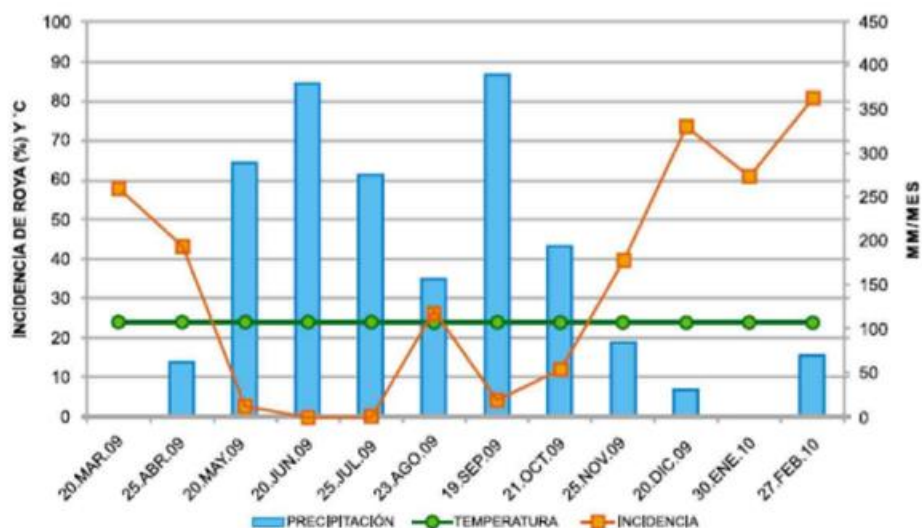
### **3.2.4.2 Incidencia**

Es el porcentaje de plantas u órganos enfermos de una población o una muestra, independientemente del grado de severidad. (MORA, 2008, p. 75).

Es decir, son los individuos que adquirieron la enfermedad, sin considerar la intensidad de los síntomas de la enfermedad evaluada. En el campo



obtenemos la información de la incidencia mediante el conteo de las plantas u órganos enfermos versus las plantas u órganos sanos en una muestra determinada (MORA, 2008, p. 75).



**Figura 9 — Incidencia de la roya**

Extraído de SENASICA, 2016

### Consideraciones en la medición basada en incidencia

Al realizar las mediciones se tiene ventajas y desventajas que lo explicamos a continuación:

**Ventaja:** se obtiene la información con mayor exactitud, precisión y reproducción (menor error de medición), eficiencia (fácil y rápido), Económico (MORA, 2008, p. 75).

**Desventajas:** tiene desventajas en estudios de cierto tipo de análisis (estimación de pérdidas, análisis de tipo correlativo) y puede no ser adecuada para enfermedades no sistémicas (cenicillas u oídios, manchas foliares). (MORA, 2008, p. 75).

#### 3.2.4.3 Severidad

La severidad, es definida como el porcentaje o proporción del tejido u órgano de la planta (hospedante) con síntomas de la enfermedad. Por lo tanto, la severidad es el resultado de integrar el número y tamaño de lesiones



en la planta o hospedante (MORA, 2008, p. 75).

**a) Consideraciones en la medición basada en la severidad**

Al realizar las mediciones de severidad se tiene ventajas y desventajas que lo explicamos a continuación:

**Ventajas:** la información obtenida es flexible sobre todo con propósitos analíticos, adecuado para enfermedades no sistémicas (cenicillas u oídios, manchas foliares). (MORA, 2008, p. 75).

**Desventajas:** presenta un mayor error de medición (menor exactitud, precisión y reproducibilidad), menor eficiencia (más lento y difícil), puede ser costoso. (MORA, 2008, p. 75).

**b) Sistemas visuales de medición de severidad**

Hay diversos métodos automatizados para evaluar y realizar mediciones de la intensidad de una enfermedad como sistemas remotos o sistemas visuales. Entre el sistema visual más utilizado están: escalas de severidad y diagramas de severidad. (MORA, 2008, p. 75).

**Escala de severidad:** una escala de severidad se define por una serie de clases, que contienen intervalos hasta un máximo de severidad posible para una determinada enfermedad. Una escala debe tener suficientes clases para proporcionar una resolución adecuada para diferenciar grados de severidad (MORA, 2008, p. 75).

**Diagramas de severidad:** un diagrama de severidad es una representación pictórica de ciertos grados de severidad, los cuales pueden ser establecidos de diferentes formas dando lugar a diagramas de severidad arbitraria o escalas arbitrarias. (MORA, 2008, p. 75).

Dichos grados de severidad pueden corresponder a intervalos o clases de una escala de severidad, por lo que en la práctica la mayoría de los diagramas de severidad van acompañados de escalas, transformándose

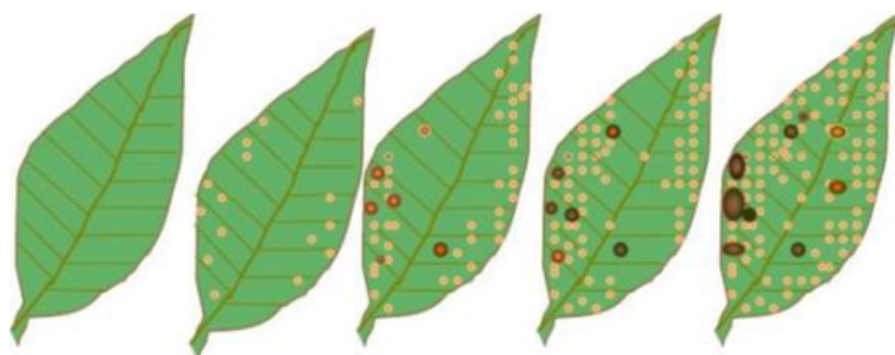


en escalas diagramáticas, ya sea arbitrarias, aritméticas o logarítmicas (MORA, 2008, p. 75).

**Tabla 9 — Escalas de severidad para la roya**

Grado o calificación	Descripción
0	Sano o sin síntomas visibles
1	Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
2	Las manchas empiezan a unirse, llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana
3	Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria, afectando del 21 al 50% del área sana
4	Mayor al 50 del área foliar se encuentra afectada

Fuente: SENASA, 2012



**Figura 10 — Diagrama del grado de la escala de Severidad**

Fuente: SENASA, 2012

García, 2013, pág. 31, afirma que, para determinar la severidad de la roya del café, se utiliza la fórmula siguiente:

$$SEV = \frac{(N0 * 0) + (N1 * 1) + (N2 * 2) + (N3 * 3) + (N4 * 4)}{N * 4} \quad (100)$$

Dónde:

N0 = # Hojas con valor 0 de la escala.

N1 = # Hojas con valor 1 de la escala.

N2 = # Hojas con valor 2 de la escala.

N3 = # Hojas con valor 3 de la escala.

N4 = # Hojas con valor 4 de la escala.

### **Sistemas automatizados de medición de severidad**

Programa 2LOG: se fundamenta en el principio óptico propuesto por Weber – Fechner, el que gráficamente generaría una relación curvilínea entre severidad y niveles de daño o clases de tipo exponencial (MORA, 2008, p. 75).

#### **3.2.4.4 Fitotoxicidad del cafeto**

Es la acción generada por el uso de pesticidas con compuestos químicos, se toma como daño o Fitotoxicidad a aquellas plantas de café que presentan síntomas o daños en los órganos de la planta (MAZARIEGOS, 2013, p. 54)

Los siguientes síntomas son el encrespamiento (acoloramiento) en las hojas de las bandolas bajas de la planta de café adulta y encrespamiento de las hojas de la planta en recepa o siembra nueva; clorosis de hojas en plantas adulta y siembra nueva (MAZARIEGOS, 2013, p. 54)

### **3.3 Marco conceptual**

- a) **Café.** El café son las semillas del cafeto, conocidas como granos de café, que, al ser tostadas, molidas pueden ser consumidas en infusión, es una bebida que es consumida a nivel mundial. (MAMANI 2008, citado por MENESES FLORES el 2012)
- b) **Especies de café.** Plantas que comparten características comunes, en el café hay dos grandes especies genéticas, el cafeto *Coffea arábica* y *Coffea canephora* (Robusta). La arábica es el café “Típica” o “común” que tiene más resistencia a la roya, frente a la otra. (IHCAFE 2001, citado por MENESES FLORES el 2012)
- c) **Variedades.** Tenemos dentro de la especie *Coffea arabica*) variedades Típica, y la (*Coffea canephora*) variedad Catimor. Según las características botánicas de la planta hay múltiples variedades y subvariedades. (MAMANI 2008, citado por MENESES FLORES el 2012)

- d) **Carga fructífera.** Se refiere a la producción de cerezo del café, se mide en qq de café cerezo. (MAMANI 2008, citado por MENESES Flores el 2012)
- e) **Inoculo residual.** Un inoculo es el hongo que queda de una campaña a otra y puede sobrevivir en hojas muy jóvenes y hojas secas. (MARÍN 2012, citado por NAVARRETE y DÍAS, 2020)
- f) **Cafeto.** Es el arbusto cuya producción es el cerezo de café que luego de ser procesado se obtiene los granos de café. (MAMANI 2008, citado por MENESES FLORES el 2012)
- g) **Roya amarilla.** Es un hongo basidiomiceto, aeroalérgeno. El bacidiomiceto *Hemileia vastatrix* es conocido por causar la roya en las plantaciones del café. (VIRGINIO y ASTARGO, 2015, citado por NAVARRETE y DÍAS, 2020)
- h) **Caldo sulfocálcico.** Bio-fungicida compuesto por cal y azufre que forman un caldo mineral, que es utilizado para controlar enfermedades causadas por hongos en los cultivos (RESTREPO 2000, citado por HERRERA, MONZÓN y MENDOZA, 2003)
- i) **Biocida.** Son sustancias cuyo origen puede ser químico, natural o microbiológico, que se utilizan para neutralizar o impedir el daño ocasionado por un patógeno en el cultivo. (GADEA, 2017).
- j) **Abonamiento.** Consiste en aplicar cierta enmienda al suelo ya sea de origen orgánico e inorgánico. (TAYLOR Y SASSER, 1983).
- k) **Abonamiento foliar.** Consiste en aplicar un abono orgánico o inorgánico que se aplica directamente en la parte área de la planta que ayuda a mejorar el follaje, generalmente son abonos ricos en nitrógeno y con algún componente repelente para plagas. (PARRALES, 2021),
- l) **Incidencia.** Es la presencia de un síntoma o lesión que se muestra en una planta, ocasionada por un patógeno, puede medirse en proporciones o porcentajes de plantas u órganos afectados con relación al total analizado (MORA, 2008, p. 75).
- m) **Resistencia del cafeto.** De acuerdo a la incidencia de la roya existen plantas de café cuyos daños son menores que otras de la misma especie en las mismas condiciones, por



lo cual son plantas que de alguna manera han mutado sus genes a unos más resistentes a esta enfermedad. Esto ha permitido crear variedades resistentes a la roya (AVELINO, *et al.* 1999, 21 – 24 pp.).

- n) **Susceptibilidad.** Es cuando en una determinada parcela se da las condiciones para que el hongo de la roya pueda diseminarse tales como altos índices de humedad, poca incidencia solar, y mayor temperatura en el microclima de la parcela de café. Por tanto, se crean parcelas susceptibles a la incidencia de la roya (BARTRA, 2017, pág. 19).
- o) **Severidad.** Es una estimación realizada mediante la observación, que establecen grados de infección o daño en una planta, hoja o fruto, basándose en el tejido enfermo. Resulta de integrar el número de lesiones y tamaño de las lesiones con relación al área total sana de la planta (MORA, 2008, p. 75).
- p) **Daño.** El daño provocado por la roya del café se puede observar en las hojas cubiertas de micelios, hojas amarillentas y hojas caídas prematuramente. Otra característica del daño provocado por la roya es el paloteo del cafeto, donde básicamente no quedan más hojas en la parte aérea que cumplan el proceso de la fotosíntesis (MAZARIEGOS, 2013, p. 54)
- q) **Control biológico.** Es el control de la roya a través de microorganismos biológicos que son patógenos del hongo de la roya y esta a su vez es saludable para el medio ambiente (ROZO y CRISTIANCHO, 2010)
- r) **Fungicidas.** Son productos sintéticos o inorgánicos que tienen cantidades muy concentradas de cobre que es altamente toxico para el suelo, la planta y el agua. Estos productos son de obtención química. (SENASA, 2013, p. 22)
- s) **Productividad.** Es un índice que muestra el rendimiento por ha de cafeto, esto puede ser afectado por la incidencia de la roya. (JULCA-OTINIANO, ALARCÓN-ÁGUILA, ALVARADO-HUAMÁN, BORJAS-VENTURA y CASTRO-CEPERO, 2018)
- t) **Fitotoxicidad.** Es la capacidad de una solución sea este de origen químico o naturales de producir un efecto perjudicial en la planta. (MAZARIEGOS, 2013, p. 54)



## **CAPÍTULO IV METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

#### **4.1.1. Tipo de investigación**

De acuerdo al objetivo de la investigación es experimental, porque se manipulo la variable independiente (niveles o dosis de caldo sulfocálcico) para evaluar el efecto en las variables dependientes: incidencia y severidad de la roya del cafeto y reducción de pérdidas en la producción de café.

De acuerdo a la finalidad, es de aplicativo, porque se resolvió el problema de la incidencia y severidad del daño ocasionado por la roya *Hemileia vastatrix*, en el cafeto, en el sector de Tincuri, Microcuenca de Chirumbia, Quellouno, La Convención - Cusco.

De acuerdo al estudio de las variables, es cuantitativo, porque las variables: Niveles de aplicación de caldo sulfocálcico, incidencia y severidad de la roya en el cafeto (porcentajes) y la reducción de la pérdida de la cosecha (kilogramos) se midieron en unidades establecida en el sistema internacional de medida.

De acuerdo a la temporalidad, es transversal ya que la observación y recojo de información de las variables, se realizó en un solo momento del tiempo, campaña agrícola 2020- 2021.

#### **4.1.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es explicativo, porque damos a conocer el resultado de las variables incidencia y severidad de la roya, y la producción de café, como efecto de la aplicación de cinco niveles de caldo sulfocálcico. Se estableció la relación causa-efecto, mediante el análisis de varianza en un DBCA.



#### 4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación viene hacer todos los procedimientos y acciones que desarrollaremos en la ejecución. Por lo que será de post test en un arreglo de bloques completos al azar, siendo su diseño de investigación el siguiente:

RUE1	X1	O1
RUE2	X2	O2
RUE3	X3	O3
RUE4	X4	O4
RUEY	X5	O5
RUE	X6	O6

Donde:

R: Asignación aleatoria, es decir que las unidades elementales serán asignadas de manera aleatoria a las unidades experimentales

UEi: Unidades experimentales

Xi: Niveles de aplicación de caldo sulfocálcico (condición experimental)

Oi: Una medición de las variables de respuesta (incidencia, severidad y rendimiento) de las unidades elementales después de la manipulación de las dosis de caldo sulfocálcico en café.

El experimento se realizará en un diseño de 3 bloques completos al azar donde cada bloque contendrá cada uno de los tratamientos en estudio, siendo los factores los siguientes:

**Tabla 10 — Tratamientos de la investigación**

Clave	Descripción
T1	Nivel 1 (2% = 0.3 Lt CS) x mochila de 15Lt.
T2	Nivel 2 (7% = 1.05 Lt CS) x mochila de 15 Lt.
T3	Nivel 3 (10% = 1.5 Lt CS) x mochila de 15 Lt.
T4	Nivel 4 (20% = 3.0 Lt CS) x mochila de 15 Lt.
T5	Nivel 5 (30% = 4.5 Lt. CS) x mochila de 15 Lt.
T6	Testigo (0% = 0.0 Lt. CS) x mochila de 15 Lt.

El diseño adoptado será en Bloques Completos al Azar (DBCA).

El modelo lineal general es:



$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Es el k-ésimo elemento perteneciente al j-ésimo Tratamiento al i-ésimo bloque.

$\mu$  = es la media general

$\tau_i$  = es el efecto debido al i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = es el efecto debido al j-ésimo bloque.

$e_{ijk}$  = error experimental del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

### Criterio de bloqueo

Se adopta este criterio por la pendiente del terreno, que muestra una variabilidad en un sentido que influye sobre los tratamientos. Los bloques se construyeron de manera perpendicular a la dirección de la gradiente de variación.

T1, T2, T3, T4, T5: Tratamiento, estímulo o condición experimental

Los tratamientos se van a disponer de forma perpendicular a la pendiente del terreno.

### Aleatorización

Se aleatorizó cada uno de los tratamientos dentro de cada bloque, de forma independiente.

Los tratamientos se van a disponer de forma perpendicular a la pendiente del terreno. El croquis de campo se muestra a continuación:

BLOQUE 1	T1	T5	T3	T2	T4	T6	Pendiente del terreno
BLOQUE 2	T4	T2	T1	T5	T6	T3	
BLOQUE 3	T2	T6	T5	T3	T1	T1	

**Figura 11 — Características del bloque**

T1, T2, T3, T4, T5: Tratamiento, estímulo o condición experimental

En la figura 10, observamos el resultado de la aleatorización en la unidad experimental (UEi), de acuerdo al tratamiento, según el siguiente criterio:

UE1, UE2, ..., UE18 = Número de unidades experimentales

(T1, T2, ..., T5) = Número de tratamientos

Por lo que todas las unidades experimentales de los tratamientos han sido asignados de forma aleatoria, cumpliendo los supuestos de libertad.



### 4.3 Descripción ética de la investigación

Según a las normas de comportamiento del tesista. La investigación realizada es pertinente y original ya que hace frente los problemas que tienen los agricultores con la roya (*Hemileia vastatrix*) en la producción de café (*Coffe arabica*) en la en la Microcuena Chirumbia, Quellouno, se aseguró el rigor científico en la realización de la investigación con un método de investigación valido, y el recojo de los resultados de manera fiable.

Según a las buenas prácticas. Se ha cumplido con los principios éticos, tiendo en consideración citar y realizar las referencias bibliográficas acuerdo al estilo ISO 690, de las fuentes consultadas en la investigación; asimismo sea cumplido con las normas de investigación establecidas por la UNAMBA.

La investigación con vegetales. En la investigación se tuvo en cuenta la protección del ambiente, la diversidad biológica, evitando los impactos negativos en la ejecución. No se ha trabajado con organismos genéticamente modificados (OMG). Se ha desarrollado la tecnología del uso del caldo sulfocálcico en el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) evaluando la incidencia, severidad y rendimiento del cafeto (*Coffea arabica*)

### 4.4 Población y muestra

#### 4.4.1. Población

La población está constituida por plantas de cafeto instaladas en un terreno de una hectárea, en el sector de Tincuri, Microcuena Chirumbia, Quellouno, Provincia de La Convención, Cusco. Para determinar la población se tomó lo siguiente: la cantidad de plantas por parcela experimental que es 84 plantas de cafeto, los 5 tratamientos y un testigo y la repeticiones y bloques. Teniendo en cuenta estos datos se tiene una población de 1 512 plantas de cafeto (Coffe arábica)

#### 4.4.2. Muestra

La muestra estuvo integrada de plantas de cafeto infestadas con roya, a los cuales se aplicaron el tratamiento con niveles de caldo sulfocálcico, y se evaluó la incidencia y severidad del daño, así como la producción de café. Se determina el tamaño de la muestra mediante el método probabilístico.



#### 4.4.3. Método de muestreo

Para el muestreo de las variables dependientes, se utilizó el muestreo probabilístico, mediante el método al azar simple.

#### 4.4.4. Cálculo de tamaño de la muestra

Como conocemos el tamaño de la población del estudio, se calculó el tamaño de la muestra, a un nivel de confianza del 95% de probabilidad de acierto y un 5% de error, con una variabilidad del 50% ( $p = q$ ) positiva o negativa, tomando en cuenta la formula, que se detalla:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * e^2 + z^2 * p * q}$$

Dónde:

**Z:** nivel de confianza para el 95 % de probabilidades es 1.96

**p=q:** variabilidad para optimizar los errores tipo I y II e igual al 50 %.

**N:** población en estudio 1512 plantas de cafeto

**e:** error igual al 5 %

Reemplazando los valores se determinó 306 plantas de cafeto

### 4.5 Procedimiento

El procedimiento de la investigación adopto los criterios del diseño experimental y las prácticas agrícolas adecuadas, teniendo lo siguiente:

#### 4.5.1. Ubicación de la plantación de cafeto afectada con roya

Se ubicó las plantas de cafeto afectadas por la roya en el sector Tincuri, Microcuenca Chirumbia, Quellouno, La Convención - Cusco. La parcela corresponde a la familia Challco Rojas.

Luego se etiquetaron mediante rótulo las unidades elementales a los cuales se les aplicarán el tratamiento correspondiente a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico.

La selección de las unidades elementales son plantas de cafeto afectadas con la roya con presencia de pústulas en el 100% de las hojas, que la producción haya decaído

y la planta en general presente un aspecto de “paloteo” que son ramas con pocas hojas y yemas en crecimiento.

El tipo de roya encontrado coincide con el daño producido por la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*) correspondiente a la raya II.

#### 4.5.2. Las características de la parcela experimental

La parcela ubicada en el sector de Tincuri tiene las siguientes características:

**Tabla 11 — Características de la parcela experimental**

Características	Unidad
Total, de parcelas experimentales	18
Largo del terreno	122 metros
Ancho del terreno	48 metros
Ancho de la UE	14 metros
Largo de la UE	18 metros
Área de la UE	252 metros
Área neta del Ensayo	4536 metros
Área Neta caminos	1320.00
Área total del terreno	5856 metros

Asimismo, se tomó en cuenta las siguientes características:

- a) El área de la parcela seleccionada tiene tendrá 5,856 m<sup>2</sup>, es decir mayor a media hectárea aproximadamente y está en producción.
- b) La edad de la plantación es homogénea entre los cinco años de edad, contando con un nivel de sombra entre 30 y 50%, de la misma especie (*Pacaie ingas* sp) y algunos árboles maderables.
- c) La topografía de la parcela tiene un 30 % de pendiente, con un tipo de suelo ligeramente ácido.
- d) La variedad seleccionada es la variedad “típica o común” que es la variedad seleccionada para la investigación por ser una variedad más vulnerable a la roya del café.
- e) Control de malezas: se realizará el deshierbo manualmente, para ejecutar de mejor manera la investigación.
- f) Fertilización: no se realizará ninguna fertilización para no interferir con los



resultados de la investigación.

#### **4.5.3. Acondicionamiento y aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico**

##### **a) Materiales para la preparación del caldo sulfocálcico:**

Se realizará la preparación del caldo sulfocálcico con los siguientes ingredientes:

- 1 kg Cal viva
- 2 kg de azufre
- 10 Lt. de agua.
- Ollas
- Recipientes

##### **b) Método de preparación:**

- En una olla de 18 litros de capacidad, se puso 6 litros de agua, calentando hasta la ebullición.
- En el recipiente de plástico con 2 litros de agua, se disolvió 1 Kg de cal y se agregó a la olla cuando el agua está hirviendo.
- Cuando se restablece la ebullición de la olla, se agregó espaciosamente los 2 Kg de azufre en polvo, moviendo de manera constante.
- Se agregó los 2 litros de agua que restaban y completamos los 10 litros, sin interrumpir la ebullición y se marcó el nivel alcanzado, el cual hemos mantenido agregando agua para compensar la que se pierde en la evaporación por efecto de la ebullición.
- Continuamos moviendo hasta que la mezcla logre entrar en ebullición fuerte, a partir de ahí, mantenemos la ebullición durante 40 minutos.
- Pasado el tiempo de ebullición, se retiró la olla del fuego y se dejó reposar para que enfríe y se separe por decantación la mezcla líquida de polisulfuro de calcio de los residuos que quedarán en el fondo del recipiente.
- Se trasvasa el líquido sobrante que es el polisulfuro de calcio y se separa del sedimento que es una pasta Sulfocálcico.

##### **c) Dosis de aplicación:**

- T1: 0.3 litros de caldo sulfocálcico/mochila 15 Lt. (2%)
- T2: 1.05 litros de caldo sulfocálcico/mochila de 15 Lt. (7%)
- T3: 1.5 litros de caldo sulfocálcico/mochila de 15 Lt. (10%)

- T4: 3.0 litros de caldo sulfocálcico/mochila de 15 Lt. (20%)
- T5: 4.5 litros de caldo sulfocálcico/mochila de 15 Lt. (30%)
- T6: 0.0 litros de caldo sulfocálcico/mochila 15 Lt. (0%)

**d) Método de aplicación:**

Con el uso de una mochila presurizada con boquilla de plástico se rociará el caldo de abajo hacia arriba (sin emparar la planta).

**e) Modo de aplicación:**

- Parte aérea de la planta: hojas y tallos
- Suelo: alrededor de la planta

**f) Tiempo de aplicación:**

La aplicación tuvo un intervalo de 30 días entre cada aplicación, durante seis meses. Iniciando el 23 de enero del 2021, con un total de 6 aplicaciones en las siguientes fechas:

**Tabla 12 — Fecha de aplicación del caldo sulfocálcico.**

Aplicaciones	Fecha
1ra APLICACIÓN	23/01/2021
2da APLICACIÓN	23/02/2021
3ra APLICACIÓN	23/03/2021
4ta APLICACIÓN	23/04/2021
5ta APLICACIÓN	23/05/2021
6ta APLICACIÓN	23/06/2021

**g) Tiempo de evaluación:**

A partir del día 45 de la aplicación, con 3 evaluaciones, en las siguientes fechas:

**Tabla 13 — Fecha de evaluaciones**

Evaluación antes de la evaluación	Fecha
1ra EVALUACIÓN	10/03/2021
2da EVALUACIÓN	8/05/2021
3ra EVALUACIÓN	8/07/2021



**h) Herramientas:**

Para la aplicación se utilizará herramientas como mochila de aspersión con boquilla de plástico, balde con tapa de 10 litros.

**i) Costo de producción del café con aplicaciones de caldo sulfocálcico**

El costo de producción pertenece a una parcela con 8 años de plantación, sin considerar costos de plantación de café.

**Tabla 14 — Costo de producción de una hectárea de café**

Item	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo Parcial
Deshierbe	Día	40	40.00	1600.00
Abonamiento	Día	10	40.00	400.00
Poda	Día	10	40.00	400.00
Cosecha	Día	40	40.00	1600.00
Post cosecha	Día	12	40.00	480.00
Preparación de caldo sulfocálcico	litros	200	3.00	600.00
Total				5,080.00

**4.5.4. Evaluación de las variables en estudio**

La evaluación de las variables dependientes, fue entre los 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos:

**a) Evaluación de la incidencia**

Se utilizó el método probabilístico y se evaluó de acuerdo al tamaño de muestra las plantas afectadas respecto al número total de plantas el cual se determinará mediante la siguiente relación. Se midió los síntomas que presenten las plantas de cafeto, como puntos amarillos en el haz y en envés de las hojas.

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{número de plantas afectadas} * 100}{\text{Número total de plantas}}$$

La incidencia es evaluada por cada tratamiento registrando el valor porcentual



antes de la aplicación entre 45 y 60 días después de la aplicación, luego los resultados de la incidencia fueron homogenizados para una hectárea del cultivo de café.

#### **b) Evaluación de la Severidad**

La severidad fue evaluada por cada tratamiento registrando el valor porcentual antes de la aplicación de los tratamientos y entre 45 a 60 días después de la aplicación los datos serán calculados mediante la fórmula siguiente.

$$\% \text{ de Severidad del daño en la planta} = \frac{\text{Área afectada en la planta} * 100}{\text{Área total en la planta}}$$

$$\% \text{ de Severidad} = \frac{\% \text{ Area foliar afectada} \times \text{cada planta}}{\text{N}^\circ \text{ plantas}}$$

Luego los resultados de la severidad de daño fueron homogenizados para una hectárea de cultivo de café.

#### **c) Evaluación de la producción del cafeto**

Se realiza la evaluación del cafeto, en dos oportunidades, obteniéndose dos cosechas de cerezo que fueron homogenizados para una hectárea de cultivo de café.

### **4.5.5. Material de investigación**

En la investigación, se utilizaron los materiales que detallo a continuación:

#### **a) Materiales y herramientas**

- Cal viva
- Azufre
- Estacas de madera
- Alambre negro n° 16
- Alicates de 8"
- Pititas (piolas)
- Olla de 18 litros de capacidad
- Recipiente de plástico de 2 litros de capacidad
- Recipiente con tapa de 10 litros
- Agua sin cloro

**b) Equipos e instrumentos de campo**

- Termómetro.
- Cronómetro
- Mochila presurizada de 15 litros
- Computador
- Impresora
- Cámara digital
- Calculadora
- Regla milimétrica

**c) Material biológico**

- Plantas de cafeto infestadas con roya

**d) Material de oficina**

- Libreta de campo
- Material bibliográfico
- Lápiz, lapicero
- Borradores
- CDs
- Marcadores
- Etiquetas
- Papel Bond A4

**4.6 Técnica e instrumentos**

La información recogida en la investigación fue registrada en fichas de evaluación, por cada unidad experimental y tratamiento, los datos se obtuvieron por observación y conteo, de acuerdo a la tabla de operacionalización de variables.

Se registraron los datos de las variables de respuesta cada 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos durante 166 días (1 aplicación cada 30 días) luego se realizó el análisis de datos.

Posteriormente se realizará el análisis descriptivo de las variables a partir de los estadísticos



de media, desviación estándar y coeficiente de variación. Para el conjunto de datos de cada tiempo de lectura (45 y 60 días) de cada tratamiento y sus repeticiones. Se realizó el análisis de varianza de los 5 Tratamientos y el testigo de cada bloque de manera independiente y la interacción correspondiente.

El procesamiento de datos será en programas como Microsoft Excel y SPSS – 25 con la finalidad de realizar un diseño de bloques completos al azar con un variable independiente frente a las variables respuesta; también se utilizará el programa Word para el procesamiento del texto.

#### 4.7 Análisis estadístico

El trabajo experimental, realizó la homogenización de datos para una hectárea de cultivo de cafeto, posteriormente se validarán los datos mediante las siguientes pruebas estadísticas:

##### 4.7.1. Homogeneidad de varianzas

Se verificó con el estadístico de Levene que consiste en probar una hipótesis de cada uno de los factores considerando la diferencia de la puntuación individual respecto de la media de su grupo (tratamiento). La regla para rechazar la hipótesis de homogeneidad será si el valor p (Sig.) es menor que 0.05.

**Tabla 15 — Prueba de homogeneidad de varianza de las variables**

Variabes	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
% Incidencia 1Eval	0.366	2	15	0.700
% Incidencia 2Eval	0.142	2	15	0.868
% Incidencia 3Eval	1.186	2	15	0.332
G. Severidad 1Eval	0.613	2	15	0.555
G. Severidad 2Eval	0.034	2	15	0.967
G. Severidad 3Eval	1.384	2	15	0.281
Rendimiento Kg/Ha	0.292	2	15	0.751

Hipótesis de homogeneidad:

Ho: Las varianzas de las variables en estudio son iguales

H1: Las varianzas de las variables en estudio son diferentes

Según la tabla 8, El valor de la significancia es superior a 0.05 (Sig.>0.05) concluimos que no rechazamos la hipótesis nula y aceptamos que las variables de la investigación son iguales es decir homogéneas.

#### 4.7.2. Normalidad de datos

Se verificará utilizando el estadístico de Shapiro Wilk ( $n \leq 50$ ) el cual prueba la hipótesis que los datos provienen de poblaciones normales. La regla para rechazar la hipótesis de normalidad será si el valor p (Sig.) es menor que 0.05.

**Tabla 16 — Prueba de normalidad de las variables**

Variable	Significancia de los tratamientos al 95%					
	T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	T5=4.5Lt. CS x M.15Lt.	T6=0.0Lt. CS. x M.15Lt.
% Incidencia 1Eval	0.843	0.820	0.098	0.107	0.952	0.298
% Incidencia 2Eval	0.162	0.206	0.077	0.253	0.612	0.144
% Incidencia 3Eval	0.780	0.780	0.115	0.123	0.231	0.826
G. Severidad 1Eval	0.448	0.523	0.225	0.150	0.919	0.840
G. Severidad 2Eval	0.899	0.116	0.263	0.974	0.453	0.843
G. Severidad 3Eval	0.646	0.423	0.127	0.963	0.189	0.430
Rendimiento Kg/Ha	0.902	0.443	0.395	0.163	0.148	0.420

##### a. Corrección de significación de Lilliefors

Hipótesis de normalidad.

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

H1: Los datos no provienen de una distribución normal

Al observar los niveles de significancia para cada variable y tratamiento se observa que los valores son mayores que 0.05 (Sig.>0.05) por lo que no se puede rechazar Ho, en ese sentido se acepta que los datos proceden de una distribución normal.

Luego del cumplimiento de normalidad y homogeneidad de variables, procedí a



procesar los datos, para dar respuesta a los objetivos de la investigación, mediante los estadísticos descriptivos y la hipótesis de la investigación con la prueba de análisis de varianza y Tukey.

### 4.7.3. Hipótesis estadísticas

#### a) Hipótesis estadísticas

Se realiza la prueba de hipótesis será mediante la tabla ANOVA a través del estadístico F de Fisher.

**Tabla 17 — Análisis de varianza**

Modelo	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Fc
Bloques	b-1	SCBL	MCBL=SCBL/(b-1)	MCTR/MCE
Tratamientos	t-1	SCTR	MCTR=SCTR/(t-1)	
Error experimental	(t-1) (b- 1)	SCE	MCE=SCE/(n-b-t+1)	
Total	tr – 1	SCT		

**Donde:**

GL: Grados de libertad

CM: Cuadrados medios

F: Valor de Fisher

SCB: Suma de cuadrados de bloques

SCT: Suma de cuadrados del total

SCE: Suma de cuadrados del error

b : Número de bloques

t : Número de tratamientos

MCBL: Media cuadrática de bloques

MCTR: Media cuadrática de tratamientos

MCE : Media cuadrática del error experimental

Fc : F de Fisher calculado.



### **Formulación de hipótesis nulas y alternas**

En la formulación de la hipótesis nula y alterna (hipótesis estadísticas) tomamos en consideración las hipótesis de investigación, en el nivel general y en el nivel específico según a lo siguiente:

#### **Hipótesis para tratamientos:**

H0:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$ ; (El efecto de los tratamientos en la variable Xi es el mismo)

H1:  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$ ; (Existe un efecto atribuible a los tratamientos en la variable Xi)

#### **Donde:**

H0: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alterna

$\mu_1$ : Promedio de las variables Xi en el tratamiento 1

$\mu_2$ : Promedio de las variables Xi en el tratamiento 2

$\mu_3$ : Promedio de las variables Xi en el tratamiento 3

$\mu_4$ : Promedio de las variables Xi en el tratamiento 4

$\mu_5$ : Promedio de las variables Xi en el tratamiento 5

$\mu_6$ : Promedio de las variables Xi en el tratamiento 6

#### **Hipótesis para bloques**

H0:  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 =$ ; (El efecto de los bloques en la variable Xi es el mismo)

H1:  $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$ ; (Existe un efecto atribuible a los bloques en la variable Xi)

#### **Donde:**

$\beta_1$ : Promedio de las variables Xi en el bloque 1

$\beta_2$ : Promedio de las variables Xi en el bloque 2

$\beta_3$ : Promedio de las variables Xi en el bloque 3

### **b) Modelo Estadístico**

La selección del estadístico para la prueba de hipótesis, es para datos cuantitativos y comparación de promedios múltiples, por lo que se acudió al estadístico de F de Fisher de la tabla ANOVA tomando en consideración que el nivel de significancia ( $\alpha$ ) definido como la máxima probabilidad de cometer el



error tipo I, será de 5%, luego se acudiría a las tablas F de Fisher estandarizadas y luego comparadas con el estadístico  $F_c$  de la tabla ANOVA.

El modelo estadístico asociado al diseño experimental se expone a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \end{cases}$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta observada o medida en el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = media general de la variable respuesta

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = error asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

### Supuestos

$$\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$$

No existe interacción entre bloque y tratamiento, lo que significa que un tratamiento no debe modificar su acción (o efecto) por estar en uno u otro bloque.

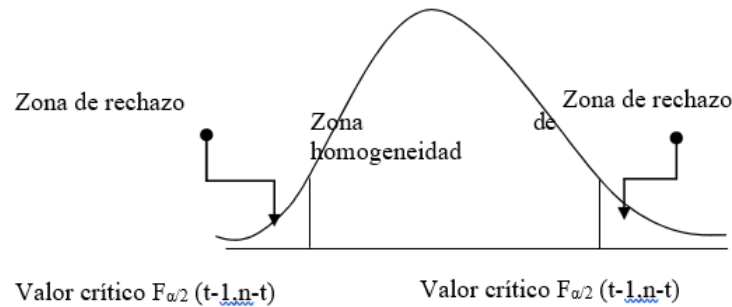
### c) Nivel de significancia

El nivel de significancia será de 0.05 para la prueba de hipótesis para cada factor independiente y para la interacción de factores. Para la prueba de comparación múltiple de promedios con el método de Tukey el nivel de significancia será de 0.05

### d) Región crítica o regla de decisión

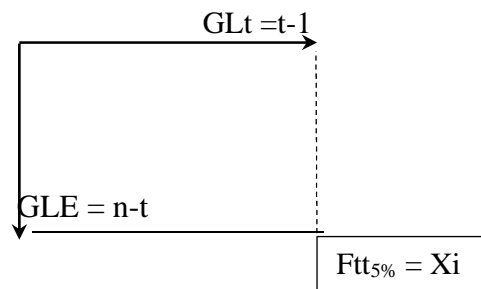
Se determina las condiciones para rechazar o aceptar las hipótesis. Debido a que las hipótesis estadísticas están formuladas para cada factor y sus interacciones, se estableció la región crítica para el rechazo de la hipótesis nula mediante la prueba de dos colas.





**Figura 12 — Criterio de prueba de hipótesis para los efectos de los factores y sus interacciones**

Luego se obtuvo el estadístico de prueba F tabular a un nivel de significancia de 0.05 de acuerdo al siguiente gráfico.



**Figura 13 — Valor Xi del estadístico F de Fisher tabular**

Donde:

GLE: Grados de libertad del error

GLt: Grados de libertad de tratamiento (factores y sus interacciones) Ftt5%: Valor de F tabular al nivel de significancia de 0.05

Luego se establecerá el criterio de rechazar la hipótesis nula  $H_0$ :

Se rechaza  $H_0$  cuando el valor de F calculado de la tabla ANOVA ( $F_c$ ) es mayor que F tabular o crítico ( $|F_c| > F_{\alpha/2}(t-1, n-t)$ ).

Donde:

$F_c$ : Estadístico F de Fisher calculado mediante el análisis de varianza

$F_{\alpha/2}$ : Estadístico F de Fisher determinada en la tabla F estandarizada a un nivel de confianza alfa ( $\alpha$ ) con (t-1) grados de libertad para cada factor y sus interacciones y (n-t) grados de libertad para el error.

Para rechazar la  $H_0$ : cuando el valor-p < 0,05

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

Se describe los *resultados* para cada uno de los objetivos observados por efecto de la aplicación de los tratamientos.

##### 5.1.1. Reducción de la incidencia de la roya en el cafeto

Se realizaron tres evaluaciones para observar la reducción de la incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), en el café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.

##### a) Primera evaluación de incidencia de la roya en el cafeto

La primera evaluación, de la incidencia se realizó a los 46 días de la primera aplicación y a los 15 días de la segunda aplicación del caldo sulfocálcico

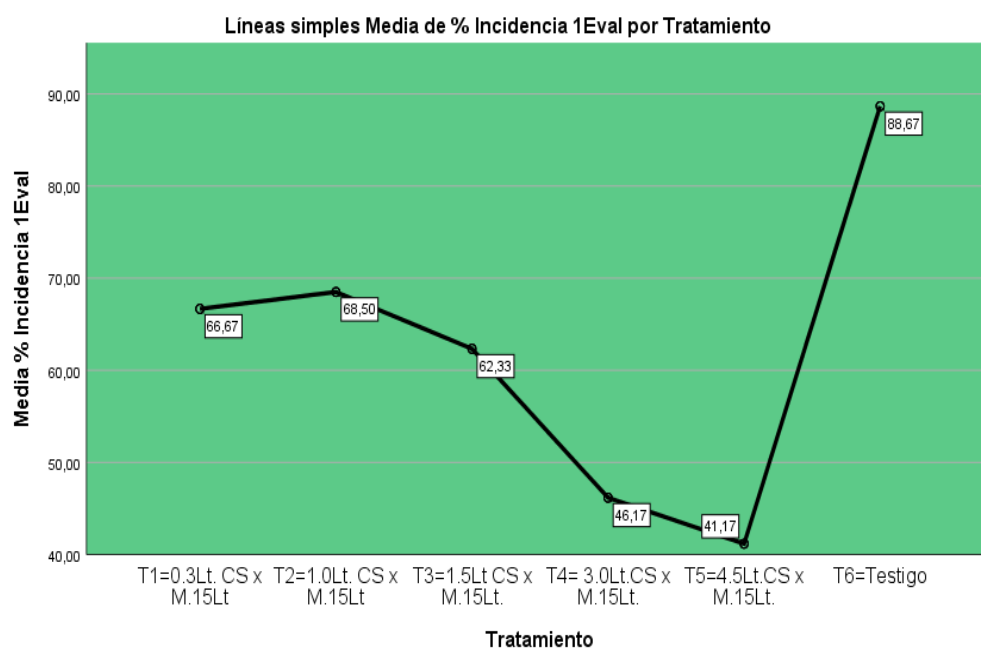
**Tabla 18 — Estadísticos descriptivo del porcentaje de incidencia primera evaluación**

Tratamiento	% Incidencia 1Eval			
	Media	Desviación estándar	95,0% CL inferior para media	95,0% CL superior para media
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	66.67	3.51	57.94	75.39
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	68.50	13.81	34.19	102.81
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	62.33	14.60	26.07	98.60
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	46.17	4.48	35.03	57.30
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	41.17	5.75	26.88	55.45
T6=Testigo	88.67	3.21	80.68	96.65

En la tabla 11, se observa, la primera evaluación realizada al porcentaje de incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el café (*Coffea arabica*). Se encontró que el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt, muestra una presencia con una media

de 41.17%, seguido por el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. con 46.17%, el T3=1.5Lt CS x M.15Lt. tiene 62.33%, el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt tiene 66.67% y finalmente el T6=Testigo con 88.16%.

Se concluye que la aplicación de niveles de caldo sulfocálcico, sobre todo el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. muestra 41.17% de presencia de la incidencia de la roya, frente al T6=Testigo 88.67%. mostrando una reducción de la roya en el café.



**Figura 14 — Perfil de medias de incidencia de la roya primera evaluación**

En la figura 13, observamos que la aplicación de los cinco tratamientos de caldo sulfocálcico tiene efectos favorables en la incidencia de la roya, mostrando promedios de 41.17%, 46.17%, 62.33%, 66.67% y 68.50% menores frente al tratamiento testigo de 88.67%.

**b) Segunda evaluación de incidencia de la roya en el café**

La segunda evaluación, de la incidencia se realizó a los 46 días de la tercera aplicación y a los 15 días de la cuarta aplicación.

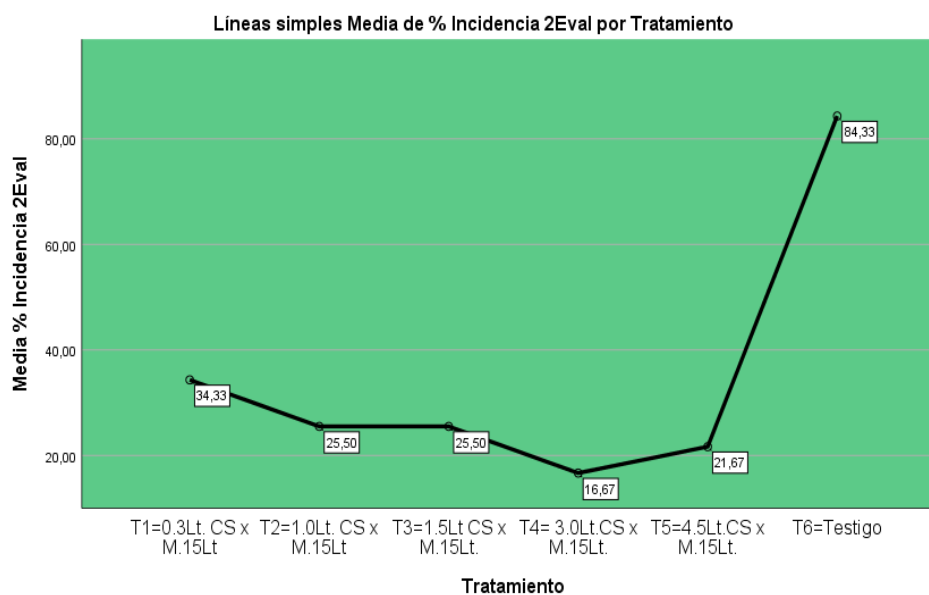


**Tabla 19 — Estadísticos descriptivo del porcentaje de incidencia segunda evaluación**

Tratamiento	% Incidencia 2Eval			
	Media	Desviación estándar	95,0% CL inferior para media	95,0% CL superior para media
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	34.33	8.84	12.38	56.28
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	25.50	13.94	9.12	60.12
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	25.50	18.63	20.79	71.79
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	16.67	1.89	11.96	21.37
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	21.67	7.15	3.91	39.42
T6=Testigo	84.33	3.33	76.06	92.60

En la tabla 12, se observa, la segunda evaluación realizada al porcentaje de incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el café (*Coffea arabica*). Se encontró que el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. muestra una presencia con una media de 16.67%, seguido por el T5= 4.5Lt.CS x M.15Lt. con 21.26%, el T3=1.5Lt CS x M.15Lt y el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt muestran 25.50%, el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt tiene 34.33% y finalmente el T6=Testigo con 84.33%.

Se concluye que la aplicación de niveles de caldo sulfocálcico, sobre todo el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. muestra 21.67% de presencia de la incidencia de la roya, frente al T6=Testigo 84.33%. mostrando una reducción de la roya en el cafeto.



**Figura 15 — Perfil de medias de incidencia de la roya segunda evaluación**



En la figura 14, observamos que la aplicación de los cinco tratamientos de caldo sulfocálcico tiene efectos favorables en la incidencia de la roya, mostrando promedios de 16.67%, 21.67%, 25.50% y 34.33% menores frente al tratamiento testigo de 84.33%.

### c) Tercera evaluación de incidencia de la roya en el café

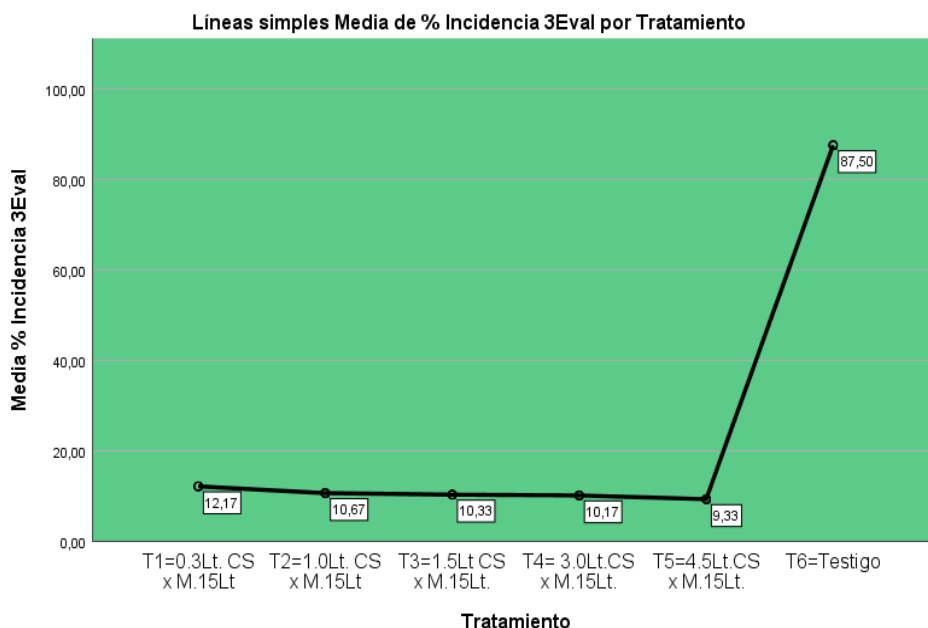
La tercera evaluación, de la incidencia se realizó a los 46 días de la quinta aplicación y a los 15 días de la sexta aplicación

**Tabla 20 — Estadísticos descriptivo del porcentaje de incidencia tercera evaluación**

Tratamiento	% Incidencia 3Eval			
	Media	Desviación estándar	95,0% CL inferior para media	95,0% CL superior para media
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	12.17	2.52	5.92	18.42
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	10.67	1.26	7.54	13.79
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	10.33	1.61	6.34	14.33
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	10.17	0.58	8.73	11.60
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	9.33	1.15	6.46	12.20
T6=Testigo	87.50	4.77	75.65	99.35

En la tabla 13, se observa, la tercera evaluación realizada al porcentaje de incidencia de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el café (*Coffea arabica*). Se encontró que el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. muestra una presencia media 9.33%, seguido por T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. muestra una media de 10.17%, seguido por el T3=1.5Lt CS x M.15Lt con una media de 10.33%, el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt con 10.67%, el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt tiene 12.17% y finalmente el T6=Testigo con 87.50%.

Se concluye que la aplicación de niveles de caldo sulfocálcico, sobre todo el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. muestra 10.17% de presencia de la incidencia de la roya, frente al T6=Testigo 87.50%. mostrando una reducción de la roya en el café.



**Figura 16 — Perfil de medias de incidencia de la roya segunda evaluación**

En la figura 15, observamos que la aplicación de los cinco tratamientos de caldo sulfocálcico tiene efectos favorables en la reducción de la incidencia de la roya, mostrando promedios de 9.33%, 10.17%, 10.33%, 10.67% y 12.17% menores frente al tratamiento testigo de 87.50%.

### 5.1.2. Grado de severidad de la roya del café

Se realizaron tres evaluaciones para observar e identificar el grado de severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), en el café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.

#### a) Primera evaluación de grado de severidad de la roya en el café

La primera evaluación, del grado de severidad de la roya se realizó a los 46 días de la primera aplicación y a los 15 días de la segunda aplicación del caldo sulfocálcico

**Tabla 21 — Estadísticos descriptivo del grado de severidad primera evaluación**

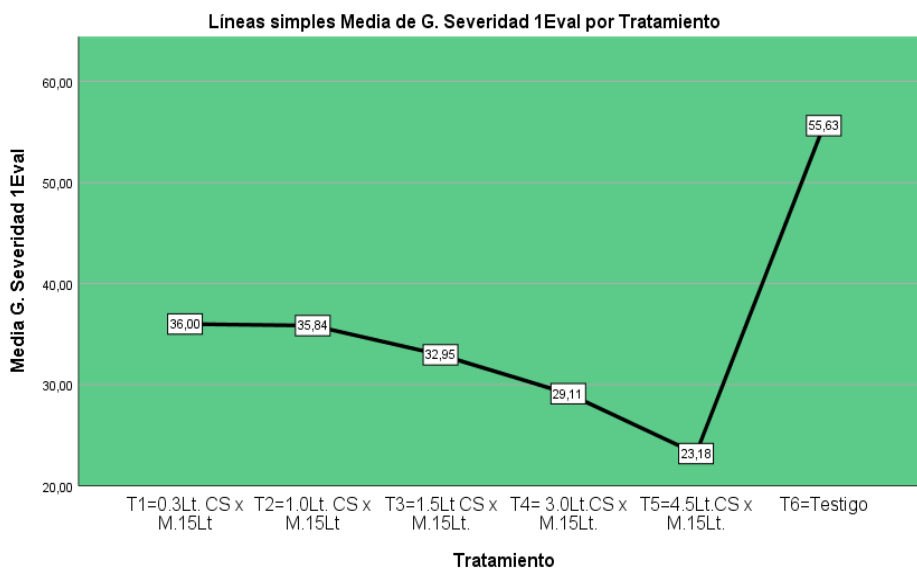
	G. Severidad 1Eval			
	Media	Desviación estándar	95,0% CL inferior para media	95,0% CL superior para media
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	36.00	8.57	14.71	57.30
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	35.84	3.88	26.20	45.48
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	32.95	0.94	30.63	35.28



T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	29.11	0.83	27.04	31.17
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	23.18	5.69	9.06	37.30
T6=Testigo	55.63	5.46	42.07	69.19

En la tabla 14, se observa, la primera evaluación realizada al grado de severidad de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el café (*Coffea arabica*). En la base a la norma técnica del SENASA, 2003 determino el grado de severidad. Se encontró que el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt, tiene una media de 23.18%, seguido por el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. con 29.11%, el T3=1.5Lt CS x M.15Lt. tiene 32.95%, el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt tiene 35.84% y el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt tiene 36.00%, los tratamientos corresponden al grado tres (3) de severidad y el T6=Testigo con 55.63% a un grado cuatro (4).

Se concluye que la aplicación de niveles de caldo sulfocálcico, muestran una reducción del grado de severidad sobre todo el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. muestra una media de 23.18%, grado tres (3) de severidad de la roya, frente al T6=Testigo con 55.63% a un grado de cuatro (4) de la roya en el cafeto.



**Figura 17 — Perfil de medias de grado de severidad de la roya primera evaluación**

En la figura 16, observamos que la aplicación de los cinco tratamientos de caldo sulfocálcico tiene efectos favorables en el grado de severidad de la roya, mostrando promedios de 23.18%, 29.11%, 32.95%, 35.84% y 36.00% menores grado de severidad tres (3) frente al tratamiento testigo de 55.63%. con un grado de severidad cuatro (4), mayor a los tratamientos.



**b) Segunda evaluación de grado de severidad de la roya en el cafeto**

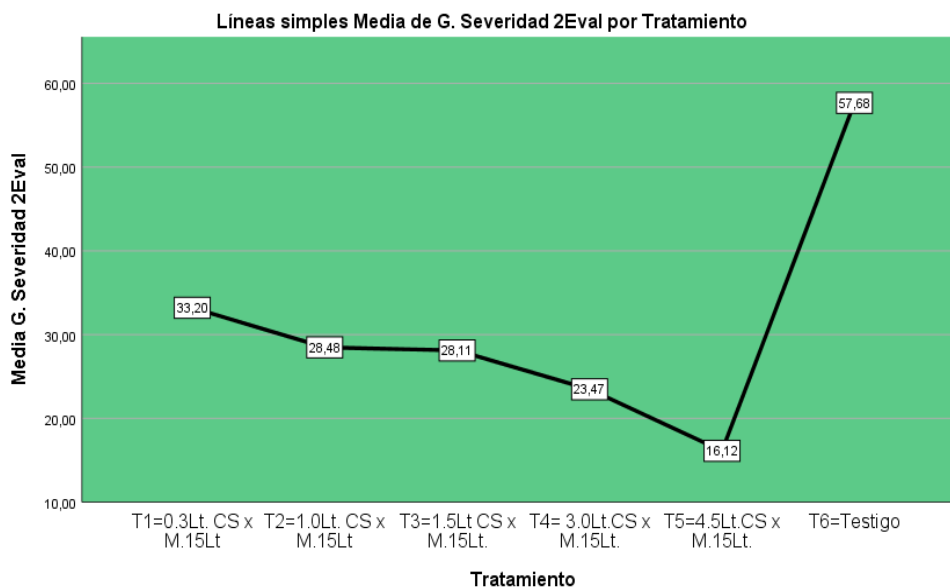
La segunda evaluación, del grado de severidad de la roya se realizó a los 46 días de la tercera aplicación y a los 15 días de la cuarta aplicación del caldo sulfocálcico.

**Tabla 22 — Estadísticos descriptivo del grado de severidad segunda evaluación**

Tratamiento	G. Severidad 2Eval			
	Media	Desviación estándar	95,0% CL inferior para media	95,0% CL superior para media
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	33.20	6.92	16.00	50.41
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	28.48	5.10	15.82	41.14
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	28.11	0.60	26.63	29.59
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	23.47	2.54	17.16	29.78
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	16.12	4.57	4.77	27.47
T6=Testigo	57.68	2.40	51.72	63.63

En la tabla 15, se observa, la segunda evaluación realizada al grado de severidad de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el café (*Coffea arabica*). En la base a la norma técnica del SENASA 2003 se determinó el grado de severidad. Se encontró que el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt, tiene una media de 16.12%, que corresponde al grado dos (2) de severidad. Seguidamente se tiene el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. con 23.47%, el T3=1.5Lt CS x M.15Lt. tiene 28.11%, el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt tiene 28.48% y el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt tiene 33.20%, los tratamientos corresponden al grado tres (3) de severidad y el T6=Testigo con 57.68% corresponde a un grado cuatro (4) de severidad.

Se concluye que la aplicación de niveles de caldo sulfocálcico, muestran una reducción del grado de severidad sobre todo el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. muestra una media de 16.12%, grado tres (2) de severidad de la roya, los tratamientos T1, T2, T3 y T4, corresponden al grado tres (3) de severidad frente al T6=Testigo con 57.68% corresponde a un grado de cuatro (4) de la roya en el cafeto.



**Figura 18 — Perfil de medias de grado de severidad de la roya segunda evaluación**

En la figura 17, observamos que la aplicación de los cinco tratamientos de caldo sulfocálcico tiene efectos favorables en el grado de severidad de la roya, mostrando el T5 promedio de 16.12% con un grado de severidad dos (2), seguidamente los promedios T4, 23.47%, T3 28.11%, T2 28.48% y T1, 33.20% con grado de severidad tres (3) frente al tratamiento testigo de 57.68%. con un grado de severidad cuatro (4), mayor a los tratamientos con caldo sulfocálcico.

**c) Tercera evaluación de grado de severidad de la roya en el cafeto**

La segunda evaluación, del grado de severidad de la roya se realizó a los 46 días de la tercera aplicación y a los 15 días de la cuarta aplicación del caldo sulfocálcico.

**Tabla 23 — Estadísticos descriptivo del grado de severidad tercera evaluación**

Tratamiento	G. Severidad 3Eval			
	Media	Desviación estándar	95,0% CL inferior para media	95,0% CL superior para media
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	28.91	5.80	14.51	43.32
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	24.36	4.46	13.29	35.43
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	23.16	0.55	21.79	24.53

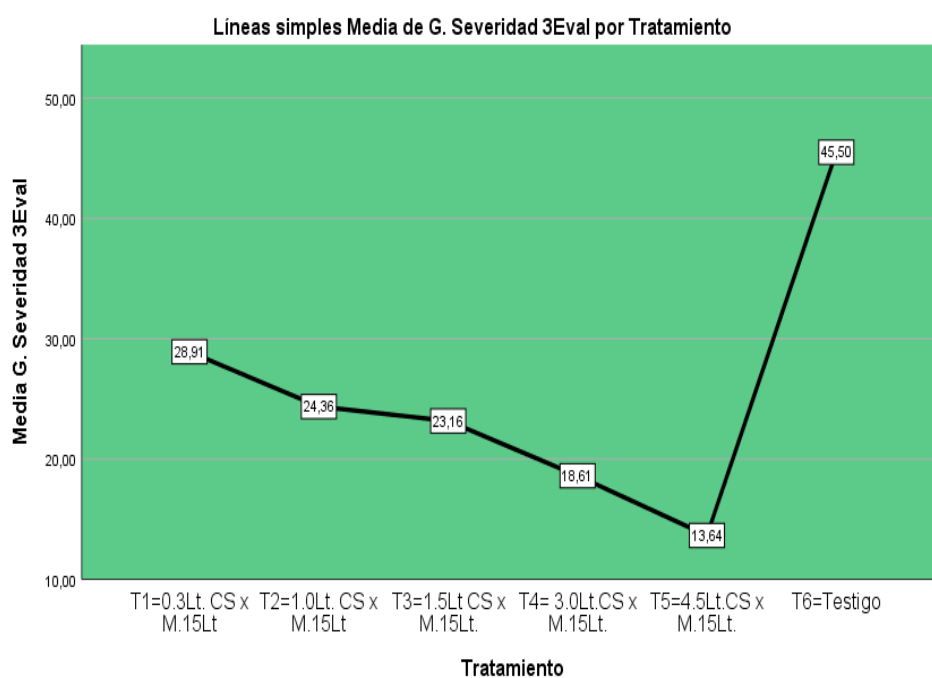


T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	18.61	1.95	13.77	23.44
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	13.64	4.30	2.97	24.32
T6=Testigo	45.50	15.75	6.39	84.62

En la tabla 16, se observa, la tercera evaluación realizada al grado de severidad de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el café (*Coffea arabica*). En la base a la norma técnica del SENASA 2003, se determinó el grado de severidad. Se encontró que el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt, tiene una media de 13.64% y T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. con 18.61%, que corresponde al grado dos (2) de severidad.

Seguidamente se tiene el T3=1.5Lt CS x M.15Lt. tiene 23.16%, el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt tiene 24.36% y el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt tiene 28.91%, los tratamientos corresponden al grado tres (3) de severidad y el T6=Testigo con 45.50% corresponde a un grado cuatro (4) de severidad.

Se concluye que la aplicación de niveles de caldo sulfocálcico, muestran una reducción del grado de severidad sobre todo el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. con una media de 13.64% y T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. con 18.61% corresponde al grado tres (2) de severidad de la roya, los tratamientos T1, T2 y T3, corresponden al grado tres (3) de severidad frente al T6=Testigo con 45.50% corresponde a un grado de cuatro (4) de la roya en el cafeto.



**Figura 19 — Perfil de medias de grado de severidad de la roya tercera evaluación**



En la figura 18, observamos que la aplicación de los cinco tratamientos de caldo sulfocálcico tiene efectos favorables en el grado de severidad de la roya, mostrando el T5 con una media de 13.64% y T4 con una media 18.61% corresponden al grado de severidad dos (2), seguidamente los promedios T3, 23.16%, T2 24.36%, y T1, 28.91% con grado de severidad tres (3) frente al tratamiento testigo de 45.50%. con un grado de severidad cuatro (4), mayor a los tratamientos con caldo sulfocálcico.

### 5.1.3. Rendimiento del cafeto

Se realizaron dos evaluaciones y se obtuvieron los promedios de rendimientos de las plantas del café (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno, obtenidos luego de dos cosechas de café pertenecientes a la misma campaña, debido a que la maduración de los frutos no se produjo de manera homogénea.

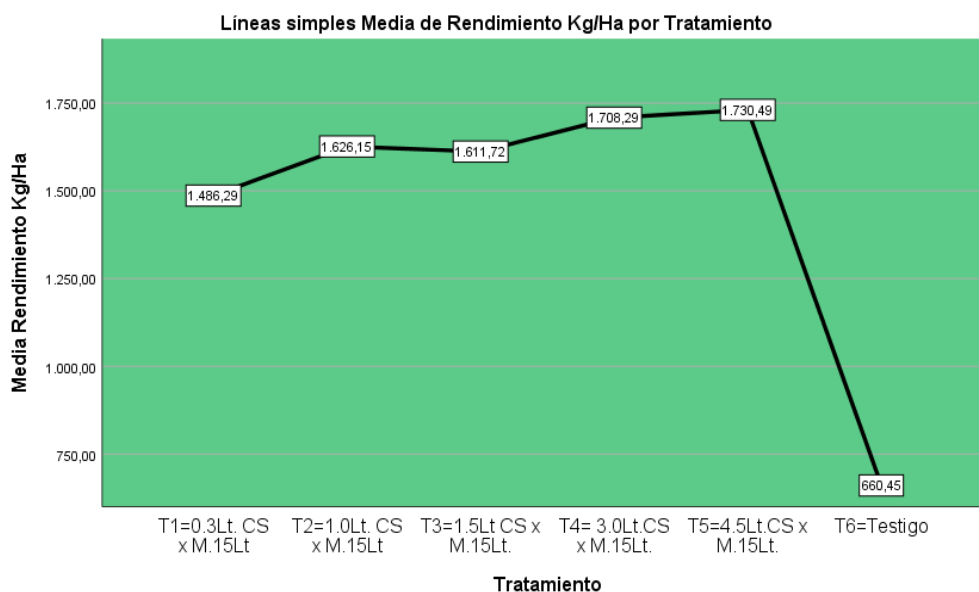
**Tabla 24 — Estadísticos descriptivo del rendimiento de café**

Tratamiento	Rendimiento Kg/Ha			
	Media	Desviación estándar	95,0% CL inferior para media	95,0% CL superior para media
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	1486.29	159.89	1089.11	1883.47
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	1626.15	25.21	1563.51	1688.79
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	1611.72	147.09	1246.34	1977.10
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	1708.29	40.37	1608.00	1808.58
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	1730.49	44.97	1618.79	1842.19
T6=Testigo	660.45	50.54	534.91	785.99

En la tabla 17, se observa, la evaluación del rendimiento en el café (*Coffea arabica*). En la base a la norma técnica del SENASA, 2003 se determinó el rendimiento. Se encontró que el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt, tiene una media de 1730.49 kg/Ha, seguido por el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt. con 1708.29 Kg/Ha, el T3=1.5Lt CS x M.15Lt. tiene 1611.72kg/Ha, el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt tiene 1626.15 Kg/Ha y el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt tiene 1486.29 Kg/Ha, los tratamientos son superiores en rendimiento frente al T6=Testigo con 660.45Kg/Ha.



Se concluye que la aplicación de niveles de caldo sulfocálcico, muestran un mayor rendimiento con T5 de 1730.49 kg/Ha y el T1 de 1486.29 Kg/Ha frente al T6=Testigo con 660.45Kg/Ha, esto es a causa de la roya del cafeto.



**Figura 20 — Perfil de medias de rendimiento de la roya primera evaluación**

En la figura 19, observamos que la aplicación de los cinco tratamientos de caldo sulfocálcico tiene efectos favorables en el rendimiento, mostrando promedios de T1= 148.29 Kg/Ha, T2= 1626.15Kg/Ha, T3= 1611.72 Kg/Ha, T4=1708.29 Kg/Ha, rendimientos superiores al tratamiento testigo de 660.45Kg/Ha.

## 5.2 Contratación de hipótesis

Se realiza el contraste de hipótesis

### 5.2.1. Prueba de hipótesis para reducción de la incidencia de la roya en el cafeto

Se plantea las hipótesis para la prueba:

**Para el modelo.**

H0: El modelo general no es lineal de la forma:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

H1: El modelo general es lineal de la forma:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$ = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

$\mu$  = es la media general del porcentaje de reducción de la incidencia de la roya en el



cafeto

$T_i$  = efecto debido al  $i$  ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto del  $j$  ésimo bloque.

$E_{ij}$  = error experimental asociado al  $j$  ésimo bloque del  $i$  ésimo tratamiento.

**Para los tratamientos.**

Hipótesis nula  $H_0$ :  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

Hipótesis alterna  $H_1$ :  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$

Donde:

$\mu_1$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el tratamiento 1

$\mu_2$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el tratamiento 2

$\mu_3$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el tratamiento 3

$\mu_4$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el tratamiento 4

$\mu_5$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el tratamiento 5

$\mu_6$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el tratamiento testigo

**Para bloques.**

Hipótesis nula  $H_0$ :  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

Hipótesis alterna  $H_1$ :  $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$

Donde:

$\beta_1$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el bloque I.

$\beta_2$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el bloque II

$\beta_3$  = Media de la reducción de incidencia de la roya en el cafeto en el bloque III

Para el contraste de las hipótesis planteadas, para el modelo, tratamientos y bloques se realiza la prueba de análisis de variancia cuyos resultados a un nivel de confianza para la prueba de 95%, se describe:



a) Prueba de hipótesis para la primera evaluación de incidencia de la roya en el café

**Tabla 25 — Análisis de varianza para incidencia de la roya en el café primera evaluación**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	74292,917 <sup>a</sup>	8	9286.615	116.617	0.000
Tratamiento	4378.792	5	875.758	10.997	0.001
Bloque	163.000	2	81.500	1.023	0.394
Error	796.333	10	79.633		
Total	75089.250	18			

a. R al cuadrado = ,989 (R al cuadrado ajustada = ,981)

**El modelo.**

Observamos en la tabla 18, que el valor-p es menor que el valor de la probabilidad que se asume ( $\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$ ), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que nos lleva a la conclusión que el modelo general es lineal y se cumple con el supuesto planteado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Asimismo, la variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 98.9%, nos permite concluir que hay el efecto que es atribuido a la aplicación de los tratamientos.

**Tratamientos.**

El valor-p es menor que el nivel de significancia que se asume ( $\text{Sig.} = 0,000 < \alpha = 0,05$ ) por lo que rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe el efecto atribuible a las aplicaciones de caldo sulfocálcico en la reducción de la incidencia de la roya en el café

**Bloques.**

Según la tabla 18, el valor-p es superior a la significancia que se asumió ( $\text{Sig.} = 0,394 > \alpha = 0,05$ ) por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se concluye que los bloques no tienen influencia sobre la reducción de la incidencia de la roya en el café.

Con el objetivo de establecer cuál tratamiento (niveles de caldo sulfocálcico) tiene mayor efecto sobre la reducción de la incidencia en la roya del café, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de significancia de Tukey para un nivel de probabilidad de 95%, que mostramos en lo siguiente.

**Tabla 26 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable incidencia primera evaluación**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3	41.1667		
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3	46.1667	46.1667	
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3	62.3333	62.3333	
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3		66.6667	66.6667
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3		68.5000	68.5000
T6=Testigo	3			88.6667
Sig.		0.118	0.093	0.099

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = 0.05.

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3	41.1667		
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3	46.1667	46.1667	
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3	62.3333	62.3333	
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3	66.6667	66.6667	
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3	68.5000	68.5000	
T6=Testigo	3	88.6667		
Sig.		0.118	0.093	0.099

**b) Prueba de hipótesis para la segunda evaluación de incidencia de la roya en el café**

**Tabla 27 — Análisis de varianza para incidencia de la roya en el café segunda evaluación**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	31707,417 <sup>a</sup>	8	3963.427	58.364	0.000



Tratamiento	9383.833	5	1876.767	27.637	0.000
Bloque	691.583	2	345.792	5.092	0.330
Error	679.083	10	67.908		
Total	32386.500	18			

a. R al cuadrado = ,979 (R al cuadrado ajustada = ,962)

### **El modelo.**

Observamos en la tabla 20, que el valor-p es inferior que el valor de la probabilidad que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que nos lleva a la conclusión que el modelo general es lineal y se cumple con el supuesto planteado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Asimismo, la variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 97.9%, nos permite concluir que hay el efecto que es atribuido a la aplicación de los tratamientos.

### **Tratamientos.**

El valor-p es menor que el nivel de significancia que se asume (Sig =0,000< alfa = 0,05) por lo que rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe el efecto atribuible a las aplicaciones de caldo sulfocálcico en la reducción de la incidencia de la roya en el cafeto

### **Bloques.**

Según la tabla 18, el valor-p es superior a la significancia que se asumió (Sig. = 0,330 > alfa = 0,05) por lo que se acepta la hipótesis nula (HO) y se concluye que los bloques no tienen influencia sobre la reducción de la incidencia de la roya en el cafeto.

Con el objetivo de establecer cuál tratamiento (niveles de caldo sulfocálcico) tiene mayor efecto sobre la reducción de la incidencia en la roya del cafeto, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de significancia de Tukey para un nivel de probabilidad de 95%, que mostramos en lo siguiente.

**Tabla 28 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable incidencia segunda evaluación**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3	16.6667	
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3	21.6667	
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3	25.5000	
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3	25.5000	
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3	34.3333	
T6=Testigo	3		84.3333
Sig.		0.177	1.000

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.
- b. Alfa = 0.05.

En la tabla 21, se observa el sub conjunto homogéneo de las medias observadas y concluyó que los tratamientos que se comporta mejor en la reducción de la incidencia de la roya en café es el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt., es 16.67%, T5= (4.5Lt.CS x M.15Lt) 21.66%, seguido por el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt y T3=1.5Lt CS x M.15Lt. 25.50% y T1= 0.3Lt. CS x M.15Lt 66.66% corresponden al sub conjunto 1, y finalmente el sub conjunto 2 con el tratamiento testigo 84.33%.

**c) Prueba de hipótesis para la tercera evaluación de incidencia de la roya en el café**

**Tabla 29 — Análisis de varianza para incidencia de la roya en el café tercera evaluación**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	24649,028 <sup>a</sup>	8	3081.128	461.784	0.000
Tratamiento	14822.569	5	2964.514	444.307	0.000
Bloque	3.111	2	1.556	0.233	0.796
Error	66.722	10	6.672		
Total	24715.750	18			

- a. R al cuadrado = ,997 (R al cuadrado ajustada = ,995)



**El modelo.**

Observamos en la tabla 22, que el valor-p es inferior que el valor de la probabilidad que se asume ( $\text{Sig.} = 0.000 < \text{alfa} = 0.05$ ), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que nos lleva a la conclusión que el modelo general es lineal y se cumple con el supuesto planteado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Asimismo, la variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.7%, nos permite concluir que hay el efecto que es atribuido a la aplicación de los tratamientos.

**Tratamientos.**

El valor-p es menor que el nivel de significancia que se asume ( $\text{Sig} = 0,000 < \text{alfa} = 0,05$ ) por lo que rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe el efecto atribuible a las aplicaciones de caldo sulfocálcico en la reducción de la incidencia de la roya en el café

**Bloques.**

Según la tabla 18, el valor-p es superior a la significancia que se asumió ( $\text{Sig.} = 0,796 > \text{alfa} = 0,05$ ) por lo se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se concluye que los bloques no tienen influencia sobre la reducción de la incidencia de la roya en el café.

Con el objetivo de establecer cuál tratamiento (niveles de caldo sulfocálcico) tiene mayor efecto sobre la reducción de la incidencia en la roya del café, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de significancia de Tukey para un nivel de probabilidad de 95%, que mostramos en lo siguiente.

**Tabla 30 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable incidencia tercera evaluación**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3	9.3333	
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3	10.1667	
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3	10.3333	
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3	10.6667	



T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3	12.1667	
T6=Testigo	3		87.5000
Sig.		0.757	1.000

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.
- b. Alfa = 0.05.

En la tabla 23, se observa el sub conjunto homogéneo de las medias observadas y concluyó que los tratamientos que se comporta mejor en la reducción de la incidencia de la roya en el cafeto es T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. 9.33%, el T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt., 10.16%, T3=1.5Lt CS x M.15Lt., 10.33%, T2=1.0Lt. CS x M.15Lt., 10.66% y T1= 0.3Lt. CS x M.15Lt 12.16% corresponden al sub conjunto 1, y finalmente el sub conjunto 2 con el tratamiento testigo 87.50%.

### 5.2.2. Prueba de hipótesis para el grado de severidad de la roya en el cafeto

Se plantea las hipótesis para la prueba:

#### Para el modelo.

H0: El modelo general no es lineal de la forma:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

H1: El modelo general es lineal de la forma:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$  = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

$\mu$  = es la media general del grado de severidad de la roya en el cafeto

$T_i$  = efecto debido al i ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto del j ésimo bloque.

$e_{ij}$  = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

#### Para los tratamientos.

Hipótesis nula H0:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

Hipótesis alterna H1:  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$

Donde:

$\mu_1$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el tratamiento 1

$\mu_2$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el tratamiento 2

$\mu_3$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el tratamiento 3



$\mu_4$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el tratamiento 4

$\mu_5$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el tratamiento 5

$\mu_6$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el tratamiento testigo

**Para bloques.**

Hipótesis nula  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

Hipótesis alterna  $H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$

Donde:

$\beta_1$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el bloque I.

$\beta_2$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el bloque II

$\beta_3$  = Media del grado de severidad de la roya en el cafeto en el bloque III

Para el contraste de las hipótesis planteadas, para el modelo, tratamientos y bloques se realiza la prueba de análisis de variancia cuyos resultados a un nivel de confianza para la prueba de 95%, se describe:

**a) Prueba de hipótesis para el grado de severidad de la roya en el cafeto primera evaluación.**

**Tabla 31 — Análisis de varianza para el grado de severidad de la roya en el cafeto primera evaluación**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	24450,907 <sup>a</sup>	8	3056.363	105.122	0.000
Tratamiento	1813.749	5	362.750	12.477	0.000
Bloque	13.677	2	6.839	0.235	0.795
Error	290.743	10	29.074		
Total	24741.650	18			

a. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,979)

**El modelo.**

Observamos en la tabla 24, que el valor-p es inferior que el valor de la probabilidad que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que nos lleva a la conclusión que



el modelo general es lineal y se cumple con el supuesto planteado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Asimismo, la variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 98.8%, nos permite concluir que hay el efecto que es atribuido a la aplicación de los tratamientos.

### Tratamientos.

El valor-p es menor que el nivel de significancia que se asume ( $\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$ ) por lo que rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe el efecto atribuible a las aplicaciones de caldo sulfocálcico en el grado de severidad de la roya en el café.

### Bloques.

Según la tabla 18, el valor-p es superior a la significancia que se asumió ( $\text{Sig} = 0,795 > \alpha = 0,05$ ) por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se concluye que los bloques no tienen influencia sobre el grado de severidad de la roya en el café.

Con el objetivo de establecer cuál tratamiento (niveles de caldo sulfocálcico) tiene mayor efecto sobre el grado de severidad de la roya del café, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de significancia de Tukey para un nivel de probabilidad de 95%, que mostramos en lo siguiente.

**Tabla 32 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable grado de severidad primera evaluación**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3	23.1800	
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3	29.1067	
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3	32.9533	
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3	35.8433	
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3	36.0033	
T6=Testigo	3		55.6267
Sig.		0.116	1.000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = 0.05.



En la tabla 25, se observa el sub conjunto homogéneo de las medias observadas y concluyo que los tratamientos que se comporta mejor en el grado de severidad de la roya en cafeto es en el orden siguiente el T5= (4.5Lt.CS x M.15Lt) con 23.18% y T4= (3.0Lt.CS x M.15Lt) con 29.10% son los más recomendables en la reducción del grado de severidad de la roya, seguido por los T3=(1.5Lt CS x M.15Lt) con 32.95%, T2=1.0Lt. CS x M.15Lt, con 35.84% y T1=(0.3Lt. CS x M.15Lt) con 36.00%. El sub conjunto del tratamiento testigo 55.62% corresponde al grupo 2.

**b) Prueba de hipótesis para el grado de severidad de la roya en el cafeto segunda evaluación.**

**Tabla 33 — Análisis de varianza para el grado de severidad de la roya en el cafeto segunda evaluación**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	20539,135 <sup>a</sup>	8	2567.392	129.566	0.000
Tratamiento	3027.443	5	605.489	30.557	0.000
Bloque	16.594	2	8.297	0.419	0.669
Error	198.154	10	19.815		
Total	20737.289	18			

a. R al cuadrado = ,990 (R al cuadrado ajustada = ,983)

**El modelo.**

Observamos en la tabla 26, que el valor-p es inferior que el valor de la probabilidad que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que nos lleva a la conclusión que el modelo general es lineal y se cumple con el supuesto planteado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Asimismo, la variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.0%, nos permite concluir que hay el efecto que es atribuido a la aplicación de los tratamientos en estudio.

**Tratamientos.**

El valor-p es menor que el nivel de significancia que se asume (Sig =0,000< alfa



= 0,05) por lo que rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe el efecto atribuible a las aplicaciones de caldo sulfocálcico en el grado de severidad de la roya en el cafeto

**Bloques.**

Según la tabla 18, el valor-p es superior a la significancia que se asumió (Sig. = 0,669 > alfa = 0,05) por lo que se acepta la hipótesis nula (HO) y concluimos que los bloques no tienen influencia sobre el grado de severidad de la roya en el cafeto.

Con el objetivo de establecer cuál tratamiento (niveles de caldo sulfocálcico) tiene mayor efecto sobre el grado de severidad de la roya del cafeto, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de significancia de Tukey para un nivel de probabilidad de 95%, que mostramos en lo siguiente.

**Tabla 34 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable grado de severidad segunda evaluación**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3	16.1200		
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3	23.4700	23.4700	
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3	28.1100	28.1100	
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3	28.4767	28.4767	
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3		33.2033	
T6=Testigo	3			57.6767
Sig.		0.056	0.164	1.000

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.
- b. Alfa = 0.05.

En la tabla 27, se observa el sub conjunto homogéneo de las medias observadas y concluyo que los tratamientos que se comporta mejor en el grado de severidad de la roya en cafeto es en el orden siguiente el T5= (4.5Lt.CS x M.15Lt) con 16.12%, que es el más recomendable para la reducción del grado de severidad de la roya. En el sub conjunto 2, se encuentran el T4= (3.0Lt.CS x M.15Lt) con 23.47% T3=(1.5Lt CS x M.15Lt) con 28.11%, T2=1.0Lt. CS x M.15Lt, con



28.47% y  $T1=(0.3Lt. CS \times M.15Lt)$  con 33.20%. El sub conjunto tres del tratamiento testigo 57.67%.

**c) Prueba de hipótesis para el grado de severidad de la roya en el café tercera evaluación.**

**Tabla 35 — Análisis de varianza para el grado de severidad de la roya en el café tercera evaluación**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	13861,568 <sup>a</sup>	8	1732.696	35.154	0.000
Tratamiento	1819.219	5	363.844	7.382	0.004
Bloque	155.071	2	77.536	1.573	0.255
Error	492.892	10	49.289		
Total	14354.460	18			

a. R al cuadrado = ,966 (R al cuadrado ajustada = ,938)

**El modelo.**

Observamos en la tabla 28, que el valor-p es inferior que el valor de la probabilidad que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que nos lleva a la conclusión que el modelo general es lineal y se cumple con el supuesto planteado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Asimismo, la variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 96.6%, nos permite concluir que hay el efecto que es atribuido a la aplicación de los tratamientos en estudio.

**Tratamientos.**

El valor-p es menor que el nivel de significancia que se asume (Sig =0,000< alfa = 0,05) por lo que rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe el efecto atribuible a las aplicaciones de caldo sulfocálcico en el grado de severidad de la roya en el café

**Bloques.**

Según la tabla 18, el valor-p es superior a la significancia que se asumió (Sig. = 0,225 > alfa = 0,05) por lo que se acepta la hipótesis nula (H0) y concluimos que los bloques no tienen influencia sobre el grado de severidad de la roya en el café.



Con el objetivo de establecer cuál tratamiento (niveles de caldo sulfocálcico) tiene mayor efecto sobre el grado de severidad de la roya del cafeto, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de significancia de Tukey para un nivel de probabilidad de 95%, que mostramos en lo siguiente.

**Tabla 36 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable grado de severidad tercera evaluación**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3	13.6433	
T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3	18.6067	
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3	23.1633	
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3	24.3600	
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3	28.9133	28.9133
T6=Testigo	3		45.5033
Sig.		0.167	0.120

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.
- b. Alfa = 0.05.

En la tabla 29, se observa el sub conjunto homogéneo de las medias observadas y concluyo que los tratamientos que se comporta mejor en el grado de severidad de la roya en cafeto es en el orden siguiente el T5= (4.5Lt.CS x M.15Lt) con 13.64%, que es el más recomendable para la reducción del grado de severidad de la roya, el T4= (3.0Lt.CS x M.15Lt) con 18.60% T3=(1.5Lt CS x M.15Lt) con 23.16%, T2=1.0Lt. CS x M.15Lt, con 24.36%. En el sub conjunto 2, se encuentran el T1=(0.3Lt. CS x M.15Lt) con 28.91% y el tratamiento testigo 45.50%.

### 5.2.3. Prueba de hipótesis para el rendimiento del cafeto

Se plantea las hipótesis para la prueba:

#### Para el modelo.

H0: El modelo general no es lineal de la forma:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

H1: El modelo general es lineal de la forma:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$ = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

$\mu$  = es la media general del grado de severidad de la roya en el cafeto

$T_i$  = efecto debido al i ésimo tratamiento.



$\beta_j$  = efecto del j ésimo bloque.

$E_{ij}$  = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

**Para los tratamientos.**

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$

Donde:

$\mu_1$  = Media del rendimiento del cafeto en el tratamiento 1

$\mu_2$  = Media del rendimiento del cafeto en el tratamiento 2

$\mu_3$  = Media del rendimiento del cafeto en el tratamiento 3

$\mu_4$  = Media del rendimiento del cafeto en el tratamiento 4

$\mu_5$  = Media del rendimiento del cafeto en el tratamiento 5

$\mu_6$  = Media del rendimiento del cafeto en el tratamiento testigo

**Para bloques.**

Hipótesis nula  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

Hipótesis alterna  $H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$

Donde:

$\beta_1$  = Media del rendimiento del cafeto en el bloque I.

$\beta_2$  = Media del rendimiento del cafeto en el bloque II

$\beta_3$  = Media del rendimiento del cafeto en el bloque III

Para el contraste de las hipótesis planteadas, para el modelo, tratamientos y bloques se realiza la prueba de análisis de variancia cuyos resultados a un nivel de confianza para la prueba de 95%, se describe:

**Tabla 37 — Análisis de varianza para el rendimiento de la roya en el cafeto primera evaluación**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	41404811,675 <sup>a</sup>	8	5175601.459	499.618	0.000
Tratamiento	2474217.589	5	494843.518	47.769	0.000
Bloque	4488.540	2	2244.270	0.217	0.809
Error	103591.272	10	10359.127		



Total	41508402.947	18		
-------	--------------	----	--	--

a. R al cuadrado = ,998 (R al cuadrado ajustada = ,996)

**El modelo.**

Observamos en la tabla 30, que el valor-p es inferior que el valor de la probabilidad que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, que nos lleva a la conclusión que el modelo general es lineal y se cumple con el supuesto planteado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Asimismo, la variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.8%, nos permite concluir que hay el efecto que es atribuido a la aplicación de los tratamientos.

**Tratamientos.**

El valor-p es menor que el nivel de significancia que se asume (Sig =0,000< alfa = 0,05) por lo que rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe el efecto atribuible a las aplicaciones de caldo sulfocálcico en el rendimiento del cafeto

**Bloques.**

Según la tabla 18, el valor-p es superior a la significancia que se asumió (Sig. = 0,809 > alfa = 0,05) por lo que se acepta la hipótesis nula (HO) y concluimos que los bloques no tienen influencia sobre el rendimiento del cafeto.

Con el objetivo de establecer cuál tratamiento (niveles de caldo sulfocálcico) tiene mayor efecto sobre el rendimiento del cafeto, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de significancia de Tukey para un nivel de probabilidad de 95%, que mostramos en lo siguiente.

**Tabla 38 — Prueba de Tukey al 95%, para la variable rendimiento del cafeto**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T6=Testigo	3	660.4500	
T1=0.3Lt. CS x M.15Lt	3		1486.2900
T3=1.5Lt CS x M.15Lt.	3		1611.7200
T2=1.0Lt. CS x M.15Lt	3		1626.1500



T4= 3.0Lt.CS x M.15Lt.	3		1708.2900
T5=4.5Lt.CS x M.15Lt.	3		1730.4900
Sig.		1.000	0.112

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.
- b. Alfa = 0.05.

En la tabla 31, se observa el sub conjunto homogéneo de las medias observadas y concluyo que los tratamientos que se comporta mejor en el rendimiento del café es en el orden siguiente el T5= (4.5Lt.CS x M.15Lt) con 1730.49 Kg/Ha, T4= (3.0Lt.CS x M.15Lt) con 1708.29kg/Ha. Seguido por los tratamientos T2=1.0Lt. CS x M.15Lt, con 31626.15 kg/Ha, el T3=(1.5Lt CS x M.15Lt) con 1611.72Kg/Ha y T1=(0.3Lt. CS x M.15Lt) con 1486.29Kg/Ha. El sub conjunto del tratamiento testigo es el más bajo con 660.45Kg/Ha.

### 5.3 Discusiones

#### 5.3.1. Discusión sobre la incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el café

Los resultados obtenidos muestran valores en el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1= 41.17%, evaluación 2= 21.67% y Evaluación 3= 9.33%, el T4=3.0Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1=46.17%, evaluación 2=16.67% y Evaluación 3= 10.17%, el T3=1.5Lt CS x M.15Lt., evaluación 1=62.33%, evaluación 2=25.50% y Evaluación 3= 10.33%; el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt, evaluación 1=68.50%, evaluación 2=25.50% y Evaluación 3= 10.67%, el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt evaluación 1=66.67%, evaluación 2=34.33% y Evaluación 3= 12.17%, estos resultados de reducción de la incidencia frente al T6 (testigo) evaluación 1=88.67%, evaluación 2=84.33% y Evaluación 3= 87.50%, tienen relación con los hallazgos de SILVA (2021) en la incidencia de Roya (*Hemileia vastatrix*), que en T4 (testigo) tiene un 69.07%, el T2 =42.52%; el T3 =41.16% y el T1 =37,74% de incidencia de la roya en el café. Asimismo, tiene relación con los hallazgos de JULCA-OTINIANO, ALARCÓN-ÁGUILA, ALVARADO-HUAMÁN, BORJAS-VENTURA y CASTRO-CEPERO (2018), en la incidencia de la "roya del café" (*Hemileia vastatrix*). en tres cultivares fue baja, el menor valor correspondió a Catimor (1,68%), seguido de Colombia (6,22%) y Costa Rica 95 (6,96%).



### 5.3.2. Discusión sobre el grado de severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cafeto

Los resultados obtenidos muestran valores en el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1=23.18%, evaluación 2=16.12% y Evaluación3=13.64%, en promedio grado 2 de severidad, el T4=3.0Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1=29.11%, evaluación 2=23.47% y Evaluación 3=18.61%, en promedio grado 3 de severidad; el T3=1.5Lt CS x M.15Lt., evaluación 1=32.95%, evaluación 2=28.11% y Evaluación 3= 23.16%; en promedio grado 3 de severidad; el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt, evaluación 1=35.84%, evaluación 2=28.48% y Evaluación 3=24.36%, en promedio grado 3 de severidad; el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt evaluación 1=36.00%, evaluación 2=33.20% y Evaluación 3=28.91%, en promedio grado 3 de severidad. Estos resultados de reducción del grado de severidad frente al T6 (testigo) evaluación 1=55.63%, evaluación 2=57.68% y Evaluación 3=45.50%, en promedio grado 4 de severidad. Tienen relación con los hallazgos de **SILVA (2021)** en la severidad de la Roya (*Hemileia vastatrix*), que en el T1= 31.46%, el T3=34.99%, el T2= 35.29% y el T4 (testigo) =39.93%, de severidad de daño en el cafeto. Asimismo, **PARRALES (2021)**, sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) observó que el cultivar 10 Pache tuvo mayor severidad (19,84%) y el cultivar con menor severidad fue el cultivar 9. Arara con (2,38%).

### 5.3.3. Discusión sobre el rendimiento del cafeto (*Coffea arabica*)

Los resultados obtenidos muestran valores en el T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., 1730.49 kg/Ha, el T4=3.0Lt.CS x M.15Lt. 1708.29kg/Ha; el T3=1.5Lt CS x M.15Lt., 1611.72kg/Ha, el T2=1.0Lt. CS x M.15Lt, 1626.15kg/Ha; el T1=0.3Lt. CS x M.15Lt. 1486.29 kg/Ha. Estos resultados de rendimiento frente al T6 (testigo) 660.45kg/Ha, tienen relación con los hallazgos de **JULCA-OTINIANO, ALARCÓN-ÁGUILA, ALVARADO-HUAMÁN, BORJAS-VENTURA y CASTRO-CEPERO (2018)**, Los cultivares obtuvieron una producción mayor al promedio nacional estimado en 0,69 t ha-1; Costa Rica 95 logro un rendimiento de 2,20 t ha-1 seguido de Colombia (1,75 t ha-1) y Catimor (1,65 t ha-1).



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

**Primero.** - Cumpliendo el objetivo general, se concluyó que existe efecto atribuible a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico para la reducción de la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) encontrando una relación positiva y significativa (Sig.<0.050) entre las variables en estudio. El tratamiento T5=4.5Lt.CS x M.15Lt. tiene un buen comportamiento en la reducción de la incidencia y severidad de la roya en el cafeto (*Coffea arabica*), en relación con el testigo.

**Segundo.** - Cumpliendo el objetivo específico 1, se concluyó que existe efecto atribuible a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico para la reducción de la incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*) encontrando una relación positiva y significativa (Sig.<0.050) entre las variables en estudio. El tratamiento T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1=23.18%, evaluación 2=16.12% y Evaluación3=13.64%, en la evaluación 1= 41.17%, evaluación 2= 21.67% y Evaluación 3= 9.33%, tiene un buen comportamiento en la reducción de la incidencia de la roya en el cafeto (*Coffea arabica*), en relación con el testigo.

**Tercero.** - Cumpliendo el objetivo específico 2, se concluyó que existe efecto atribuible a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico para la reducción del grado de severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) encontrando una relación positiva y significativa (Sig.<0.050) entre las variables en estudio. El tratamiento T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., evaluación 1=23.18%, evaluación 2=16.12% y Evaluación3=13.64%, en promedio grado 2 de severidad, tiene un buen comportamiento en la reducción del grado de severidad de la roya en el cafeto (*Coffea arabica*), en relación con el testigo.

**Cuarto.** - Cumpliendo el objetivo específico 3, se concluyó que existe efecto atribuible a los niveles de aplicación de caldo sulfocálcico en el rendimiento del cafeto (*Coffea arabica*), encontrando una relación positiva y significativa (Sig.<0.050) entre las variables



en estudio. El tratamiento T5=4.5Lt.CS x M.15Lt., 1730.49 kg/Ha, tiene un buen comportamiento en el rendimiento frente al T6 (testigo) 660.45kg/Ha.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda continuar utilizando el caldo sulfocálcico en diferentes niveles de aplicación para evitar la germinación del hongo y la disminución de la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cafeto (*Coffea arabica*), y se logra mejorar la producción.
- Se recomienda realizar aplicación del caldo sulfocálcico en una mezcla de 4.5 lt de caldo sulfocálcico por mochila de 15 litros, al inicio de las lluvias mínimamente una vez al mes hasta culminar la cosecha, para reducir la incidencia y severidad de diferentes hongos que generan enfermedades del cultivo de café.
- Se recomienda continuar con investigaciones sobre fungicidas alternativos como el caldo sulfocálcico en el control de enfermedades en las plantas provocadas por hongos, y determinar las dosis adecuadas.
- Se recomienda el uso del caldo sulfocálcico debido a que el costo de producción de café por hectárea se incrementa en 800 soles/ha.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G. N, 2005. Fitopatología. 2da Edición, Limusa. México. 819 p
- ANACAFE (1991). Manual de Caficultura. Guatemala. Sugerencias de asuntos agrícolas, 169 pp.
- APS, 2011. The American Psychopathological Society. Coffee rust (*Hemileia vastatrix*). [En Línea]: Roya amarilla del café, ([hwww.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3557](http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3557), documento, 25 de enero de 2013).
- AVELINO, J., TREMINIO, E., CASANOVES, F., VILCHEZ, S., Cárdenas, J., & Lizardo, C. (2019). Guía para la vigilancia de la roya del café (*Hemileia vastatrix*).
- AVELINO, J; MULLER, R.A; CILAS, C; VELASCO, H. (1991) Développement de la rouille orangée dans des plantation em cours de modernisation plantées de variétés naines dans le Sud- Es du Mexique. Café Cacao Thé 35(1) , 21 – 24 pp.
- AVELINO, J; MULLER, R; ESKES, A; SANTACREO, R; HOLGUIN, F.(1999) La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad: desafíos de la caficultura de Centroamérica. San José, Costa Rica, IICA, 1999. 99 pp.
- AVELINO, J; TOLEDO, J.C; MEDINA, B. (1993) Développement de la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) dans une plantation du Sud-Ouest du Guatemala et évaluation des dégâts qu'elle provoque. In 15 Colloque Scientifique International sur le café, Montpellier, France, 6-11 Juin 993. France, ASIC, 1993. 302 Pp.
- LAM GUTIÉRREZ, Anayancy (2019) Actividad antifúngica de Extractos de Baccharis Glutinosa Pers. sobre la roya (*Hemileia vastratrix*) Del Cafeto: Enfoque metabólico y génico.
- BARTRA Lescano, A. H. (2017). Efecto de control del Trichoderma harzianum Rifai Y fungicidas en el control de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. en el Distrito de Hermilio Valdizán–Huánuco, 07 pp.
- BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS D. y SOMARRIBA, E. (1998) Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems, 164 pp.
- BEWLEY, J. D.; MICHAEL BLACK, M. Y HALMER, P.(2006) The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses. CABI, 2006. 87 pp.
- CABRERA-MARULANDA, Miguel Ángel; ROBLEDO-BURITICÁ, Jacobo; SOTO-GIRALDO, Alberto. (2018) Insecticide Activity Of Lime Sulphur On Hypothenemus



- Hampei (Coleoptera: Curculionidae). Actividad insecticida del caldo sulfocálcico sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae)\*Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, vol. 22, no 2, p. 24-32.
- CALDERÓN (2012) Epidemiología de la roya del café causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., en la regiones Central y Sur Occidental de Guatemala, , julio 2012, 118 pp.
- CANO-MARQUINA, A.; TARÍN, J. J. (2013) The impact of coffee on health. Maturitas, 2013. 75 pp.
- CENAGRO (2012) IV Censo Nacional Agropecuario, Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI.
- CÉU – SILVA, MARIA DO; VÁRZEA, V; GUERRA-GUIMARÃES, L; GIL – AZINHEIRA, H; FERNANDEZ, D; ANNE- SOPHIE, P; BERTRAND, B; LASHERMES, P; NICOLE, M. (2006) Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. Braz. J. Plant Physiol; 18(1): , 2006. 147 pp.
- CLARKE, R. J. Y MACRAE, R.. (1988) Coffee: Physiology. Springer, 51 pp
- DELGADO JUÁREZ GABRIEL y PÉREZ AKAKI PABLO. Evaluación de la conversión a café orgánico usando la metodología de opciones reales, 2013. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104213711999>. Revisado el 4 de febrero de 2019, 97pp.
- FIGUEROA, G.(1990) Evaluación de diferentes alternativas de fertilizar cafetos manejados en recepa. XVII Simposio sobre caficultura latinoamericana. PROMECAFE. San José, Costa Rica, 1990 34 pp.
- FIGUEROA, R.; FISCHERSWORNING, B.; ROSSKAMP, R.(1996) Guía para la caficultura ecológica del café orgánico. Lima, Perú, 171pp.
- GADEA, REBECA (2017) Tesis: Adaptación a biocidas en bacterias procedentes de alimentos ecológicos: efecto en su sensibilidad frente a otros biocidas y antibióticos, Jaén, Perú. 20-21pp.
- GAMARRA GAMARRA , D., TORRES SUAREZ, G., CASAS SAMANIEGO , J., y RIVEROS IZARRA, H. (2019). Caracterización y manejo integrado de la roya amarilla del café en Selva Central del Perú. Horizonte De La Ciencia, 2(1), 6-17. Recuperado a partir de <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/horizontedelaciencia/article/view/53>
- GARCÍA, D. (2013). Incidencia y severidad de la Roya del café (*Hemileia vastatrix*) y evaluación de alternativas químicas para su control; finca el platanar, Chimaltenango.



- HERREROS LLANOS, Lucero y ORTIZ BONIFAZ, 2022. Johanna Andrea. Análisis de la certificación del comercio justo para las Exportaciones de café de la región Junín hacia Alemania, en el Periodo 2016-2020, 96 pp.
- HERRERA, I.; MONZÓN, A. y MENDOZA, R. (2002) Hoja Técnica del Nemátodo. Folleto sin publicar. UNA. Managua, Nicaragua, 100 pp.
- HUAMANCHAY R. W. (2013) Caldo sulfocálcico control etológico plagas y enfermedades. Publicado 30th April, 2013. 5 pp.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). (2014). XI Censo de Población y VI de vivienda.
- JULCA OTINIANO, A., BORJAS VENTURA, R., ALVARADO HUAMÁN, L., JULCA VERA, N., CASTRO CEPERO, V., & BELLO AMEZ, S. (2019). Relación entre la incidencia y la severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en San Ramón, Chanchamayo, Perú. Journal of Science and Research, 4(4), 1 - 9. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/706>
- JULCA-OTINIANO, A., ALARCÓN-ÁGUILA, G., ALVARADO-HUAMÁN, L., BORJAS-VENTURA, R., & CASTRO-CEPERO, V. (2018). Comportamiento de tres cultivares de café (Catimor, Colombia y Costa Rica 95) en el valle de El Perené, Junín, Perú. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 34(3), 205-215.
- JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ (2020) El café de Perú publicado en septiembre 2, 2020 <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/#:~:text=Según%20datos%20de%20la%20USDA,42%20sacos%20de%2060%20kg>).
- LEAKEY, R. B. (2014) The Role of Trees in Agroecology and Sustainable Agriculture in the Tropics. Annual Reviews. Phytopathology, 2014. 52pp.
- NAVARRETE CASTILLO, Eliar N. y DÍAS BUSTAMANTE, Juan R. (2020) Tesis Evaluación de microorganismos antagonistas para el manejo biológico de roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome) en San Lucas, Madriz. 13pp.
- MASEFIELD, G. B.; Wallis, M.; HARRISON, S.G.; y NICHOLSON, B.E.(1980) Guía de las plantas comestibles. Ediciones Omega, 110pp.
- MAZARIEGOS ZELADA, Cristhian BERNARDO (2013) Comparación de mezclas de herbicidas en el control de malezas de hoja ancha, en el cultivo de cafeto, en Finca Concepción Candelaria, San Marcos, 2013. 54 pp.



- MENESES FLORES, Nemesio (2012) Tesis De Grado Evaluación de la Producción de Plantines de Tres Variedades de Café (*Coffea arabica* L.) Bajo Tres Tipos de Sustratos en los Yungas De La Paz, Bolivia, 10 pp.
- MORA, G. (2008) Epidemiología fundamentos y aplicaciones en patosistemas agrícolas. Guatemala, Universidad Rafael Landivar, 75 pp.
- PALMA, M,R; SUAZO, G; ZALDÍVAR, R; AGURCIA, R,D (1990). Período de incubación y generación de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Honduras. In5. Seminario nacional de investigación y de transferencia en caficultura, Tegucigalpa, Honduras; octubre 1995. Honduras, IHCAFE, 173pp.
- PARRALES (2021). Severidad de cuatro enfermedades foliares en 20 cultivares de café arábigo (*Coffea arabica*). 2021. Tesis de Licenciatura. Jipijapa. UNESUM.
- PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZÚ (2014) Boletín informativo N° 1. Manual del. Pampa del Carmen. La Merced Chanchamayo, 2014. 4pp.
- Pandey, A.; Soccol, C. R.; Nigam, P.; Soccol, V. T.; Vandenberghe, L. P. S.; Mohan, R., 2000. Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. Bioresource Technol., 74 (1): 81-87
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD), Línea de base del sector café en el Perú, 2017. Disponible en [http://www.pe.undp.org/content/dam/peru/docs/Publicaciones%20medio%ambiente/Libro%cafe\\_PNUD\\_pe.pdf](http://www.pe.undp.org/content/dam/peru/docs/Publicaciones%20medio%ambiente/Libro%cafe_PNUD_pe.pdf) Revisado el 4 de febrero de 2020.
- ROSADO, L. (2005). Caracterización de la producción de café orgánico en Perú. Junta Nacional del café. Lima-Perú.
- ROZO, Yomara Ivonne y CRISTANCHO, Marco Aurelio.(2010) Evaluación de la susceptibilidad de *Hemileia vastatrix* berk. & Br., a fungicidas del grupo de los triazoles. Cenicafé, 2010. 314 pp.
- OCHOA, RAMÍREZ, LÓPEZ, MORENO y ESPINOSA (2015), Control in vivo de *Moniliophthora roreri* en *Theobroma cacao*, utilizando polisulfuro de calcio y silicosulfocálcico. En Ciencia y Agricultura (en línea) , vol. 14, núm. 2, pp. 59-66, 2017, vol. 14, núm. 2, pp. 59-66, 2017. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5600/560062888004/html/>
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ (2021), Publicación producida con el apoyo del Ministerio Federal de Cooperación y Desarrollo Económico de Alemania por media del Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammernarbeit (GIZ), EL VALOR DEL CAFÉ, 17pp.
- SÁNCHEZ, Luis (1996) La Agricultura Orgánica – El Caldo sulfocálcico. La Habana. Asociación para la promoción y el desarrollo de la comunidad “CEIBA”, 81pp.



- SENAMHI, 2020. Página web consultado el 05 de junio del 2020 en:  
<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- SENASA (2003) Servicio Nacional de Sanidad Agraria, Norma para la Ejecución y Remisión de Información de actividades del Programa Manejo Integrado De Plagas del Cafeto. Directiva General N° 000888–2003–AG–SENASA–DGSV–DPF. Dirección General De Sanidad Vegetal. Dirección De Programas Fitosanitarios. Lima Peru.
- SENASA (2013) . Manejo Integrado de la Roya Amarilla del Cafeto. Boletín Publicado por la Dirección Regional de Agricultura de San Martín.
- SENASICA, 2016. Roya del Cafeto, *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome. Revista Ficha Técnica No. 40. 14pp.
- SILVA (2021) Efecto de caldo bordeles en el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) en cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en poda de rehabilitación con tres frecuencias de diferentes diluciones en el cantón Taipiplaya–provincia Caranavi. Tesis Doctoral.
- SOMARRIBA, E. (1998) Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry systems, 1998. 164 pp.
- SOMARRIBA, E.(1990) ¿Qué es agroforestería? El Chasqui Edición No. 24, 13 pp.
- TAYLOR, A. L., y SASSER, J. N. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz. Universidad de Carolina del Norte, 111.
- VALENCIA, G. (1998) Manual de nutrición y fertilización del café. 1ra ed. Instituto de la potasa y el fósforo (INPOFOS). Quito, Ecuador, 61 pp.
- VANACLOCHA, B. V. y FOLCARRA, S. C. (2003) Fitoterapia: Vademécum de prescripción. Barcelona. Masson, 2003. 300pp.
- VARGAS (2017) Efecto de la aplicación de *Lecanicullium lecanii* sobre la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*), 2017. 51 pp.
- WALLER, J. M.; BIGGER, M. y HILLOCKS, R. J. (2007) Coffee Pests, Diseases and Their Management. CABE, 437pp.



## ANEXOS



Anexo 1 — Matriz de consistencia metodológica

**Título: Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia y severidad de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) que mejora la producción del café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencias y severidad de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) y mejora la producción del café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico, que reduce la incidencia y severidad de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>), y mejora la producción del café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Niveles de caldo sulfocálcico</p>
<p><b>Problemas específicos:</b> ¿Cuál es el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el cultivo del café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> Determinar es el nivel aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>), en el café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b> Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la incidencia de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b> Incidencia de la roya en el cafeto</p>
<p>¿Cuál es el nivel aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la severidad del daño ocasionado por la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el cultivo del café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno?</p>	<p>Determinar es el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la severidad del daño ocasionado por la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>), en el café (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.</p>	<p>Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la severidad del daño ocasionado por la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) del café (<i>Coffea arabica</i>), en el cultivo del cafeto, en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.</p>	<p>Severidad de daño ocasionado por la roya en el cafeto</p>
<p>¿Cuál es el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que mejora la cosecha del café (<i>Coffea arabica</i>) en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno?</p>	<p>Determinar el nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que mejora la producción del café (<i>Coffea arabica</i>) en la Microcuenca Quellouno.</p>	<p>Existe al menos un nivel de aplicación de caldo sulfocálcico que reduce la producción del café, (<i>Coffea arabica</i>), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.</p>	<p>Rendimiento del cafeto</p>



## Anexo 2 — Matriz de consistencia Operacional

**Título: Aplicación de caldo sulfocálcico para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica*), en la Microcuenca Chirumbia, Quellouno.**

Variables	Indicadores	Índices	Método
<u>Variable independiente</u> Caldo Sulfocálcico	Niveles de aplicación	Nivel 1 (2% = 0.3Lt. CS x mochila 15 Lt.) Nivel 2 (7% = 1.0 Lt CS x mochila 15 Lt.) Nivel 3 (10% = 1.5 Lt CS x mochila 15 Lt.) Nivel 4 (20% = 3.0 Lt CS x mochila de 15 Lt.) Nivel 5 (30% = 4.5 Lt CS x mochila de 15 Lt.)	<b>Tipo de investigación:</b> Experimental  <b>Nivel de la Investigación:</b> Explicativo - descriptivo
<u>Variable dependiente</u> Incidencia de la roya en el cafeto.	Porcentaje de daño en las hojas	% Presencia % Ausencia	<b>Diseño estadístico:</b> Diseño de bloques completos al azar.
<u>Variable dependiente</u> Severidad de daño ocasionado por la roya en el cafeto	Grados de severidad	Grado 0: Sano o sin síntomas visibles Grado 1: Síntomas visibles de 1 a 5% del área total sana Grado 2: Síntomas visibles del 6 al 20% del área sana Grado 3: Síntomas visibles del 21 al 50% del área sana Grado 4: Síntomas visibles > al 50 del área foliar afectada	<b>Recojo de datos:</b> Se realiza mediante la observación directa y con la manipulación de equipos e instrumentos de medición.
<u>Variable dependiente</u> Producción de café	Rendimiento de café	Kg/Ha	<b>Población:</b> Plantas de cafeto  <b>Tipo de muestreo:</b> Probabilístico



**Anexo 3 — Ficha de evaluación**

Variable: .....							N° de U.E.:.....		
.....									
Planta	Bloque	Fecha de evaluación:        /        /						Sumatoria	Promedio
		Variable:.....							
		Indicador:.....							
		Unidad de medida:.....							
		Tratamiento							
		1	2	3	4	5	6		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
Observaciones:.....									
.....									
.....									
.....									





## Anexo 5 — Microlocalización de la parcela



Coordenadas del Sector Tincuri, Microcuenca Chirumbia

Este: 768238.712

Norte: 8609063.188

Ubicado a 8 km aproximadamente del Distrito de Quellouno, Provincia de La Convención, Departamento de Cusco.

### Anexo 6 — Croquis del experimento



**Anexo 7 — Calendario de ejecución del experimento**

ETAPA I: Ubicación de la plantación de café.	Fechas
Preparación del caldo sulfocálcico	9/01/2021
Delimitación de los bloques, tratamientos y repeticiones	23/01/2021
ETAPA II: Acondicionamiento y aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico	
1ra APLICACIÓN	23/01/2021
2da APLICACIÓN	23/02/2021
3ra APLICACIÓN	23/03/2021
4ta APLICACIÓN	23/04/2021
5ta APLICACIÓN	23/05/2021
6ta APLICACIÓN	23/06/2021
ETAPA III: Evaluación de las variables en estudio	
EVALUACIÓN ANTES DE LA EVALUACION	23/01/2021
1ra EVALUACIÓN	10/03/2021
2da EVALUACIÓN	8/05/2021
3ra EVALUACIÓN	8/07/2021
ETAPA IV: LABORES CULTURALES	
Deshierbe	12/04/2021
ETAPA V: COSECHA	
Cosecha principal	26/04/2021
Cosecha secundaria	23/07/2021



## Anexo 8 — Fotografías

Fotografía 1 — Identificación de la parcela



Fotografía 2 — Identificación de la parcela



Fotografía 3 — Identificación de la parcela



Fotografía 4 — Identificación de la parcela



Fotografía 5 — Identificación de la parcela



Fotografía 6 — Identificación de la parcela



Fotografía 7 — Preparación de Caldo Sulfocálcico



Fotografía 8 — Preparación de Caldo Sulfocálcico



Fotografía 9 — Preparación de Caldo Sulfocálcico



Fotografía 10 — Preparación de Caldo Sulfocálcico



Fotografía 11 — Preparación de Caldo Sulfocálcico



Fotografía 12 — Preparación de Caldo Sulfocálcico



Fotografía 13 — Delimitación del bloques, tratamientos y repeticiones



Fotografía 14 — Delimitación del bloques, tratamientos y repeticiones



Fotografía 15 — Delimitación del bloques, tratamientos y repeticiones



Fotografía 16 — Delimitación del bloques, tratamientos y repeticiones



Fotografía 17 — Delimitación del bloques, tratamientos y repeticiones



Fotografía 18 — Delimitación del bloques, tratamientos y repeticiones



Fotografía 19 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (1ra aplicación)



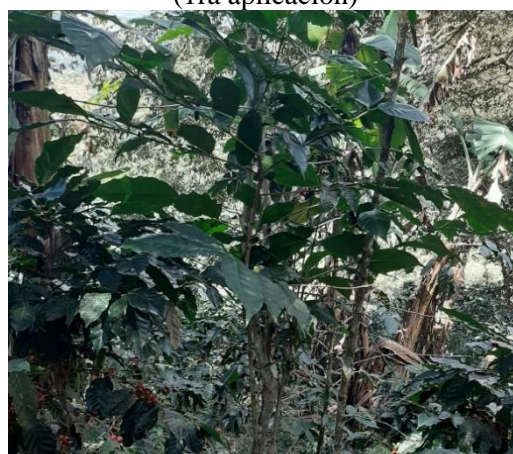
Fotografía 20 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (1ra aplicación)



Fotografía 21 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (1ra aplicación)



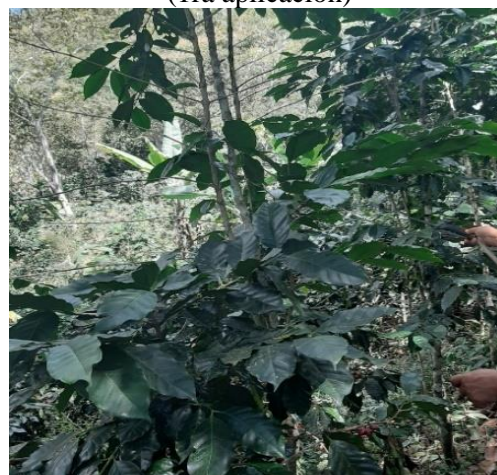
Fotografía 22 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (1ra aplicación)



Fotografía 23 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (1ra aplicación)



Fotografía 24 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (1ra aplicación)



Fotografía 25 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (2da aplicación)



Fotografía 26 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (2da aplicación)



Fotografía 27 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (2da aplicación)



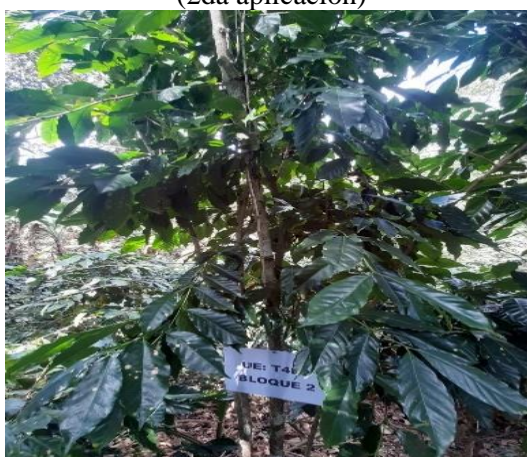
Fotografía 28 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (2da aplicación)



Fotografía 29 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (2da aplicación)



Fotografía 30 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (2da aplicación)



Fotografía 31 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (3ra aplicación)



Fotografía 32 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (3ra aplicación)



Fotografía 33 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (3ra aplicación)



Fotografía 34 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (3ra aplicación)



Fotografía 35 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (3ra aplicación)



Fotografía 36 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (3ra aplicación)



Fotografía 37 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (4ta aplicación)



Fotografía 38 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (4ta aplicación)



Fotografía 39 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (4ta aplicación)



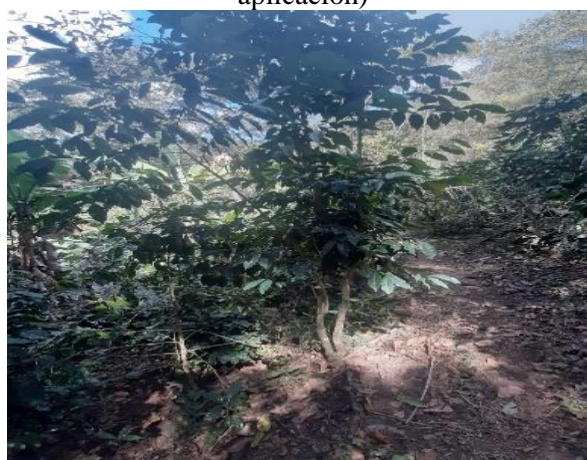
Fotografía 40 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (4ta aplicación)



Fotografía 41 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (4ta aplicación)



Fotografía 42 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (4ta aplicación)



Fotografía 43 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (5ta aplicación)



Fotografía 44 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (5ta aplicación)



Fotografía 45 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (5ta aplicación)



Fotografía 46 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (5ta aplicación)



Fotografía 47 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (5ta aplicación)



Fotografía 48 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (5ta aplicación)



Fotografía 49 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



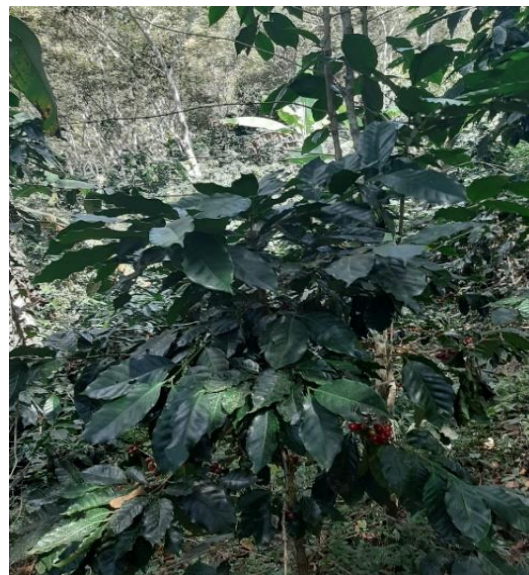
Fotografía 50 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



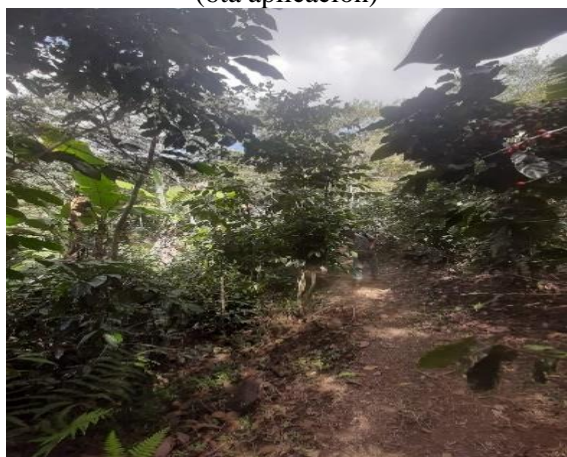
Fotografía 51 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



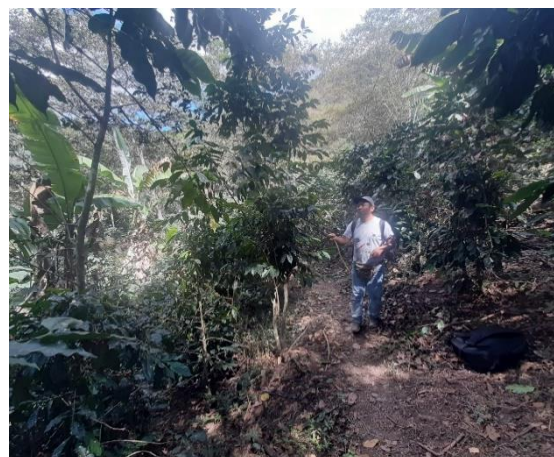
Fotografía 52 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



Fotografía 53 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



Fotografía 54 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



Fotografía 55 — Evaluación previa a las aplicaciones



Fotografía 56 — Evaluación previa a las aplicaciones



Fotografía 57 — Evaluación previa a las aplicaciones



Fotografía 58 — Evaluación previa a las aplicaciones



Fotografía 59 — Evaluación previa a las aplicaciones



Fotografía 60 — Evaluación previa a las aplicaciones



Fotografía 61 — 1ra Evaluación



Fotografía 62 — 1ra Evaluación



Fotografía 63 — 1ra Evaluación



Fotografía 64 — 1ra Evaluación



Fotografía 65 — 1ra Evaluación



Fotografía 66 — 1ra Evaluación



Fotografía 67 — 2da Evaluación



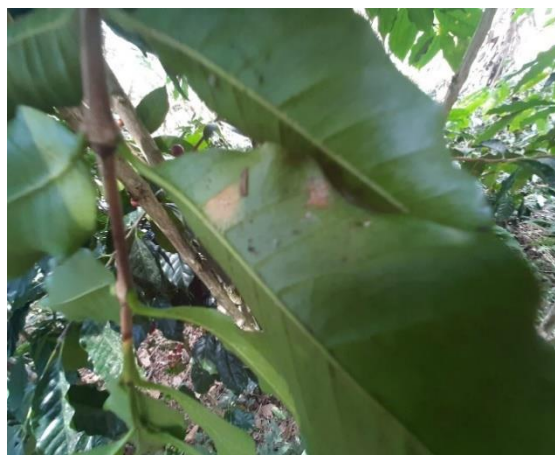
Fotografía 68 — 2da Evaluación



Fotografía 69 — 2da Evaluación



Fotografía 70 — 2da Evaluación



Fotografía 71 — 2da Evaluación



Fotografía 72 — 2da Evaluación



Fotografía 73 — 3ra Evaluación



Fotografía 74 — 3ra Evaluación



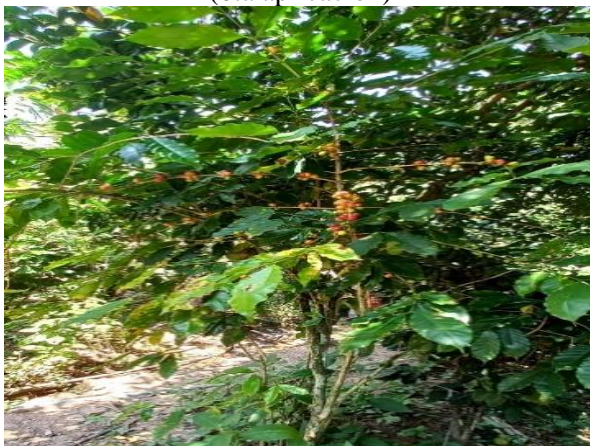
Fotografía 75 — 3ra Evaluación



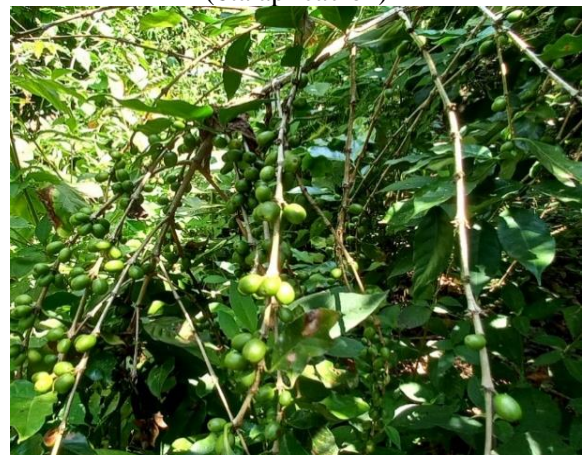
Fotografía 76 — 3ra Evaluación



Fotografía 77 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



Fotografía 78 — Acondicionamiento y Aplicación de los niveles de caldo sulfocálcico (6ta aplicación)



Fotografía 79 — Cosecha



Fotografía 80 — Cosecha



Fotografía 81 — Cosecha



Fotografía 82 — Cosecha



Fotografía 83 — Cosecha



Fotografía 84 — Cosecha

