

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÓNOMO**

**INFLUENCIA DE LA SOMBRA Y FERTILIZACIÓN EN
LA RESISTENCIA DE CLONES ÉLITES DE CAFÉ (*Coffea
arabica* L.) ANTE LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE
Hemileia vastatrix Berk. & Br., RODRÍGUEZ DE
MENDOZA-AMAZONAS**

Autor : Bach. Amparito Huaman Pilco

Asesor : Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Co-asesores : Ing. MsC. Segundo Grimaldo Chavez Quintana

Ing. Tito Sanchez Santillan

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por ser la fuente de sabiduría y bondad infinita que me acompaña cada día, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi adorado padre Pedro Huaman Gómez y a mi querida madre Consuelo Pilco Serván, por su inmenso amor, dedicación y entrega durante todo este tiempo, porque siempre creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera y el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para ser cada día mejor y cumplir cada una de mis metas.

A mis hermanos Persi, Ronald, Jorge y Pedro, por estar siempre presentes, acompañándome en este camino para poder verme realizada, ver realizado mis sueños y quienes son mi motivación, inspiración y felicidad, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma mater, la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por brindarme una buena educación superior.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentables de Ceja de Selva – INDES-CES, por el apoyo logístico, al Director Ejecutivo Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz por su apoyo incondicional.

A mi Asesor al Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz y Co- Asesores Ing. MsC. Segundo Grimaldo Chavez Quintana e Ing. Tito Sanchez Santillan por el apoyo profesional brindado en la formulación y desarrollo del trabajo de investigación.

A mis padres por la educación, los valores y por la perseverancia en la lucha por el cumplimiento de mis metas, que ellos supieron inculcarme en mi desarrollo personal.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI
RECTOR

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN
VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA
DECANO (e) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-k

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada "Influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élites de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas" ;
del egresado Huaman Pilco Amparito ;
de la Facultad de INGENIERÍA AGRÓNOMA Y CIENCIAS AGRARIAS ;
Escuela Profesional de INGENIERÍA AGRÓNOMA ;
de esta casa superior de estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas 15 de Marzo de 2020



Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz
DNI 05374749

Firma y nombre completo del Asesor

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TITULO PROFESIONAL

ANEXO 3-k

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha co-asesorado la realización de la Tesis titulada "Influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élites de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas" ; del egresado Huaman Pilco Amparito de la Facultad de INGENIERÍA AGRÓNOMA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AGRÓNOMA de esta casa superior de estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas 15 de Marzo de 2020

Ing. MsC. Segundo Grimaldo Chavez Quintana
Firma y nombre completo del co-asesor

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TITULO PROFESIONAL

ANEXO 3-k

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (X), hace constar que ha co-asesorado la realización de la Tesis titulada "Influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élites de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas" ; del egresado Huaman Pilco Amparito ; de la Facultad de INGENIERÍA AGRÓNOMA Y CIENCIAS AGRARIAS ; Escuela Profesional de INGENIERÍA AGRÓNOMA ; de esta casa superior de estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas 15 de Marzo de 2020



Ing. Tito Sanchez Santillan
Firma y nombre completo del co-asesor

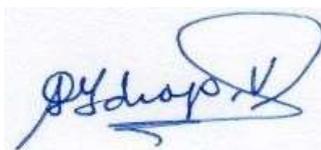
JURADO EVALUADOR DE TESIS



Ing. Mg. Sc. ELÍ PARIENTE MONDRAGÓN
PRESIDENTE



Ing. Mg. Sc. WALTER DANIEL SÁNCHEZ AGUILAR
SECRETARIO



Ing. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ
VOCAL

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL**



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del jurado Evaluador del proyecto de tesis titulado:

"Influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élites de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas"

Presentado por el estudiante () /egresado (X) HUAMAN PILCO AMPARITO

De la escuela profesional de INGENIERÍA AGRÓNOMA

Con correo electrónico institucional 7057569113@untrm.edu.pe

Después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada tesis acordamos:

- a) La citada tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) /igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software turnitin que se adjunta el presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe realizar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregido para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 19 de Marzo del 2021

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

ACTA DE SUSTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día Jueves 17 de Setiembre del año 2020, siendo las 10:00 am horas, el aspirante: HUAMAN PILCO AMPARITO, defiende en sesión pública presencial ()/a la distancia (x) la Tesis titulada: "Influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élites de café (Coffea arabica L.) ante la incidencia y severidad de Hemileia vastatrix Berk. & Br. Rodríguez de Mendoza-Amazonas", teniendo como asesores a Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz, Ing. MsC. Segundo Grimaldo Chavez Quintana e Ing. Tito Sanchez Santillan, para obtener el Título Profesional de INGENIERA AGRÓNOMA, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; antes el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. Mg. Sc. Eli Pariente Mondragón

Secretario: Ing. Mg. Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar

Vocal: Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuentas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron consideradas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (x)

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:30 am horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

Observaciones:

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	v
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	vii
JURADO EVALUADOR DE TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	ix
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL	x
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y METODOS	19
2.1. Materiales.....	19
2.1.1. Ubicación	19
2.2. Métodos y procedimientos	19
2.2.1. Características del área experimental.....	19
2.2.2. Población y muestra.....	20

2.2.3. Área de estudio y distribución de las unidades experimentales.....	20
2.2.4. Diseño estadístico del campo experimental	22
2.2.5. Conducción del experimento	23
III. RESULTADOS	30
IV. DISCUSIÓN	39
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de tratamientos en estudio	22
Tabla 2. Escala de severidad para roya	28
Tabla 3. Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable incidencia de la roya amarilla (<i>Hemileia vastatrix</i>), con porcentajes de sombra y dosis de fertilizante.....	30
Tabla 4. Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable severidad de la roya amarilla (<i>Hemileia vastatrix</i>), con porcentajes de sombra y dosis de fertilizante.....	33
Tabla 5. Análisis de Varianza (ANOVA) para el ABCDE de la roya amarilla (<i>Hemileia vastatrix</i>), con porcentajes de sombra y dosis de fertilizante.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Distrito de Huambo.	19
Figura 2. Área de distribución de tratamientos.	21
Figura 3. Diagrama del grado de la escala de severidad (SENASA, 2012).	28
Figura 4. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la incidencia de la roya del café con porcentajes de sombra. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.	31
Figura 5. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la incidencia de la roya del café con dosis de fertilizante. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.	31
Figura 6. Desarrollo de la incidencia de la roya amarilla en clones elites de café.	32
Figura 7. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la severidad de la roya del café con porcentajes de sombra. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.	34
Figura 8. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la severidad de la roya del café con dosis de fertilizante. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.	34
Figura 9. Desarrollo de la severidad de la roya amarilla en clones elites de café.	35
Figura 10. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el ABCDE de la roya del café con porcentajes de sombra. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.	37
Figura 11. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el ABCDE de la roya del café con dosis de fertilizante. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.	37

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élitos de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas. Se instaló bajo un diseño en bloque completo al azar (DBCA) con arreglo factorial, con dos factores; el primero porcentajes de sombra (0%, 50% y 80%); el segundo factor, dosis de fertilizante orgánico mezcla de guano de isla y roca fosfórica en proporción 2:1v/v (0, 4, 8 y 12 g), dando un total de 12 tratamientos, 3 bloques y 36 unidades experimentales. Se utilizaron plantas clonadas de 4 meses de edad, obtenidas a partir de germoplasmas en jardines clonales. Las plantas clonales fueron inoculadas con una disolución de uredosporas de roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), colectadas de fincas cafetaleras del distrito de Huambo, evaluándose la incidencia, severidad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Se encontró que las plantas sin sombra presentaron baja incidencia y severidad (0.02% y 0.03% respectivamente), no obstante, a medida que el porcentaje de sombra se incrementa la incidencia y severidad fue mayor. Las dosis de fertilizante presentaron diferencias significativas sobresaliendo los tratamientos con (8 y 12 g), así mismo las plantas no fertilizadas presentaron altos porcentajes y mayor infección. El efecto de sombras y dosis de fertilizante fueron relevantes, determinando que a medida la sombra disminuye el porcentaje de infección del hongo disminuye y a medida que la dosis de fertilizante es mayor el porcentaje de infección disminuye.

Palabras clave: enfermedad, fertilizante, inoculación, roya amarilla, uredosporas.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the influence of shade and fertilization on the resistance of elite coffee clones (*Coffea arabica* L.) to the incidence and severity of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas. It was installed under a randomized complete block design (DBCA) with factorial arrangement, with two factors; the first percentages of shade (0%, 50% and 80%); the second factor, dose of organic fertilizer mixture of island guano and phosphate rock in a 2: 1v / v ratio (0, 4, 8 and 12 g), giving a total of 12 treatments, 3 blocks and 36 experimental units. 4-month-old cloned plants were used, obtained from germplasm in clonal gardens. The clonal plants were inoculated with a solution of uredospores of yellow rust (*Hemileia vastatrix*), collected from coffee farms in the Huambo district, evaluating the incidence, severity and area under the disease progress curve. It was found that the plants without shade had low incidence and severity (0.02% and 0.03% respectively), however, as the percentage of shade increases, the incidence and severity was higher. The fertilizer doses presented significant differences, with the treatments with (8 and 12 g) standing out, likewise the unfertilized plants presented high percentages and greater infection. The effect of shadows and fertilizer doses were relevant, determining that as shade decreases the percentage of infection of the fungus decreases and as the dose of fertilizer is higher, the percentage of infection decreases.

Keywords: disease, fertilizer, inoculation, yellow rust, uredospores.

I. INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo de gran importancia a escala mundial y en el Perú es uno de los principales generadores de divisas desde el siglo XIX. Su producción en Perú y en América Latina se basa fundamentalmente en la especie *Coffea arabica* L., la cual produce una bebida de suave aroma y sabor. El café es uno de los principales productos agrarios de exportación del Perú, cuyo cultivo se concentra en el café arábico (*Coffea arabica*), en las variedades Típica, Bourbon, Pache, Caturra y Catimor (Nahuamel, 2013).

Amazonas es la tercera región en producción de café a nivel nacional por detrás de Junín y Cuzco. Las principales zonas de producción son la provincia de Rodríguez de Mendoza, Bagua (Distritos de Copallín y La Peca), Utcubamba (El eje El Palto, Lonya Grande, Camporredondo, Ocallí; el distrito de Bagua Grande y Cajaruro). La superficie estimada de cultivo de café en Rodríguez de Mendoza es de 5 668 Has (Quiroz, 2015).

En el 2013 en el Perú se presentó un ataque masivo de roya amarilla que afectó las plantaciones de café especialmente a las variedades típica y caturra. Según, (Salazar & Rivera, 2013), indican que el Ministerio de Agricultura ha reportado que, hasta la fecha, la roya ha afectado a 200 mil de las 400 mil hectáreas de cafetales instalados, lo que ha provocado una disminución del 20% en la producción de café, equivalente a una pérdida económica de S/.200 millones.

La roya (*Hemileia vastatrix*) del café es una enfermedad que limita seriamente la producción de *Coffea arabica*; su presencia está determinada por las condiciones climáticas, ya que una alta humedad es necesaria para la esporulación y dispersión de las esporas (Vallejos, 2016).

La resistencia genética del cafeto es la principal forma de control del patógeno y ha sido transferida a variedades comerciales de *Coffea arabica* a través del híbrido 'Timor' (*Coffea arabica* x *Coffea canephora*). Las variedades más comunes que fueron afectadas por la roya son 'Típica', 'Caturra', y en menor grado la variedad 'Catimor'. Dado que la roya es un patógeno biotrófico se ve favorecida por el retraso en la senescencia de las hojas, por ello se podría decir que la fertilización tiene gran influencia ante el ataque de este patógeno, por lo cual el nitrógeno podría tener efectos favorables sobre ésta. El fósforo puede influir en la resistencia fisiológica en dos vías: incentiva el funcionamiento normal de la célula lo cual

influye en el suministro de alimento para los biotróficos; pero también aumenta las defensas de las plantas. Las deficiencias de potasio se ven relacionadas con mayor ataque de parásitos biotróficos lo contrario ocurre en niveles adecuados (Walters & Bingham, 2007). No obstante, existen estudios que concluyen que los parásitos biotróficos se favorecen de altas concentraciones de N en la planta (Avelino, Hoopen, & DeClerck, 2011). Esto a su vez concuerda con lo encontrado por (Lagos, 2014), en Honduras donde, hubo mayor incidencia de roya en parcelas donde se aplicaron mayores cantidades de N al suelo. (Segura, 2016), menciona que existe mayor lavado de las esporas en los tratamientos a pleno sol, respecto a los de sombra. Lo anterior indica que se conservan más esporas bajo sombra ya que ésta intercepta el agua y al haber menos agua en la plantación se produce menor lavado comparado con condiciones a pleno sol.

Debido a la importancia del café especialmente en la variedad típica, en la región Amazonas, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP-T) se propuso desarrollar un trabajo de investigación que permita identificar y producir material vegetativo de la variedad Típica resistente a roya. Con esta propuesta, en el IIAP-SM se clonaron plantas matrices de cafeto variedad “Típica” tolerantes a roya, seleccionadas en los campos de los agricultores de la provincia de Rodríguez de Mendoza para su posterior evaluación de resistencia.

Así mediante el desarrollo de esta investigación se pretende contribuir a entender la influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones elites de café a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*); además se busca aportar en los productores de café de la provincia de Rodríguez de Mendoza y la región Amazonas, mayores criterios para el manejo de la nutrición de plántulas clones de café durante la etapa de vivero en lo que a dosis y fuentes se refiere, y el porcentaje de sombra adecuado para contrarrestar el daño de la enfermedad. Con este estudio se pudo observar que los clones elites de café, se vieron favorecidos en la mitigación de incidencia y severidad, según el porcentaje de sombra y dosis de fertilizante.

y dosis de fertilizante (0g, 4g, 8g y 12 g/planta), con 3 bloques, 12 tratamientos, contando con 144 plantas en total.

Factor (A): sombra

- Sin sombra (a₁)
- Sombra 50% (a₂)
- Sombra 80% (a₃)

Factor (B): dosis de fertilización

- Sin fertilizante (b₀)
- 4g/planta de fertilizante (b₁)
- 8g/planta de fertilizante (b₂)
- 12g/planta de fertilizante (b₃)

2.2.2. Población y muestra

Población: Estuvo conformada por 144 clones élites de café.

Muestra: Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la formula básica siguiente:

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{E^2 \cdot x(N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Dónde:

- N = 144 plantas de café
- Z = 1.96, valor puntual con un nivel de confianza del 95%
- E = 0.09, nivel de precisión para estimar la muestra
- p = 0.5, proporción de éxito con la característica de interés
- q = 0.5, proporción de fracaso sin la característica de interés

Al aplicar la formula se determinó evaluar 9 plantas por tratamiento, y en total 108 plantas en todo el ensayo.

2.2.3. Área de estudio y distribución de las unidades experimentales

Las dimensiones del área total donde se instaló la investigación fue de 4.70 m de largo por 1.90 m de ancho en un total de 8.93 m², en la cual se instaló 12 tratamientos con 3 repeticiones y 4 plantas por repetición.

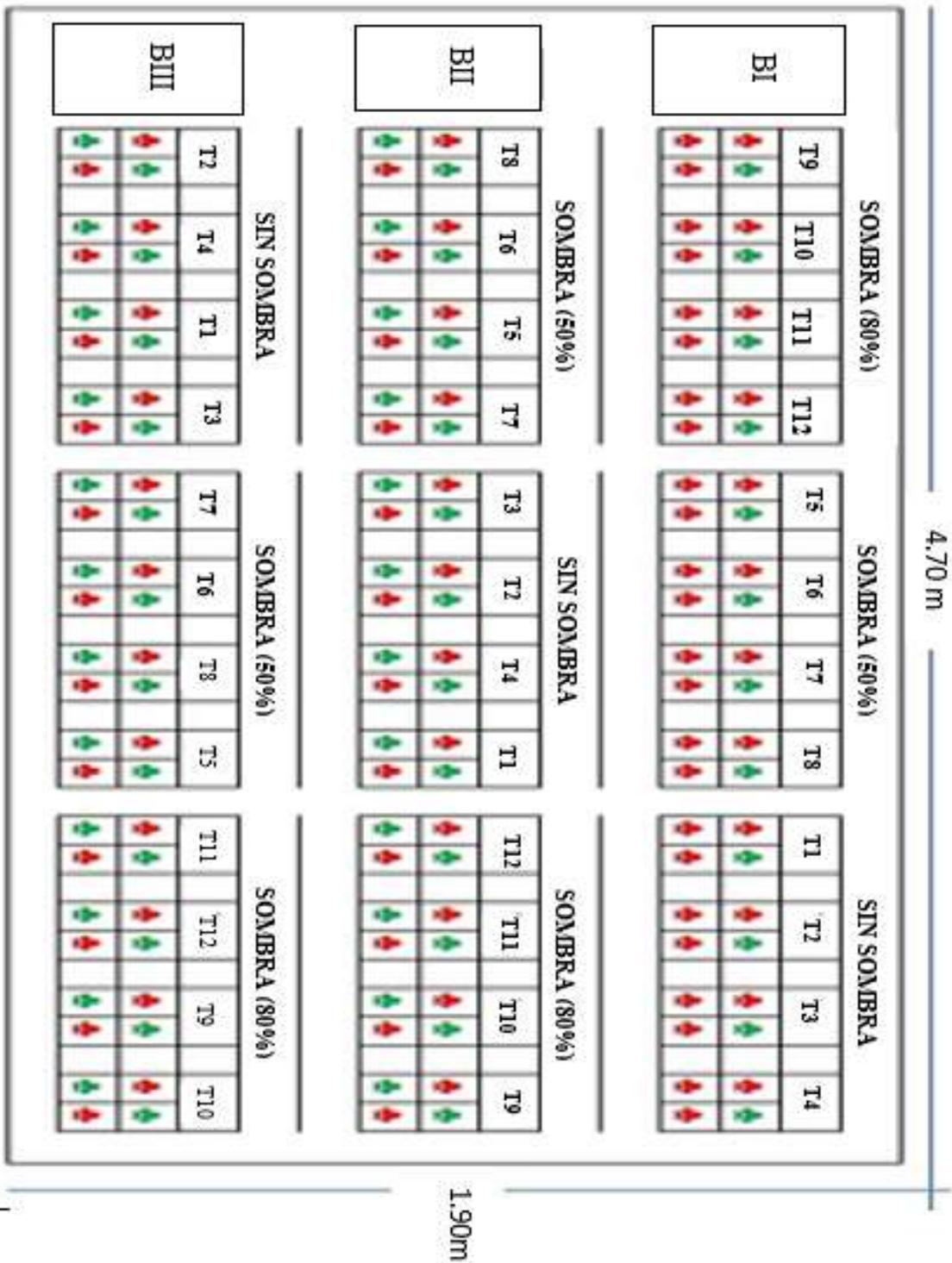


Figura 2. Área de distribución de tratamientos.

2.2.4. Diseño estadístico del campo experimental

La investigación fue de tipo experimental, donde se trabajó con un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial; el primero porcentajes de sombra 3A y el segundo dosis de fertilizante 4B, se tuvo 3 bloques, 12 tratamientos y 4 plantas por cada unidad experimental.

Los datos fueron registrados en una libreta de campo y luego transferidos a una base digital en una hoja de cálculo excel. Se realizó el análisis de varianza con el software estadístico InfoStat versión 2017. Las medias o promedios fueron comparados mediante la prueba Tukey con un nivel de significancia de ($p < 0,05$).

Tabla 1. Descripción de tratamientos en estudio

Tratamientos	Código	Descripción
T1	a1b0	Sin sombra + sin fertilizante
T2	a1b1	Sin sombra + 4g/planta de fertilizante
T3	a1b2	Sin sombra + 8g/planta de fertilizante
T4	a1b3	Sin sombra + 12g/planta de fertilizante
T5	a2b0	sombra (50%) + sin fertilizante
T6	a2b1	sombra (50%) + 4g/planta de fertilizante
T7	a2b2	sombra (50%) + 8g/planta de fertilizante
T8	a2b3	sombra (50%) + 12g/planta de fertilizante
T9	a3b0	sombra (80%) + sin fertilizante
T10	a3b1	sombra (80%) + 4g/planta de fertilizante
T11	a3b2	sombra (80%) + 8g/planta de fertilizante
T12	a3b3	sombra (80%) + 12g/planta de fertilizante

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5. Conducción del experimento

Procedimiento

a. Obtención de las plantas en estudio

Se utilizaron clones de café. Éstas se obtuvieron mediante estudios realizados anteriormente por los profesionales en investigación del IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana), donde se seleccionaron plantas matrices de café con buenas características agronómicas y con tolerancia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*). Las plantas fueron seleccionadas en los campos de los productores de la provincia Rodríguez de Mendoza - Región Amazonas, las mismas que fueron propagadas vegetativamente para luego iniciar estudios de resistencia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*).

b. Identificación de la variedad de las clones élites de café en estudio

Con la finalidad de conocer la variedad de las clones elites de café utilizados en el trabajo de investigación se procedió a coleccionar muestras de hojas y frutos de las plantas madre. La muestra se obtuvo de las parcelas donde se encontraron las plantas madre de las cuales se obtuvo los brotes para su posterior enraizamiento.

se realizó un corte limpio con una tijera podadora y se colectó una rama con varias hojas. La muestra se encontró estéril (sin flores ni frutos) por lo tanto se colectó 2 duplicados. Luego de concluido la jornada de trabajo en el campo se procedió a realizar el prensado. Se tomó un papel periódico doblado por la mitad y en ello se colocó las muestras colectadas, se esparció las hojas con el fin de que las hojas no quedaran amontonadas, este mismo procedimiento se repitió para los otros duplicados y se colocó unos encima de otros. Posteriormente con ayuda de 3 periódicos doble, se armó un arreglo en forma de T, en donde se acomodó las muestras, se cerró los papeles, se aplicó suficiente presión al paquete y se amarró en cruz, tal y como se amarra una caja. Después se trasladó las muestras al herbario forestal de la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas- Chachapoyas, el cual estuvo a cargo del Ing. M. Sc. Eli Pariente Mondragón, profesional que

después de realizar los procedimientos correspondientes determino que las plantas en estudio pertenecen a café (*Coffea arabica* L.). muestra de ello se nos otorgó una constancia de identificación y las muestras fueron depositadas en el Herbario de la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

c. Selección de plantas

Se contó con clones elites de café enraizadas a partir de brotes de las cuales se tuvo que seleccionar 144 plantas para su uso en la investigación, dicha selección consistió en determinar plantas en buen estado, es decir aquellas que formaron su respectivo brote y no presenten enfermedades que pudieran intervenir en la investigación.

d. Limpieza del área

La limpieza del área donde se instaló la investigación, se realizó manualmente haciendo uso de algunas herramientas tales como machete y lampa para eliminar las malezas que se encontraron en el área del trabajo de investigación.

Luego se procedió a aplanar el área y agregar arena, para obtener una plataforma o base homogénea para el asentamiento de las bolsas que contenían a las plantas de café.

e. Instalación de sombra

Una vez realizada la plataforma, y realizado las mediciones de acuerdo al diseño experimental se procedió a colocar 24 soportes de madera con dimensiones 70 cm de altura, 12 de 1.20 cm, y 12 de 30 cm, distribuyéndose según el diseño del experimento.

Luego se construidas los parantes o soportes de madera se colocó mallas raschel con porcentajes de 50% y 80% de sombra, según los factores en estudio.

f. Preparación del fertilizante

El fertilizante a utilizar fue la mezcla de guano de isla y roca fosfórica en proporción 2:1v/v respectivamente. Lo primero que se realizo es elegir un recipiente con un volumen establecido luego se procedió a medir los fertilizantes guano de isla, roca fosfórica y se realizó la mezcla de acuerdo a la proporción.

g. Aplicación de fertilizante a plantas de café

La fertilización se realizó posterior al colocado de sombras. Para ello se fabricó etiquetas de identificación y se colocó en una planta representativa de todos los tratamientos con sus dosis respectivas en estudio. Primero se pesó las dosis en una balanza de precisión, luego se realizó 3 hoyos en forma de triángulo alrededor de la bolsa y se procedió a colocar el fertilizante sobre la superficie del sustrato, teniendo cuidado de que estas no entre en contacto directo con las plantas para evitar riesgos de mortandad por quemazón o toxicidad (Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café , 2008),dejando así que el fertilizante se ubique aproximadamente en el borde de la bolsa (CICAFFE, 2011). El fertilizante utilizado fue la combinación de guano de isla y roca fosfórica en proporción 2:1 v/v, de las cuales fueron fraccionadas en las siguientes dosis: 4, 8 y 12g/planta, así mismo se dejó un testigo sin fertilizante (0g).

h. Colección de la fuente de inóculo de la roya amarilla (Esporas de roya)

La colecta de inóculos de roya amarilla fue obtenida de hojas infectadas por dicha enfermedad, de preferencia se colectó hojas de café de la variedad típica, para ello se desarrolló la siguiente metodología.

Se cortó las hojas infectadas y se colocó en un depósito limpio y hermético. Para esta colecta se tuvo que tener en cuenta que los inóculos deben proceder de plantas que no hayan sido aplicados ningún fungicida, tanto en las plantas de las parcelas en estudio como de parcelas adyacentes (Vallejos, 2016).

En laboratorio, con la ayuda de un estereoscopio se procedió a observar las hojas colectadas. Aquellas hojas que presentaron en parte de su estructura la presencia de otros hongos fueron eliminadas con una tijera y las uredosporas libres de endoparásitos contenidas en las hojas fueron pasadas a un taper grande.

i. Preparación del inóculo de *Hemileia vastatrix*

Se preparó, utilizando la metodología de (Vallejos, 2016), de la siguiente manera: se disolvió en un litro de agua destilada las hojas

infectas con las esporas de roya (esporas maduras), luego se procedió a mover la solución con la finalidad de homogenizar la concentración de las uredosporas. La preparación del inóculo se realizó teniendo previsto la infestación instantánea a los plántones, para acreditar la infección. Se realizó un conteo de las esporas, para ello, se tomó con la micropipeta una cantidad de la mezcla preparada, se procedió a introducir la muestra o solución en la cámara de Neubauer, y luego se colocó un cubreobjetos sobre la cámara Neubauer. La cámara Neubauer con la muestra se enfocó al microscopio para el conteo de las uredosporas de roya. El conteo se hizo en 9 cuadros grandes, donde se pudo observar 2 esporas por cuadro. Con la finalidad de conocer la cantidad de uredosporas infestadas se realizó el conteo, haciendo un total de 20 000 uredosporas/ml. Utilizando la fórmula para conteo de cuadros grandes (Vallejos, 2016).

$$\text{Concentración} = \frac{\text{Número de células} * 10\ 000}{\text{Número de cuadros}}$$

j. Infestación con roya a las plantas élites de café clonado

Las plantas de café típica propagadas vegetativamente, fueron inoculadas con la dilución de uredosporas descritas anteriormente en horas de la tarde cuando los rayos solares se ocultaron, previamente las plantas de café fueron irrigadas antes de la inoculación. Para ello se usó un aspersor manual, distribuyendo sobre las hojas de todas las plantas, la aplicación pulverizada de la dilución se realizó de forma uniforme. Finalmente, las plantas que fueron inoculadas con uredosporas de roya amarilla fueron cubiertas con una bolsa de plástico y se cerró; luego se colocó una hoja de periódico sobre la bolsa de plástico para evitar la luz solar directa sobre las hojas inoculadas (para evitar la inhibición de la germinación de las esporas); 24 horas después de la inoculación, se procedió a retirar la bolsa de plástico, pero se guardó la hoja de periódico sobre las hojas inoculadas; Después de 24 horas, se retiró la hoja del periódico y dejó libre las plántulas de café para su posterior evaluación (Varzea, 2016).

k. Evaluación de las variables

Las evaluaciones se realizaron seleccionando al azar 3 plantas, se realizó en total 8 evaluaciones cada 15 días, durante 4 meses y se utilizó una ficha para la toma de datos.

Determinación de la incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*) del café

Para la evaluación se tomó los siguientes datos:

1. Número de hojas presentes al momento de cada lectura (NHP).
2. Número de hojas afectadas por la roya (NHA).

Incidencia de la roya: El porcentaje de hojas afectadas por la roya o incidencia, se calculó mediante la relación del número de hojas afectadas (NHA) y el número de hojas presentes (NHP) al momento de la evaluación (Alvarado & Solórzano, 2001).

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{NHA}{NHP} * 100$$

Determinación de la severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) del café

En cada planta se determinó el número de hojas y los síntomas observados determinaron el grado de severidad de la enfermedad, según el porcentaje de daño causado en la hoja. Para evaluar severidad en planta se utilizó el procedimiento recomendado por la institución SENASA de Perú del 2003 la cual se presenta a continuación (García, 2013).

En el Tabla 2. Se presenta la escala de severidad en cada hoja, según los síntomas observados. Pudiendo ayudar a diferenciar según el gráfico adjunto.

Tabla 2. Escala de severidad para 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 aérea sana
4	Mayor al 50 del área foliar se encuentra afectada

Fuente: (SENASA, 2012).

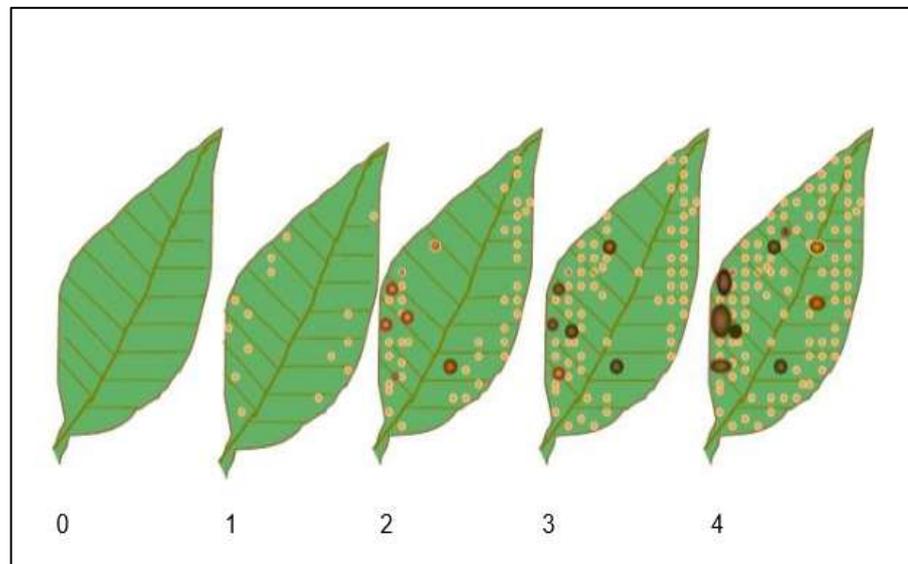


Figura 3. Diagrama del grado de la escala de severidad (SENASA, 2012).

La determinación de la severidad de la roya del café se hizo con la fórmula:

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

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

Determinación del Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

La determinación del área bajo la curva del progreso de la enfermedad se realizó mediante la fórmula propuesta por (Gamarra, Torres, Casas, & Riveros, 2015).

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n [X_{i+1} + X_i/2] [T_{i+1} - T_i]$$

Dónde:

X_i = Incidencia de la enfermedad en un tiempo dado de observación.

X_{i+1} = Porcentaje de daño del follaje en el día T+1.

T = Tiempo en días.

$(T_{i+1}-T_i)$ = Número de días resultado de la diferencia entre la primera y segunda lectura.

N = Número total de observaciones.

La severidad e intensidad de la enfermedad fue evaluada cada 15 días en el periodo de desarrollo de la roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix*).

III. RESULTADOS

Incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*) del café

En la **Tabla 3**, del análisis de varianza (ANOVA), reporta que en el factor sombra existe diferencia estadística significativa en el % de Incidencia de la roya amarilla. En cuanto a la dosis de fertilizante, se observó que para la variable % de incidencia hay diferencia estadística.

*Tabla 3. Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), con porcentajes de sombra y dosis de fertilizante.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
SOMBRA	0.61	2	0.3	62.35	0.0000*
DOSIS DE FERTILIZANTE	0.07	3	0.02	4.75	0.0106*
BLOQUE	0.02	2	0.01	2.43	0.1110
SOMBRA*DOSIS DE FERTILIZAN..	0.07	6	0.01	2.31	0.0699
Error	0.11	22	0		
Total	0.87	35			

*=significativo; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: factor F

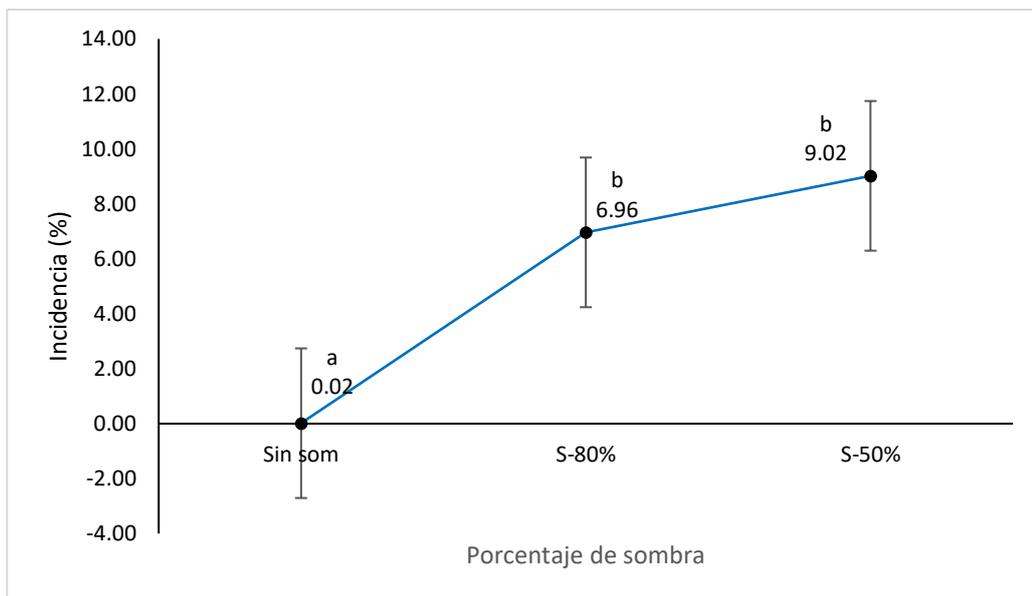


Figura 4. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la incidencia de la roya del café con porcentajes de sombra. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.

En la **Figura 4**, se analizó que a los 120 días de evaluado la incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) del café, estuvo fuertemente influenciado por el 50% y 80% de sombra, donde se reportaron medias de 9.02 y 6.96, comparado con el factor sin sombra, presentando este último una media de 0.02.

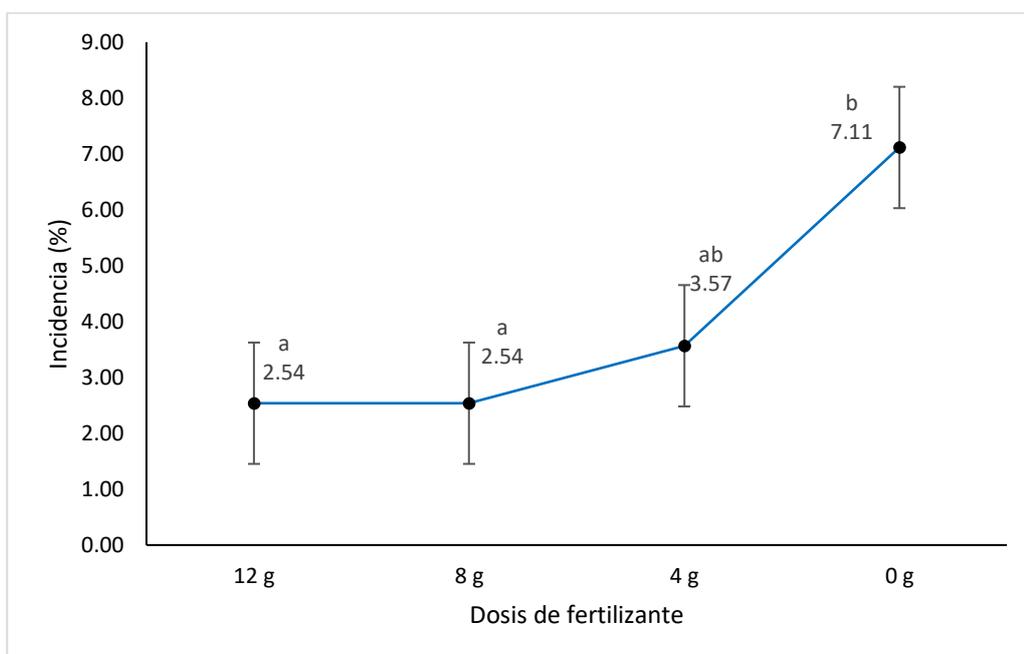


Figura 5. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la incidencia de la roya del café con dosis de fertilizante. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.

En la **Figura 5**, se analizó que a los 120 días de evaluado la incidencia de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) del café, estuvo fuertemente influenciado por el factor 0g/planta de fertilizante, donde se reportaron medias de 7.11, seguido de una dosis de 4g que presenta medias de 3.57, comparado con el factor 12g y 8g respectivamente, presentando estos últimos una media de 2.54. Así mismo se observa las plantas sin fertilizante presentaron mayor incidencia de roya en comparación a los fertilizados con dosis de 4, 8 y 12g/planta de fertilizante.

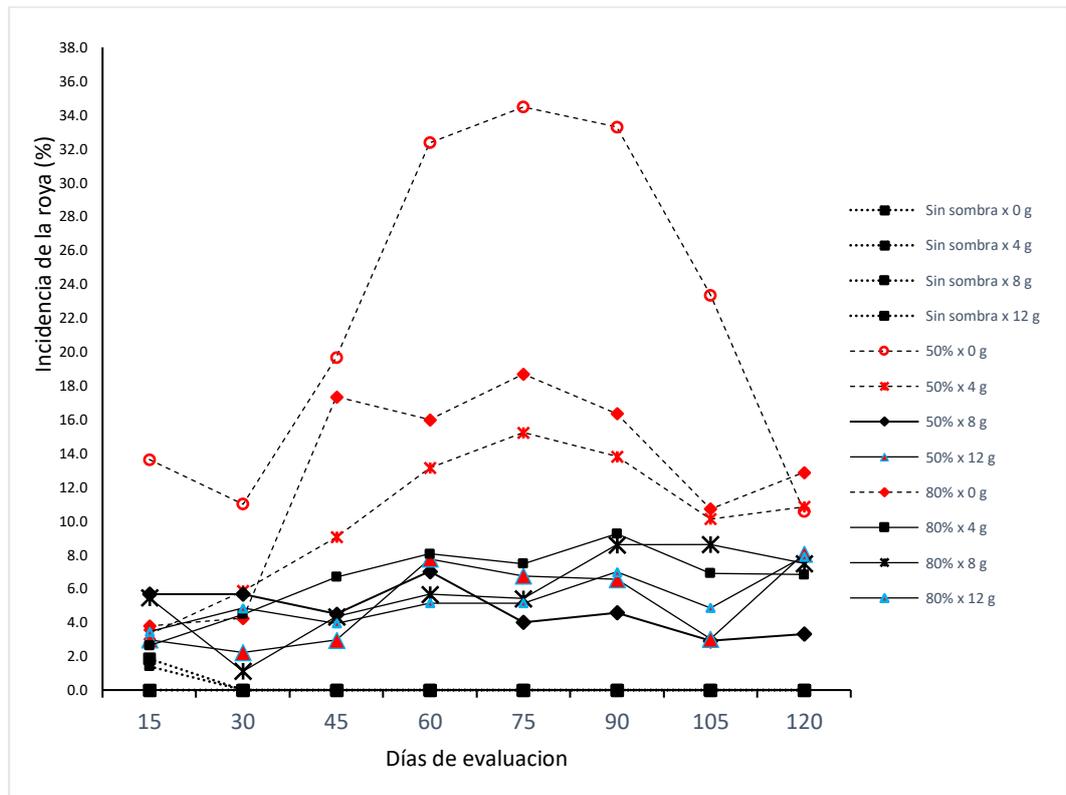


Figura 6. Desarrollo de la incidencia de la roya amarilla en clones elites de café.

En la **Figura 6**, se analizó que a los 120 días de evaluación encontró que la interacción de los factores tanto sombra y dosis de fertilizante presentan efectos en el desarrollo de la incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*), determinándose así que el tratamiento 0g x 50% presentó influencia negativa en la incidencia de la roya ya que bajo estas condiciones la enfermedad alcanzo el punto más alto.

Severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) del café

En la **Tabla 4**, del análisis de varianza (ANOVA), reporta que existe diferencia estadística entre porcentajes de sombra. En cuanto a la dosis de fertilizante, se observó que para la variable severidad si existe diferencia estadística.

Tabla 4. Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable severidad de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), con porcentajes de sombra y dosis de fertilizante.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
SOMBRA	98.92	2	49.46	11.76	0.0003*
DOSIS DE FERTILIZANTE	60.44	3	20.15	4.79	0.0102*
BLOQUE	15.44	2	7.72	1.84	0.1831
SOMBRA*DOSIS DE FERTILIZAN..	49.09	6	8.18	1.95	0.118
Error	92.52	22	4.21		
Total	316.41	35			

*=significativo; SC:suma de cuadrados; gl:grados de libertad; CM:cuadrados medios; F: factor F

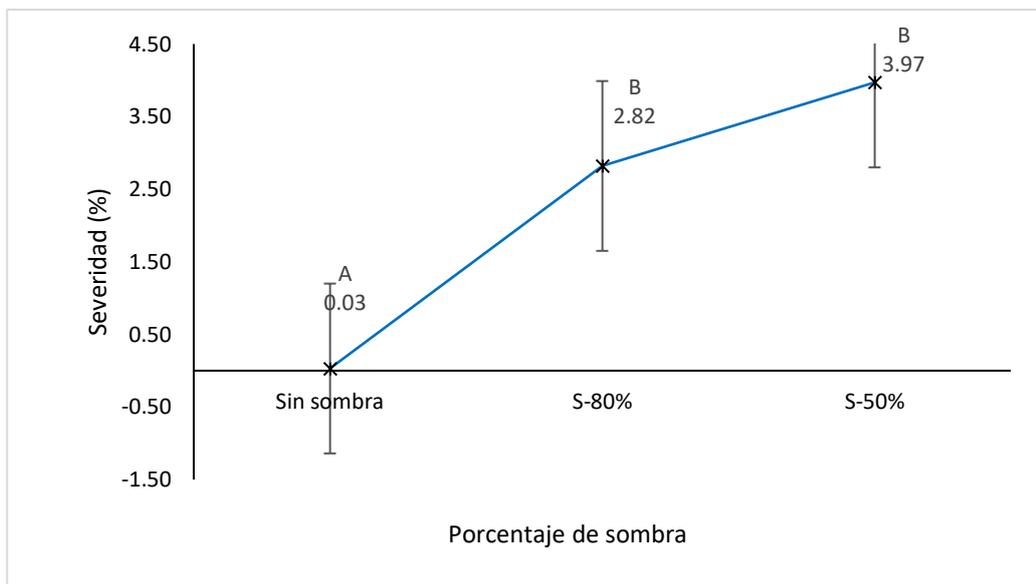


Figura 7. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la severidad de la roya del café con porcentajes de sombra. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.

En la **Figura 7**, se presenta la comparación de medias para la variable severidad de la roya del café, observando que el factor sin sombra presentó influencia positiva en el desarrollo de la severidad para ésta variable, reportando un promedio de 0.03, así mismo observamos que el 50% y 80% de sombra presentó influencia negativa en la severidad de la roya.

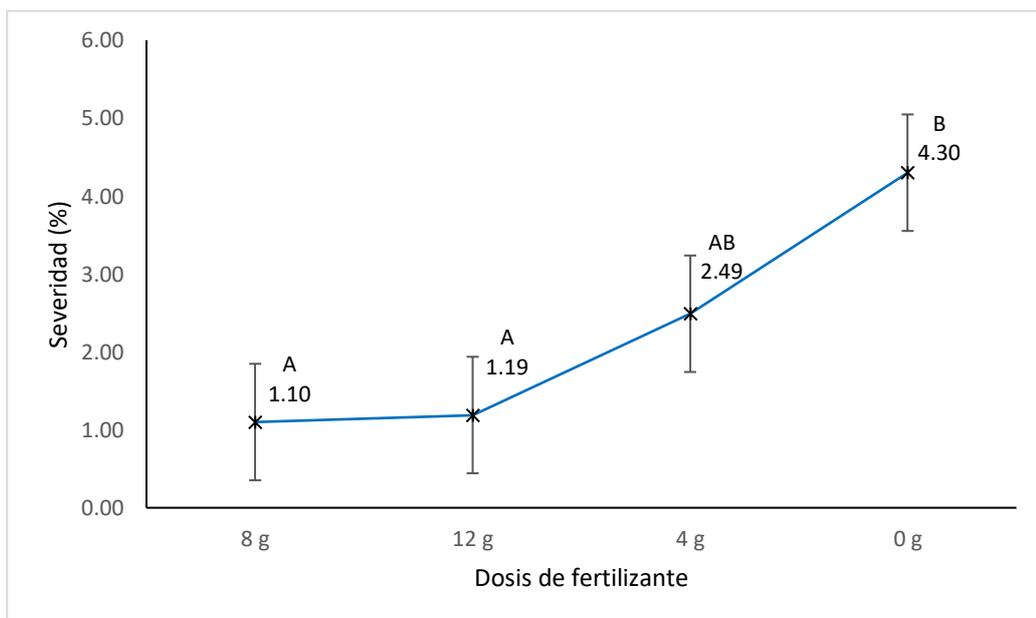


Figura 8. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la severidad de la roya del café con dosis de fertilizante. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.

En la **Figura 8**, se presenta la comparación de medias para la variable severidad de la roya del café, observando que el factor 8g y 12g/planta de fertilizante no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, por lo que, para esta variable, mostraron una influencia positiva en el desarrollo de la severidad de la roya, con un promedio de 1.19 y 1.10 respectivamente, del mismo modo se aprecia la severidad de la roya sin fertilizante fue mayor que los demás.

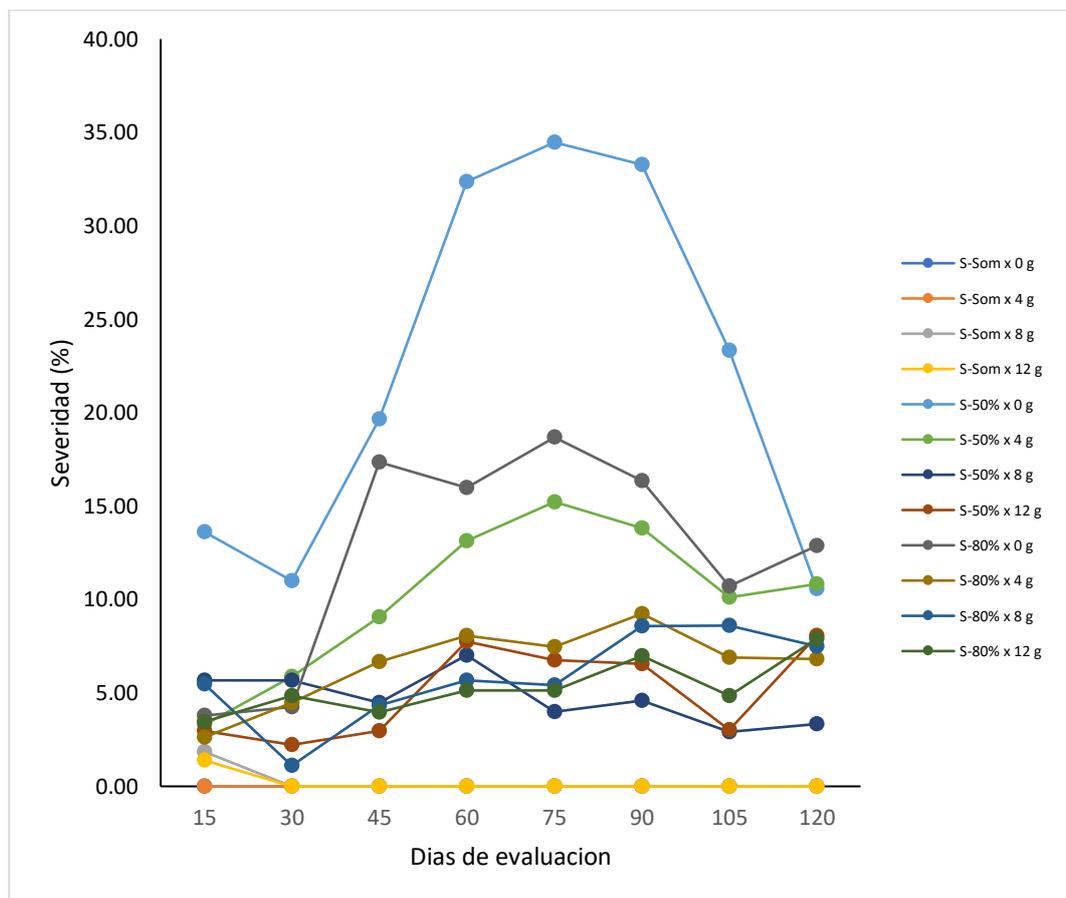


Figura 9. Desarrollo de la severidad de la roya amarilla en clones elites de café.

En la **Figura 9**, se analizó que a los 120 días de evaluación encontró que la interacción de los factores tanto sombra y dosis de fertilizante presentan efectos en el desarrollo de la severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*), determinándose así que el tratamiento 0g x 50% presentó influencia negativa en la severidad de la roya ya que bajo estas condiciones la enfermedad alcanzo el punto más alto.

Determinación del área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE)

En la **Tabla 5**, del análisis de varianza (ANOVA), reporta que existe diferencia estadística entre los porcentajes de sombra. En cuanto a la dosis de fertilizante, se observó que para la variable Área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE) si hay diferencia estadística.

*Tabla 5. Análisis de Varianza (ANOVA) para el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE) de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), con porcentajes de sombra y dosis de fertilizante.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
SOMBRA	2498628.31	2	1249314.15	13.4	0.0002*
DOSIS DE FERTILIZANTE	1410251.49	3	470083.83	5.04	0.0083*
BLOQUE	396746.05	2	198373.02	2.13	0.1429
SOMBRA*DOSIS DE FERTILIZAN..	1138711.31	6	189785.22	2.04	0.1035
Error	2050456.33	22	93202.56		
Total	7494793.49	35			

*=significativo; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: factor F

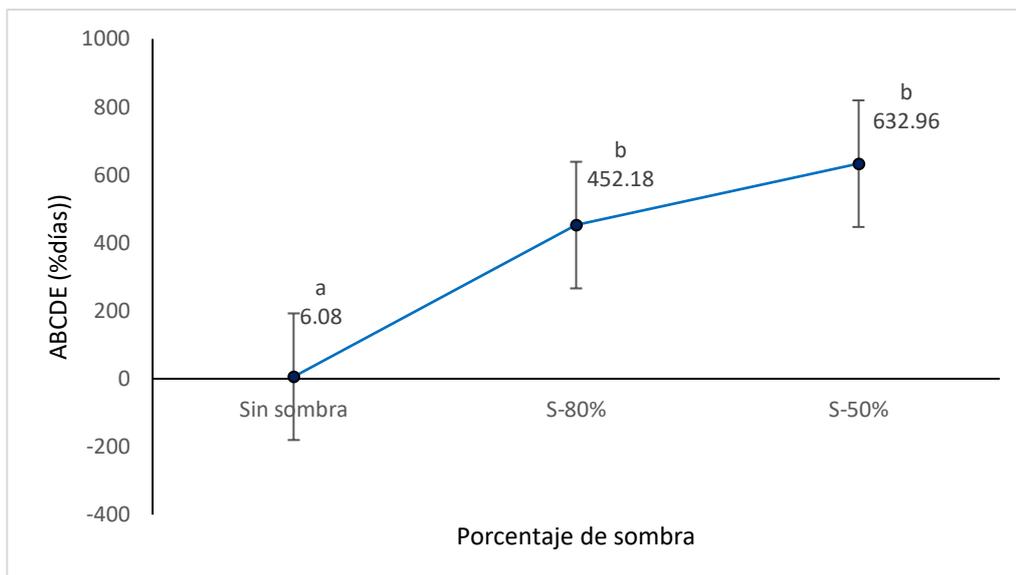


Figura 10. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE) de la roya del café con porcentajes de sombra. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.

En la **Figura 10**, se presenta la comparación de medias para la variable área bajo la curva de desarrollo de la roya del café, observando que el factor sin sombra presentó influencia positiva en el desarrollo de la severidad y por consiguiente menor área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad, reportando un promedio de 6.08 %días, así mismo observamos que al 50 y 80% de sombra no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí.

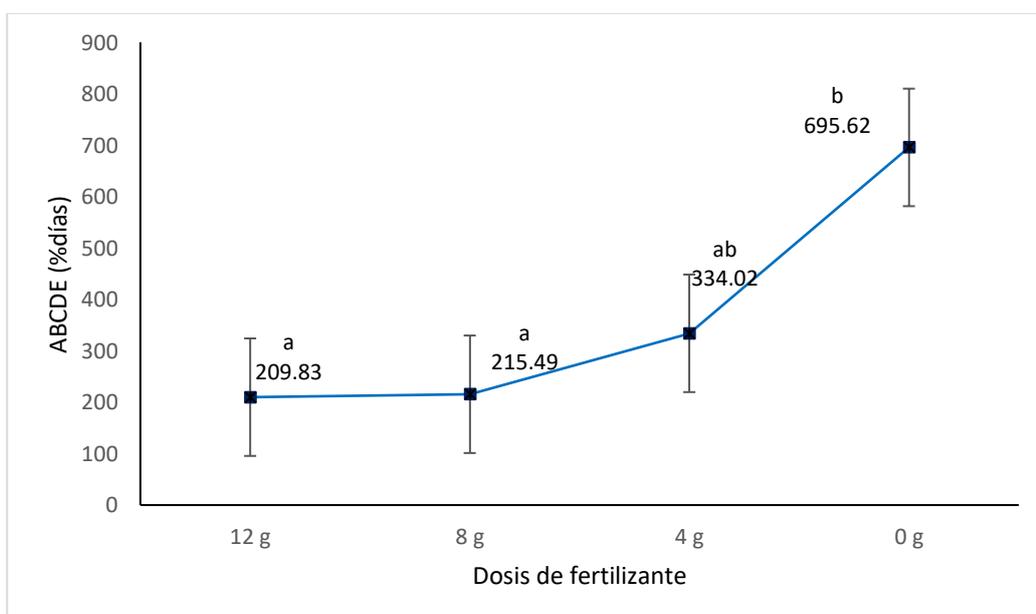


Figura 11. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE) de la roya del café con dosis de fertilizante. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí.

En la **Figura 11**, se presenta la comparación de medias para la variable área bajo la curva de desarrollo de *H. vastatrix* del café, observando que la dosis 0g/planta de fertilizante presento influencia negativa, donde se reportaron medias de 695.62%días, comparado con una dosis de 8 y 12g respectivamente que no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, presentando estos últimos una media de 215.49 y 209.83%días.

IV. DISCUSIÓN

Al evaluar la influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élitos de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas, se observa que las plantas elites que recibieron mayor dosis de fertilización (8 y 12g) presentaron menor incidencia y severidad de la roya amarilla del café, en efecto esto se corrobora con lo mencionado por (Avelino, y otros, 2006), quien encontró que fincas bien fertilizadas o fincas en suelos fértiles eran menos expuestas a ataques severos de la roya.

Dado que la roya es un patógeno biotrófico se ve favorecida por el retraso en la senescencia de las hojas, por lo cual el nitrógeno podría tener efectos favorables sobre esta (Walters & Bingham, 2007). En nuestro estudio las plantas que fueron fertilizadas con mayor dosis de fertilizante (8 y 12g), fueron más resistentes al ataque de la roya amarilla. Estas dosis aportaron bastante Nitrógeno contenido en el guano de isla. Lo que contradice a lo dicho por los autores y por (Lagos, 2014), quien en su investigación “Efecto de la condición química del suelo y de la fertilización sobre la incidencia, severidad y resistencia fisiológica de plantas de café a la roya (*Hemileia vastatrix*)”, encontró que la incidencia de la roya fue favorecida por mayores cantidades de nitrógeno aplicado al suelo y urea aplicada al follaje.

En nuestro estudio las plantas que fueron fertilizadas con mayor dosis de fertilizante (8 y 12g) y por ende mayor contenido de fósforo que aportó la roca fosfórica, fueron más resistentes al ataque de la roya amarilla, esto se corrobora con lo mencionado por (Walters & Bingham, 2007), quien dice que el fósforo puede influir en la resistencia fisiológica en dos vías: incentiva el funcionamiento normal de la célula lo cual influye en el suministro de alimento para los biotróficos; pero también aumenta las defensas de las plantas y también las mayores severidades se asociaron a menor cantidad de fósforo aplicado al suelo y mayor cantidad de urea aplicada al follaje (Lagos, 2014).

Savary et al.(1995), encontraron que plantas de arroz con altos niveles de nitrógeno tenían mayores ataques de *Rhizoctonia solani* (tizón de la vaina del arroz), en nuestro estudio las plantas que fueron fertilizadas con mayor dosis de

fertilizante y por consiguiente mayores niveles de nitrógeno tuvieron menor ataque de la roya amarilla del café.

En nuestra investigación los clones de café que recibieron mayor dosis de fertilizante tuvieron menor incidencia y severidad, lo que contradice a lo encontrado por (Lagos, 2014), en Honduras donde hubo mayor incidencia de roya en parcelas donde se aplicaron mayores cantidades de N al suelo. Y también lo dicho por (Dordas, 2008) y Avelino et al. (2011), quienes establecieron que los parásitos biotróficos se favorecen de altas concentraciones de N en la planta.

Al evaluar la influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élites de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas, se observa que las plantas elites que se encontraron bajo 50% y 80% de sombra presentaron mayor incidencia y severidad de la roya amarilla del café, en efecto esto se corrobora con (López, Virginio, & Avelino, 2012) quienes encontraron mayor incidencia de roya bajo sombra en plantas con cargas fructíferas controladas. Esto sugiere que la sombra favoreció los procesos pre-infecciosos de germinación y penetración, los cuales determinan la incidencia, respecto al pleno sol.

En nuestra investigación los clones de café bajo 50% y 80% de sombra alcanzaron mayor incidencia y severidad de la roya, lo cual indica que la sombra favorece el desarrollo de la enfermedad, esto se corrobora por (Brenes, 2016), quien en estudios complementarios, estableció que bajo sombra de cashá (*Chloroleucon eurycyclum*), cuando llueve, se favorece el proceso de dispersión, especialmente durante la noche. Esto concuerda con lo encontrado por (Boudrot et al., 2016), quienes establecieron cómo la sombra en los días con lluvia favorece la dispersión de las uredosporas ya que el agua se acumula en las hojas del árbol de sombra, formando gotas de agua gordas, las cuales caen con más fuerza impactando las hojas y liberando las uredosporas que se encuentran en el envés. Por el contrario, en días secos (Boudrot et al., 2016) y (Brenes, 2016) mencionan que la sombra reduce la dispersión de las uredosporas debido a que los árboles interceptan el viento, el cual es el que libera y transporta las uredosporas en ausencia de lluvia.

(Segura, 2016), reportó mayor lavado de esporas en los tratamientos a pleno sol respecto a los de sombra. Lo anterior indica que se conservan más esporas bajo

sombra ya que ésta intercepta el agua y al haber menos agua en la plantación se produce menor lavado comparado con condiciones a pleno sol. Lo dicho por el autor, se pudo corroborar con los resultados de éste proyecto, donde las plantas bajo 0% de sombra o expuestas a pleno sol tuvieron menor incidencia y severidad de la roya amarilla.

Al evaluar la influencia de la sombra y fertilización en la resistencia de clones élites de café (*Coffea arabica* L.) ante la incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Rodríguez de Mendoza-Amazonas, se observa que las mayores infecciones de la roya se dieron a 50% y 80% de sombra, lo que concuerda con lo mencionado por López (2010), quien encontró relación positiva entre la sombra y la incidencia de la roya cuando la carga productiva era homogenizada. Las máximas infecciones de roya se dieron en porcentajes de sombra entre 35% y 73%.

V. CONCLUSIONES

- Los porcentajes de sombra y las dosis de fertilizante presentaron influencia en la resistencia de clones de café variedad típica, los tratamientos con 50% y 80% de sombra tuvieron influencia negativa disminuyendo la resistencia de los clones de café, mientras que el tratamiento bajo 0% de sombra fue el tratamiento que presentó influencia positiva aumentando la resistencia. En cuanto a la fertilización plantas bien fertilizadas (8g y 12g de fertilizante) son más resistentes a la roya, mientras que plantas sin fertilizar (0g de fertilizante) son menos resistentes.
- El porcentaje de sombra que tuvo influencia negativa en la incidencia y severidad de la roya amarilla del café fue el 50% y 80% de sombra, mientras que un 0% de sombra presentó influencia positiva disminuyendo la incidencia y severidad de la roya. Lo cual indica que a las condiciones de sombra el café es más susceptible a la enfermedad.
- Las dosis de fertilización que tuvo influencia positiva en el desarrollo de la incidencia y severidad de la roya amarilla del café fueron de 8g y 12g de fertilizante presentando menor desarrollo de la enfermedad, mientras que una dosis de 0g de fertilizante presentó influencia negativa aumentando la incidencia y severidad de la roya. Lo cual indica que a mayor dosis de fertilización o plantas bien fertilizadas son más resistentes a la enfermedad.

VI. RECOMENDACIONES

- Replicar el estudio en otras localidades y condiciones ambientales diferentes para conocer si las relaciones encontradas se mantienen.
- Realizar investigaciones con porcentajes de sombra y dosis de fertilizantes en plantas clonales a nivel de campo, para validar la tolerancia de germoplasmas élites de café
- Realizar investigaciones con plantas clonales de cafés especiales, probando fertilización, con dosis diferentes para probar la tolerancia a la roya amarilla.
- Desarrollar investigaciones que involucren rangos altitudinales amplios para determinar la altitud óptima que promueva el desarrollo fisiológico y la resistencia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*).
- Validar la investigación a través de una comparación con los tratamientos estudiados entre plantas clonadas y plantas propagadas por semilla botánica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado, G., & Solórzano. (2001). Caracterización de la resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix* en genotipos de café en Colombia. *Cenicafé* 52(1), 5-19.
- Avelino, J., Hoopen, G., & DeClerck, F. (2011). Ecological Mechanisms for Pest and Disease Control in Coffee and Cacao Agroecosystems of the Neotropics. *MEASURING ECOSYSTEM SERVICES*, 92-118.
- Avelino, J., Hoopen, G., & DeClerck, F. (2011). Ecological Mechanisms for Pest and Disease Control in Coffee and Cacao Agroecosystems of the Neotropics. *MEASURING ECOSYSTEM SERVICES*, 92-118.
- Avelino, J., Zelaya, H., Merlo, A., Pineda, A., Ordóñez, M., & Savary, S. (2006). The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecological modelling* 197(3), 431-447.
- Boudrot, A., Pico, J., Merle, I., Granados, E., Vílchez, S., Tixier, P., . . . Avelino, J. (2016). Shade Effects on the Dispersal of Airborne *Hemileia vastatrix* Uredospores. *Phytopathology* 106, 572-580.
- Brenes, A. (2016). *Efecto de la sombra de Cashá (Chloroleucon eurycyclum) sobre los procesos de colonización, esporulación y dispersión aérea de la roya (Hemileia vastatrix) sobre plantas de café (Coffea arabica) en la zona de Turrialba, Costa Rica*. Turrialba-Costa Rica: Thesis Mag. Sc - CATIE.
- CICAPE. (2011). *Guía técnica para el cultivo del café*. Costa Rica: Instituto del Café en Costa Rica.
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. *A review. Agron. Sustain* (28), 33–46.
- Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café . (23 de Julio de 2008). <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-cafeto-t27565.htm>. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-cafeto-t27565.htm>.
- Gamarra, D., Torres, G., Casas, J., & Riveros, H. (2015). *Caracterización y manejo integrado de la roya amarilla del café en selva central del Perú*. Satipo.

- 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*. Chimaltenango: Universidad Rafael Sandívar.
- Lagos, S. (2014). *Efecto de la condición química del suelo y de la fertilización sobre la incidencia, severidad y resistencia fisiológica de plantas de café a la roya (Hemileia vastatrix)*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- López, D. (2010). *Efecto de la carga fructífera sobre la roya (Hemileia vastatrix) del café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en Turrialba, Costa Rica*. Turrialba (Costa Rica): Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- López, D., Virginio, E., & Avelino, J. (2012). Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. *Crop Protection* 38, 21-29.
- Nahuamel, E. (2013). *Competitividad de la cadena productiva de café orgánico en la provincia de la Convención, Región Cuzco*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Quiroz, F. (25 de Octubre de 2015). Difunden café de Amazonas en sus diversas presentaciones en "Expo Café 2015". *ANDINA AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS*.
- Salazar, B., & Rivera, N. (2013). La roya: devastación del sector cafetalero. *La Revista Agraria*, 151.
- Savary, S., Castilla, N., Elazegui, F., McLaren, C., Ynalvez, M., & Teng, P. (1995). Direct and indirect effects of nitrogen supplies on rice sheath Blight spread. *The American Phytopathological Society* 85(9), 959-965.
- Segura, B. (2016). Efecto de la sombra en el cultivo del café sobre los procesos de esporulación, la dispersión a través de agua y la deposición, de *Hemileia vastatrix*, en Turrialba, Costa Rica. *CATIE*.

SENASA. (2012). *MIP Plaga del cafeto*. Obtenido de <http://www.senasa.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/SUBDIRCONTEP/1222.PDF>.

Vallejos, J. (2016). *Resistencia de plantas café arábico (Coffea arabica) variedad "Caturra Roja" a la Roya Amarilla (Hemilea vastatrix), en la Region San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.

Varzea, V. (2016). Protocolo para enviar muestras de roya del café a CIFIC. *Centro de Investigación de Ferrugens do Cafeeiro (CIFIC)*.

Walters, D., & Bingham, I. (2007). Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. *Ann Appl Biol*, 11.

ANEXOS



Imagen 1. Clones de café utilizados en la investigación.



Imagen 2. plantas de café de 4 meses de edad.



Imagen 3. Selección de clones elites de café.



Imagen 4. Limpieza del área y obtención de materiales.



Imagen 5. Varillas de madera utilizadas para la instalación de sombra.



Imagen 6. Instalación de sombra en el área de investigación.



Imagen 7. Distribución de tratamientos en el área experimental.



Imagen 8. colocación de etiquetas en cada tratamiento.



Imagen 9. Fuente de inoculo de la roya amarilla en hojas de Café.



*Imagen 10. colección y selección del inoculo de **Hemileia vastatrix**.*



Imagen 11. Observación de esporas de roya en un estereoscopio.



Imagen 12. Selección de hojas infectadas con roya.



Imagen 13. Eliminación de hojas infectadas con hongos diferentes a Hemileia vastatrix.



Imagen 14. Preparación de la disolución con agua destilada.



Imagen 15. Introducción de la muestra o solución en la cámara de Neubauer.



Imagen 16. Conteo de esporas en la cámara de Newbauer.

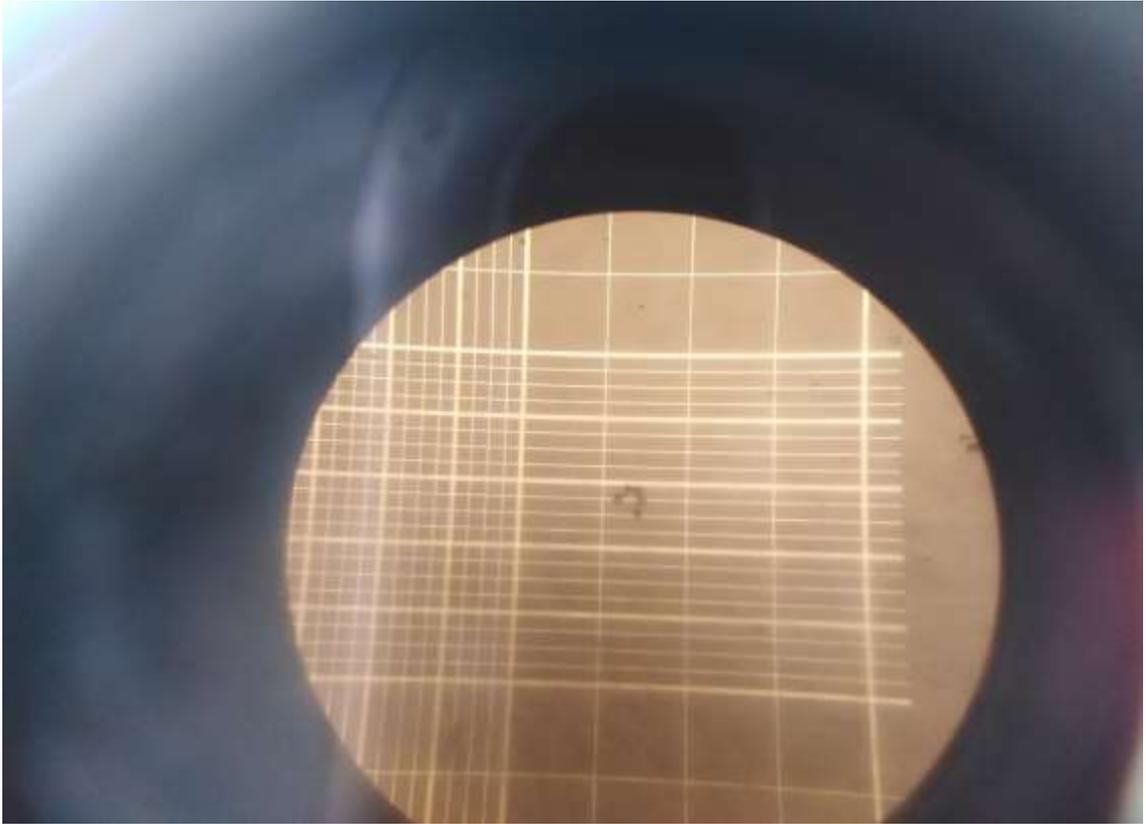


Imagen 17. Esporas de roya visto desde un microscopio.

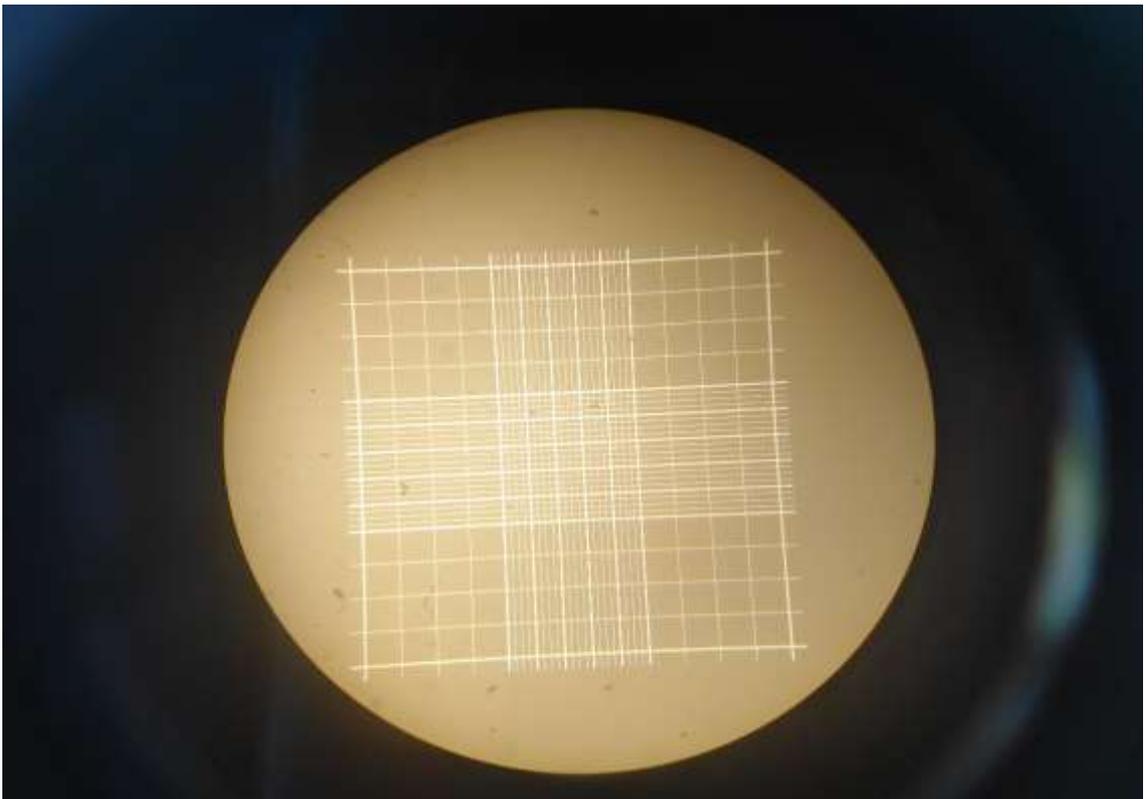


Imagen 18. Conteo de esporas de la disolución de Hemileia vastatrix.



Imagen 19. Colocación de bolsas de plástico sobre las plantas de café.



Imagen 20. Colocado de hojas de periódico sobre la bolsa de plástico.



Imagen 21. plantas inoculadas protegidas de la luz solar.



Imagen 22. colocado de sombra después de la inoculación con roya.



Imagen 23. Plantas de café inoculadas, protegidas de la luz solar y su respectiva sombra.



Imagen 24. Evaluación de Incidencia y severidad de la roya amarilla en clones élitos del café.



Imagen 25. Hoja de café con escala 1 de severidad de H. Vastatrix



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
HERBARIO FORESTAL

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud de la señorita Bachiller Amparito Huamán Pilco, se proporciona la identidad del espécimen indicado.

La información proporcionada por la solicitante sobre la muestra es:

Zona de Colección : Distrito Huambo
Región : Amazonas
Colector : Amparito Huamán Pilco

Nº COL	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
AH_001	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	RUBIACEAE



Determinador: **Ing. M.Sc. Eli Pariente Mondragón**
Profesor Auxiliar Dpto. Ingeniería y Ciencias Agrarias
Director Escuela Profesional de Ingeniería Forestal FICA-UNTRM-A
Jefe del Laboratorio de Dendrología y Herbario Forestal (CHA).

Imagen 26. Constancia de determinación botánica.