



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* berk & br.) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Weltton Uwe Lois del Aguila Altamirano

ASESOR:

Ing. Eybis José Flores García

Tarapoto – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* berk & br.) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín

Autor:

Weltton Uwe Lois del Aguila Altamirano

Sustentada y aprobada ante el honorable jurado el día 27 de diciembre del 2018

.....
Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Segundo Dario Maldonado Vásquez
Secretario

.....
Ing. Marvin Barrera Lozano
Miembro

.....
Ing. Eybis José Flores García
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Weltton Uwe Lois del Aguila Altamirano, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con DNI N° 46832842, con la tesis titulada: **Selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* berk & br.) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), **falsificación** (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 27 de diciembre del 2018



Weltton Uwe Lois del Aguila Altamirano

DNI N° 46832842

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Wellton Uwe Lois Del Aguila Altamirano		
Código de alumno :	111105	Teléfono:	938288304
Correo electrónico :	aguilawaa@gmail.com	DNI:	46832842

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de:	Agronomía

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Selección y evaluación de las plantas matrices promisorias de café (Coffea arabica L.) tolerantes a roya (Hemileia vastatrix Berk & Br.) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


Firma del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

25 / 02 / 2022

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto - UNSM.

Ing. Grecia Vanessa Fachin Ruíz
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios por darme la fortaleza y salud para concluir una de mis metas en la vida.

A mis dos madres, María Manuela Cubas Copia por enseñarme en base a valores y darme los consejos que me servirán toda la vida, por formarme y ser la persona que soy hoy en día, y ahora me guías desde el cielo, y Elcira Altamirano Cubas por darme el ejemplo de vida que luchando se puede superar cualquier adversidad en la vida por más difícil que parezca.

A mi hermanita Yvanna Alexandra, por existir y dar alegría a mi vida.

Agradecimiento

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) sede San Martín, por brindarme la logística necesaria y sus instalaciones para desarrollar mi tesis, y estar comprometido con la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías hacia la agricultura.

Al Programa Nacional de Innovación Agraria – PNIA por financiar el presente trabajo de investigación enmarcado en el proyecto de investigación: Biofertilización y Bioprotección de plantas clonales de café (*Coffea arabica L.*) Con micorrizas arbusculares en la región San Martín - CONTRATO N° 23-2015-INIA-PNIA/UPMSI/IE.

A mi asesor Ing. Eybis José Flores García y a mis co-asesores Ing. M.Sc. Geomar Vallejos Torres y el Ing. M. Sc. Luis Alberto Arévalo López, por dedicar su tiempo y conocimientos, y desarrollar mi tesis sin ningún inconveniente, y responder interrogantes que tenía sobre el trabajo realizado.

Agradecer infinitamente a la familia del Proyecto Clones Café del IIAP – San Martín en especial al Ing. Marco Antonio García Sánchez por el apoyo que me dio en la instalación y desarrollo de este trabajo de investigación en cada provincia de la región San Martín, y poder trabajar la presente tesis, y mis amigos y compañeros de trabajo Ing. Christian Koch, Jiuner Pintado, Ani Cruz, Wilder Culqui, Karin González, Chang Paredes, Pilar Rodríguez, Anabel Saboya y Heydi Marlo; Gracias, por ser ante todo amigos incondicionales y estar siempre dispuestos a apoyarme.

Índice general

	Página
Dedicatoria	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1. Descripción morfológica del café.....	2
1.2. Taxonomía.....	2
1.3. Variedades del café arábico.....	3
1.4. Importancia de la resistencia del café a la roya.....	4
1.5. La roya del café	5
CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS	18
2.1. Tipo y nivel de investigación	18
2.2. Diseño de investigación.....	18
2.3. Población y muestra	19
2.4. Material y métodos.....	20
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.1. Evaluación de plantas matrices promisorias de café (<i>Coffea arabica</i> L.) tolerantes a roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br) en cuatro provincias de la región San Martín, por índice de intensidad de daño (%).....	25
3.2. Evaluación de plantas matrices promisorias de café (<i>Coffea arabica</i> L.) tolerantes a roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br) en dos pisos altitudinales de la región San Martín, por índice de intensidad de daño (%).....	29
3.3. Diferencia de medias	30
3.4. Evaluación de plantas matrices promisorias de café (<i>Coffea arabica</i> L.) tolerantes a roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br) según tres variedades	

(Caturra, Pache y Nacional) en la región San Martín, por índice de intensidad de daño (%)	32
3.5. Proceso de selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (<i>Coffea arabica</i> L.) tolerantes a roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín.....	36
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	45

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Tratamientos de la factorial	19
Tabla 2: Ubicación de las parcelas de café donde se realizó la selección de las plantas matrices de café con alta productividad y tolerancia a roya.....	20
Tabla 3: Índice de intensidad de daño de la roya.....	24
Tabla 4: Análisis descriptivo de la evaluación de cuatro provincias de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño (IID) de roya en las plantas de café	25
Tabla 5: Análisis de varianza de cuatro provincias de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café	26
Tabla 6: Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para conocer el índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café en las cuatro provincias de la región San Martín.....	27
Tabla 7: Análisis descriptivo de la evaluación de dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café	29
Tabla 8: Resultados para la prueba de hipótesis de la evaluación de dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.....	30
Tabla 9: Análisis descriptivo de la evaluación de tres variedades de café de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño	32
Tabla 10: Análisis de varianza de tres variedades de café de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño.....	33
Tabla 11: Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para conocer el índice de intensidad de daño del café en sus tres variedades	34
Tabla 12: Análisis descriptivo de la evaluación de cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.....	36
Tabla 13: Análisis de varianza de cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café	37

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Grado de calificación de roya en café (SENASA, 2003)	24
Figura 2: Diferencias de medias de cuatro provincias de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café	25
Figura 3: Diferencias de medias de dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.....	29
Figura 4: Zonas de decisión Probabilística de dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.....	31
Figura 5: Diferencias de medias de tres variedades de café de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño.....	33

Lista de siglas y abreviaturas

IID	: Índice de incidencia de daño
H₀	: Hipótesis nula
H₁	: Hipótesis alterna
GPS	: Global positioning system
DCA	: Diseño completamente al azar
ANVA	: Análisis de varianza
CV	: Coeficiente de variabilidad
R²	: Coeficiente de determinación
MINAGRI	: Ministerio de agricultura y riego
SENASA	: Servicio Nacional de Sanidad Agraria
IIAP	: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
FCA	: Facultad de Ciencias Agrarias
UNSM-T	: Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo de investigación fue seleccionar y evaluar plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) de cuatro provincias (Rioja, Lamas, Huallaga, El Dorado), en dos pisos altitudinales (700 - 1000, 1000 - 1300 m.s.n.m), tres variedades de café (Caturra, Pache, Nacional) con respecto al índice de intensidad del daño de la roya. Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 4x2x3, los datos obtenidos en campo fueron procesados con el programa estadístico SPSS 21. Los resultados obtenidos en la prueba de significancia de Tukey, indican que la variedad de café Pache fue la que obtuvo una alta intensidad de daño (Sig.= 0.003) a comparación de la variedad Nacional. Con la prueba de T – Student, se determinó que no existe diferencia significativa entre los dos pisos altitudinales estudiadas con respecto al índice de intensidad de daño de roya, dado que el $T_{\text{observado}}$ (0.152) fue menor al $T_{\text{probabilístico}}$ (1.657). Se concluye, que al 95% de confianza existe diferencia significativa en cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la región San Martín con respecto al índice de intensidad del daño de la roya en plantas de café (Sig.= 0.000), específicamente la provincia del Dorado en una altitud de 1000 a 1300 msnm, presentó descriptivamente una media (2,507.937) de mayor índice en intensidad de daño.

Palabras clave: Promisoria, roya, tolerancia, *Hemileia*, café, selección.

Abstract

The main objective of the present research work was to select and evaluate promising coffee (*Coffea arabica* L.) matrix plants tolerant to rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) from four provinces (Rioja, Lamas, Huallaga, El Dorado), in two altitudinal ranges (700 - 1000, 1000 - 1300 m.a.s.l.m.), and three coffee varieties (Caturra, Pache, National) with respect to the rust damage intensity index. A Completely Randomized Design (CRD) with a 4x2x3 factorial arrangement was used, and the data obtained in the field were processed with the SPSS 21 statistical program. The results obtained through the Tukey significance test indicate that the Pache coffee variety was the one that obtained a high intensity of damage (Sig.= 0.003) when compared to the National variety. The Student's t-test determined that there was no significant difference between the two altitudinal levels studied with respect to the rust damage intensity index, since the observed T (0.152) was lower than the probabilistic T (1.657). The conclusion is that at 95% confidence there is a significant difference in four provinces and two altitudinal levels of the San Martin region with respect to the rust damage intensity index in coffee plants (Sig.= 0.000), specifically the province of El Dorado at an altitude of 1000 to 1300 meters above sea level, descriptively presented a mean (2,507.937) of a higher damage intensity index.

Key words: promissory, rust, tolerance, *Hemileia*, coffee, selection.



Introducción

El café es el principal producto agrícola de exportación en el Perú; se estima que el área cultivada es 420 000 hectáreas a lo largo de la vertiente oriental de los Andes. (MINAGRI, 2015). La Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA-2015), ratificó al Perú como el segundo productor y exportador mundial de café orgánico detrás de México, lo que permitió conquistar casi 50 países, además de ser el principal abastecedor de Estados Unidos bajo el sello de Comercio Justo, abarcando el 25% de este nicho de mercado.

Hoy en día la roya del cafeto ha sido una enfermedad que ha devastado varias hectáreas de cultivo y muchas veces se ha tenido grandes pérdidas económicas perjudicando a productores, y trajo como consecuencia el abandono de cultivo, cambio por variedades resistentes a esta enfermedad con baja calidad de taza, baja producción y rendimiento en grano, así mismo se ha perdido nuestras variedades de cafés con buena calidad de taza, por ser muy susceptible al ataque de la roya como son las variedades de caturra, pache y nacional o típica.

Basándose en este problema se buscó una alternativa que sea económicamente viable para el agricultor, que es la selección de planta matrices promisorias de café (*C. arabica* L.) tolerantes a roya, como medida para extraer individuos tolerantes a la enfermedad.

Para el trabajo de investigación se realizó la selección y seguimiento de plantas de café tolerantes a roya en cuatro provincias de la región, donde hubo registros de mayor ataque de la enfermedad. Por tal motivo se planteó la siguiente hipótesis principal que al menos una de las tres variedades de café (pache, caturra y nacional) son tolerantes a roya (*H. Vastatrix* Berk & Br.) en un piso altitudinal. La principal limitante para la investigación fue que las parcelas no fuesen eliminadas por el agricultor.

El objetivo general fue seleccionar y evaluar plantas matrices promisorias de café (*C. arabica* L.) tolerantes a roya (*H. vastatrix* Berk & Br) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales en condiciones de campo, para así obtener individuos tolerantes a roya, para buscar solución al problema de roya en los cafetales.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Descripción morfológica del café

El café es un arbusto que puede alcanzar entre dos a seis metros de altura, es de hoja perenne y comienza a producir flores a partir del primer año (Desco, 2013). La raíz central es pivotante, su longitud en una planta adulta es de 50 a 60 cm aproximadamente, las raíces secundarias (de sostén y laterales) se originan a partir de la pivotante; de las secundarias, generalmente se desarrollan los pelos absorbentes que, en un alto porcentaje (80-90%), se encuentran en los primeros 30 cm del suelo, con un radio de 2 a 2.5 m a partir de la base del tronco. Los pelos absorbentes son muy importantes porque le permiten a la planta la absorción de agua y nutrientes del suelo (Desco, 2013).

El tallo es leñoso, erecto y de longitud diversa de acuerdo a la variedad. Presenta la particularidad de producir tres tipos de yemas que originan diferentes partes de la planta: el tallo, las ramas y las hojas (Desco, 2013). Las hojas tienen la lámina que miden de 12 a 24 cm de largo por 5 a 12 cm de ancho, variando su forma de elíptica a lanceolada (Desco, 2013).

La floración del café es marcadamente estacional, generalmente coincide con la presencia de las primeras lluvias, en las axilas de las hojas se presentan las yemas florales, el número promedio de flores por nudo es de 40 flores, 20 en cada axila, el número de floraciones varía según la precipitación de la zona. Cuando se abre la flor, las anteras ya han liberado gran cantidad de polen; por esta razón, la autofecundación se da en un alto porcentaje. Una vez que el polen alcanza los óvulos, la fertilización se completa durante cuatro o seis días (Desco, 2013). El fruto es una baya drupácea con dos almendras con sus respectivos embriones, que constituyen la semilla (Desco, 2013).

1.2. Taxonomía

Este género incluye las siguientes especies: *C. arabica*, *C. canephora* y pertenecen a la siguiente estructura taxonómica: (ITIS, 2016).

Reino	: Plantae
División	: Tracheophyta
Subdivisión	: Spermatophytina
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Gentianales
Familia	: Rubiáceae
Género	: <i>Coffea</i> .
Especie	: <i>Coffea arabica</i> L.

1.3. Variedades del café Arábico

Variedad Nacional: También llamado café variedad Typica, es originario de Etiopía, tiene el tamaño del grano relativamente grande, calidad superior como bebida, robustez a condiciones adversas de baja fertilidad y sequía, mayor resistencia y flexibilidad de sus ramas durante la cosecha, alta productividad, presenta el color bronceado de las hojas, emergen del ápice del eje central como de las ramas laterales. La planta a libre crecimiento alcanza hasta 4m de altura. El tallo por lo general consta de un solo eje vertical. Las ramas laterales son abundantes, con los entrenudos largos. Los frutos maduros adquieren un color rojo vinoso (Del Aguila, 2010).

Variedad Caturra: mutante de la variedad Bourbon, es originaria del Brasil. Se caracteriza por sus entrenudos cortos, de lo cual se deriva el porte bajo de la planta, sus ramas laterales abundantes con numerosas ramificaciones secundarias que dan a la planta un aspecto vigoroso. Las hojas nuevas son de color verde claro y cuando maduran de un verde intenso, un poco más anchas y proporcionalmente más largas que las del Bourbon. Es más precoz y presenta una mayor producción en relación a las líneas comunes de Typica y Bourbon. En el mutante rojo de caturra, los frutos adquieren un color rojo vinoso a la madurez, mientras que, en el mutante amarillo, un color amarillo. Este último ha mostrado algo más de productividad, pero menor retención de los frutos maduros en relación con la caturra roja (CADENA, 2012).

Variedad Pache: Es originaria de Guatemala. Sus hojas, flores y frutos son similares a los de la variedad Typica excepto el tamaño del árbol que es ligeramente menor al Caturra. En los primeros años su productividad es buena aunque su maduración es prolongada e

irregular (CADENA, 2012). También es conocida como una mutación de *typica* tiene porte bajo, buena ramificación secundaria, entrenudos cortos y abundante follaje y termina en una copa bastante plana o “Pache”. Las plantaciones de Pache se establecieron, principalmente, en oriente, donde su adaptabilidad y producción son satisfactorias. En general, se adapta bien en altitudes de 1067 m.s.n.m a 1677 m.s.n.m (Anacafe, 1988).

1.4. Importancia de la resistencia de café a la roya

Como todos sabemos que la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Br), al ser una enfermedad donde se encuentra presente causa grandes daños, es por eso la importancia encontrar variedades de café (*Coffea arabica* L.) Que son tolerantes a esta enfermedad como muy bien sea visto en los campos de cultivo es altamente devastadora.

El proceso de mejoramiento del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) por resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) ha permitido al caficultor el manejo de la enfermedad sin recurrir al uso de productos químicos costosos y contaminantes. El empleo de variedades mejoradas con resistencia a la roya es la forma más económica y efectiva para el manejo de la enfermedad (Álvarez *et al.*, 2001).

La obtención de resistencia durable a la roya del cafeto es uno de los principales objetivos del mejoramiento genético del café. Bajo un esquema de diversidad, este objetivo involucra el aprovechamiento y utilización de las diferentes fuentes de resistencia presentes en el germoplasma disponible. Las variedades mejoradas que se utilizarán en los próximos años estarán compuestas por líneas con resistencia completa y/o incompleta. Estas variedades retardan considerablemente el establecimiento y propagación de razas compatibles del patógeno y evitan la ocurrencia de epidemias (Álvarez *et al.*, 2001).

En café, la resistencia ha sido estudiada en condiciones de campo, invernadero y laboratorio mediante la calificación y/o cuantificación de los síntomas y signos de la enfermedad, asumiendo que estos se relacionan con el desarrollo del patógeno sobre el hospedante. En campo se ha evaluado el desarrollo de las epidemias de roya, identificando materiales con resistencia incompleta a la enfermedad mediante parámetros relacionados

con incidencia y severidad, y con los efectos de la enfermedad sobre la producción (Álvarez *et al.*, 2001).

1.5. La roya del café

1.5.1. Historia de la roya del cafeto

El primer reporte confiable de la presencia de (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) atacando cultivos se dio en 1869, en Ceilán (Sri Lanka). En ese mismo año aparece en India. Ya en 1876 se informa de su presencia en Sumatra y Java. En 1878 en Natal, África del Sur y en 1879 en las Islas Fidji. En Asia y África se dieron devastaciones de las plantaciones de café producto del hongo, lo cual marco una etapa importante para los productores de América cuando se detecta la presencia de la Roya en Brasil, en el Estado de Bahía en 1970 (CICAFE, 2013).

Ingreso al Perú en el año 1979 en la provincia de Satipo, región Junín y actualmente está en todas nuestras zonas cafetaleras y es desde entonces es la enfermedad más importante del cafeto en nuestro país (Oro Verde, 2013).

La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) pertenece a la familia Pucciniaceae. La familia es definida por las características de las teleiosporas usualmente pediceladas y lateralmente libres, o si lateralmente unidas, entonces pediceladas (Subero, 2013).

La clasificación del causante de la roya del cafeto es la siguiente (Subero, 2013):

División	: Eumycota
Subdivisión	: Basidiomycotina
Clase	: Teliomycetes
Orden	: Uredinales
Familia	: Pucciniaceae
Género	: <i>Hemileia</i>
Especie	: <i>H. vastatrix</i> Berk. & Br.

1.5.2. Razas de *H. vastatrix*

En 1932 por primera vez se informó sobre la especialización biológica del hongo, caracterizándose cuatro razas en la India. En 1972 se habían identificado 26 razas

fisiológicas diferentes en muestras enviadas de diferentes regiones del mundo. Es interesante hacer notar que en las regiones cafetaleras de África las razas I, II, III, VII y XV atacan los cafés arábigos, mientras que las razas IV, V y VI se encuentran en café robusta. De las 26 razas fisiológicas identificadas de *H. vastatrix*, la raza II ha sido más frecuentemente observada y es la más extendida, le sigue la raza I. Las otras razas son de distribución más variada, predominando algunas en determinadas localidades (Subero, 2013).

En cuanto a las razas de *Hemileia vastatrix*, 15 razas fisiológicas en los países de América del sur, las razas del hongo que se ha identificado son (I, II, III, VII, X, XIII, XV, XVI, XVII, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXXI y XXXVII), donde la raza II es la de mayor frecuencia. Los mecanismos que conducen a la formación de nuevas razas *H. vastatrix* todavía no están bien entendidos. Debido a que no se ha encontrado la fase sexual del hongo, se considera que la mutación es el principal mecanismo responsable de la variabilidad fisiológica del hongo, así como la presión de selección ejercida por los genes de resistencia dominantes debido a los aumentos en el número de mutantes más virulentos en la población hongo (Zambolim, 2015).

1.5.3. Biología de la enfermedad de la roya del café

En investigaciones sobre la germinación de las uredosporas, se encontró que ésta ocurre entre 12 y 24 horas y en 48 horas ya se forman los apresorios. Los síntomas aparecen a los 14 días después de la inoculación y la esporulación comienza después de 2 a 4 días de haber aparecido los síntomas. En algunas investigaciones se ha determinado que se requiere agua para la germinación de las uredosporas, y que ésta ocurre entre 2,6 y 4,7 horas a 23 °C, con un mínimo de una hora; la formación de apresorios toma de 6,5 a 8,5 horas con un mínimo de 5,3 horas. También se ha determinado en otra investigación que uredosporas colocadas en una gota de agua estéril e incubada a 24 °C inician su germinación después de 3 a 4 horas, llegando a 10-15% de germinación, y alcanzando de 60 a 85% de germinación después de 6 horas. Cada uredospora produce por lo menos un tubo germinativo, algunas veces dos y rara vez más. Después de 3 a 4 horas, los tubos germinativos pueden crecer de 20 a 140 micrones, y después de 8 horas pueden alcanzar entre 85 y 250 mm. en algunas ocasiones se ramifican en distintas direcciones. En los ápices de los tubos germinativos y al final de las ramificaciones se forman los apresorios. Una vez que el hongo ha penetrado exitosamente los tejidos del hospedero, se inicia la colonización y con el tiempo,

dependiendo de la naturaleza genética del hospedante, de la agresividad del patógeno y de los factores ambientales que los rodeen, se manifiestan los síntomas visibles de la enfermedad (Subero, 2013).

La Roya del cafeto apenas se presenten condiciones medio ambientales favorables de temperatura y humedad, inicia la diseminación de las uredosporas (semillas del hongo), La germinación de esporas requiere de la presencia de agua libre por al menos 6 horas y también es favorecida con temperaturas entre 21-25 °C y condiciones de obscuridad. El apresorio para formarse requiere de un periodo de 5.3-8.5 hr. La germinación se inhibe por la luz, cuando se evapora el agua de la hoja, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos (Oro Verde, 2013).

1.5.4. Epidemiología

Las condiciones óptimas para la producción de café son las mismas que se requieren para el óptimo desarrollo de la Roya del Cafeto con una temperatura promedio de 22 °C. Hasta el año 2007 se recomendó que las plantaciones de café al sol y a la sombra establecidas por encima de 1600 m.s.n.m.m de altitud, con ambientes que corresponden a una temperatura promedio de 19 °C no requerían control de la enfermedad.

Sin embargo las alteraciones climáticas causaron que sea muy difícil su control, estas alteraciones en particular la disminución en la diferencia entre temperaturas diarias máximas y mínimas (amplitud térmica) debidas al Fenómeno ambiental en todas las altitudes, y la presencia constante de humedad en las hojas, hizo que la enfermedad presentara niveles altos de Roya con características epidémicas en esas zonas por encima de los 1 600 m.s.n.m.m, llegando en algunos casos a registrarse paloteo por efecto de esta enfermedad hasta en altitudes superiores a 2 000 m. Por ello, en la actualidad se recomienda que el seguimiento y control de la enfermedad sea riguroso en cualquier condición altitudinal donde se cultive café (Rivillas, 2015).

Por otro lado a los denominados hospedantes tenemos a *Coffea arábica*, todas las variedades derivadas de ellas y *Coffea canephora* variedad robusta, por otro lado los factores del hospedante debe considerarse también 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 (CICAFE, 2013).

La Roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) es una enfermedad que para causar daños severos en los cafetales depende del desarrollo paulatino de múltiples ciclos de reproducción, diversos estudios indican que el tiempo desde que una espora germina y penetra invadiendo los tejidos internos de la hoja hasta que se forman las manchas con esporas puede tardar entre 20 y 40 días. Entre más favorables son las condiciones de temperatura y permanencia de agua sobre las hojas, menor será el tiempo para completar el ciclo (CICAFE, 2013).

Los factores ambientales que favorecen el desarrollo de la enfermedad y también su diseminación entre ellos tenemos: Por el viento, favorecida por la precipitación que facilita la salida de las esporas, así como su diseminación, por otro lado, el exceso de sombreado y alta densidad de la plantación (Agrobanco, 2012).

1.5.5. Sintomatología

La enfermedad se caracteriza por presentar pequeñas manchas redondeadas, amarillo naranja y polvorientas en el envés de las hojas. Inicialmente, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm. o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar. Si hay esporulación abundante, un ligero toque de la hoja puede hacer que una nube de esporas se desprenda. En los estados muy tempranos se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja. Esta mancha es translúcida y si se examina contra la luz se observa la apariencia de una gota de aceite. Uno o dos días después de su aparición, la mancha toma un color anaranjado y la superficie se torna polvorienta porque no forman esporas (Subero, 2013).

Cuando las manchas de la hoja atacada por el hongo envejecen, su centro muere, se torna marrón oscuro y se seca. La formación de esporas en estas áreas muertas cesa y con frecuencia las esporas presentes tienden a volverse grisáceas y pueden, en gran parte, desaparecer. Es común que antes de que el tejido foliar se torne marrón, las esporas pueden

aparecer más pálidas en la masa central de la lesión perdiendo su tinte anaranjado. El porcentaje de esporas con contenido hialino aumenta hacia el centro de la lesión y que la pérdida de color no se debe necesariamente al envejecimiento de las esporas in situ, ya que al ser removidas puede producirse una nueva generación de esporas hialinas. La pérdida del color amarillento-anaranjado típico de las esporas puede acelerarse con la presencia de un hongo blancuzco, parasítico, *Verticillium Hemileia* Bour. En etapas avanzadas del ataque, la mayor parte del área afectada muere y solamente de vez en cuando, cerca del margen, sobreviven áreas amarillento-anaranjadas portadoras de esporas (Subero, 2013).

Las lesiones comúnmente pueden ser limitadas por la nervadura principal y con menos frecuencia por una vena lateral, pero a veces estas barreras apenas retardan la expansión de una lesión o tienen poco efecto. La apariencia exacta de una lesión puede variar de acuerdo con la variedad del cafeto, según la susceptibilidad. Tales variaciones pueden afectar el tamaño de las lesiones, la proporción del área que muere y el espesor de la capa de polvo formada por las esporas. A veces se puede apreciar una zonificación circular de la parte amarillo-naranja de las lesiones. Cuando hay áreas grandes de la hoja infectada por la enfermedad, las áreas adyacentes, no infectadas, también pueden secarse y morir, afectando con frecuencia la hoja entera. Aun cuando sólo haya unas pocas lesiones, la hoja a menudo se reduce mucho y puede caerse a temprana edad. Como consecuencia de esto y de la abscisión de hojas muy atacadas, un árbol afectado severamente puede perder gran parte de su follaje, lo que a su vez puede conducir a una muerte descendente (dieback) más o menos pronunciada de sus ramas. Este efecto depende del clima reinante en ese momento, de la cosecha que produce el árbol y de la reserva de carbohidratos. Frutos de *Coffea liberica* en Java han sido encontrados con lesiones color marrón claro y oscuro, sobre los cuales se produjeron capas de esporas naranja típicas de *Hemileia*. Observaciones similares se han reportado en *C. liberica* (Subero, 2013).

1.5.6. Diseminación de la roya del cafeto

Viento. Varios investigadores han sugerido que el viento puede diseminar las esporas de la roya del café. Se ha especulado que corrientes de aire desde África Occidental (Angola) hacia Brasil trajeron las uredosporas que permitieron el establecimiento de la enfermedad en el Hemisferio Occidental. Investigadores del Departamento Nacional de Meteorología de Brasil han informado que corrientes de aire con velocidad de 20 Km/h. pudieron haber traído

las esporas de la roya desde África hasta las Costas de Brasil en 15 días. Otros investigadores sugirieron que los vientos del Océano Atlántico pudieron haber traído las esporas desde Angola a Bahía en 567 días. En 1970 se observó en Brasil que la dirección de las corrientes de aire en la región afectada por la roya era similar a la dirección en la cual la roya se estaba diseminando, especialmente en el Estado de Minas Gerais. También en pruebas realizadas con trampas para coleccionar esporas en la primera parte de 1971 por el Instituto Brasileño del Café, se coleccionaron esporas de *H. vastatrix* desde aviones volando a 50; 100; 250; 500 y 1 000 metros de altura. Las uredosporas coleccionadas a 1 000 metros estaban a 150 Km. de un área afectada en Sao Paulo (Subero, 2013).

El agua como diseminación de la roya. En algunas investigaciones se ha concluido que la dispersión de la roya por el aire es de poca o ninguna importancia y que las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas, si se aplica agua a la superficie, y se concluye que con la excepción de cuando la lluvia es acompañada con vientos de alta velocidad, la distribución de las esporas en la fase de crecimiento de la epidemia puede ser afectada solamente por el agua y por lo tanto la enfermedad se confina al propio árbol o cuando mucho a los árboles adyacentes. Se ha confirmado que la relación entre la intensidad de la lluvia y la dispersión de las uredosporas es lineal y bajo condiciones promedio, solamente las lluvias que excedían de 0,3 pulgadas dispersaron esporas solamente cuando el nivel de inóculo era alto, o sea, 2,0 y 2,5 pústulas activas de la roya por hoja. Se ha estudiado la manera como se mojan las caras inferiores de las hojas durante un aguacero en el campo, encontrándose que ciertas partes se mojan por la acción directa de las gotas al caer sobre la superficie inferior cuando las hojas se mueven debido a la turbulencia del viento. Sin embargo, la mayor parte del mojado resulta del rebote de gotas que caen en la superficie superior de las hojas que están abajo. Estas gotas al rebotar podrían llevar consigo uredosporas que han sido depositadas en las hojas inferiores. En investigaciones llevadas a cabo con trampas o colectores de agua de lluvia bajo las plantas de café afectadas por roya, se concluye que el número de esporas capturadas durante la experiencia no guardaba relación con la creciente intensidad del ataque observada durante el período, por lo que se atribuye a la lluvia un cierto papel en la dispersión de las uredosporas en un mismo árbol y en la misma plantación (Subero, 2013).

Los insectos y la diseminación de la roya. En la India se encontraron insectos de especies *Euphysothrips subramanii* y *Scirtothrips bispinosus* que se alimentaban de pústulas

de la roya y que llevaban un número elevado de esporas en su cuerpo. En Kenya se encontró que las larvas de dos especies de Dípteros (Cecidomyiidae) *Lestodiplosis* sp y *Mycodiplosis* sp se comían las esporas. Bajo condiciones de laboratorio, se encontró que tales insectos llevaban hasta 280 esporas, con un promedio de 37. De acuerdo con estos señalamientos, los insectos tendrían un papel suplementario con la dispersión que podría llegar a ser importante a nivel de hojas, árboles e incluso plantaciones completas, pero sería irrelevante en la dispersión a largas distancias. Además, la mayoría de las especies de insectos son muy poco móviles. Sin embargo, se ha sugerido que una forma posible, en la que las esporas pudieran ser diseminadas, sería si éstas fueran llevadas por un insecto como *Synopeas* y a su vez el insecto acarreado por una corriente de aire a través del Atlántico sobre plantaciones en Brasil, lo cual es teóricamente factible. En Brasil se han encontrado uredosporas de *H. vastatrix* adheridas al cuerpo de *Drosophila* sp; este insecto es muy abundante cuando los frutos del café están maduros. También se ha indicado al minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) como posible vector de la roya (Subero, 2013).

Otros medios de diseminación de la roya. La dispersión de la roya a través de material de propagación infectado, pero con síntomas poco visibles, puede provocar un avance acelerado de la roya en grandes áreas geográficas. También podría ser posible la propagación de la enfermedad a través de otras especies vegetales importadas de otros países. Existe la posibilidad de que la roya del café haya llegado de África al Hemisferio Occidental en plantas vivas. Las esporas pudieron haber venido sobre plantas de café o cacao aparentemente sanas. Asimismo, es posible que el movimiento interno de plantas entre una región y otra en el norte de Brasil haya facilitado el movimiento del patógeno en el área cafetalera. Un sólo contacto de ropa o brazos del personal que trabaja en cafetales basta para permitir que una gran cantidad de uredosporas queden adheridas en el envés de hojas sanas, lo que indica la posibilidad de dispersión de *H. vastatrix* incluso después de un leve contacto de hojas infectadas con ropa o piel del personal, lo cual constituye un peligro de la extensión mayor de la enfermedad. También se ha indicado que la densidad del tránsito aéreo ha permitido el transporte involuntario de esporas por esta vía, incluso entre continentes. Los sacos de café pueden ser ocasionalmente vehículos de las esporas de la roya (Subero, 2013).

1.5.7. Formas de evaluación

Se debe revisar los cafetales en forma de una “S”, “X” o “W”, tratando de cubrir todo el campo. Es importante no descuidar esta evaluación “revisando en el envés de las hojas”

y como mínimo deben realizarse al menos 4 veces al año para la toma de decisiones. Primero: Al termino de las podas; Segundo: Al inicio de la época lluviosa; Tercero: En el llenado de grano y Cuarto: En la maduración de grano. Todos con suma prioridad, caso contrario se pone en riesgo la cosecha de dos años consecutivamente (Oro Verde, 2013).

➤ **Calculo de la incidencia de la enfermedad.**

Para calcular la cantidad de Roya en términos de incidencia, se debe dividir la cantidad total de hojas enfermas en la bandola (ramas primarias), entre la cantidad total de hojas de la bandola y el resultado multiplicarlo por 100 (CICAFE, 2013).

$$\frac{\text{Total de hojas infestada}}{\text{Total de hojas evaluadas}} \times 100$$

1.5.8. Medidas de control

- **Manejo biológico de la Roya**

El manejo biológico de *Hemileia vastatrix* se convirtió en un gran campo de investigación en Cenicafé entre los años 1990 y 2002. Se consideró que la supresión de este hongo patógeno por la acción de microorganismos endofíticos podría ser de utilidad en algunas zonas productoras de café. En ese período se estudió el efecto de organismos como *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenis*, *P. putida* y *Lecanicillium lecanii*. Algunos resultados experimentales han mostrado que, sobre enfermedades de la filósfera, *B. subtilis* no tiene efecto de antibiosis ni de parasitismo. Adicionalmente la bacteria tiene una baja persistencia sobre las hojas. Uno de los hiperparásitos de la Roya del Café que más ha sido estudiado en condiciones naturales es el hongo *Lecanicillium lecanii* al cual se le reconocen atributos especiales como un enemigo natural de *Hemileia vastatrix*. En los estudios realizados con este hongo se encontró que era limitado su efecto como controlador biológico debido a dificultades similares a las presentadas por otros controladores biológicos, como eran la baja reproducibilidad del control en condiciones de campo; condiciones exigentes para poder explotar todo su potencial de uso y los altos costos de producción. En condiciones naturales pareciera no ser un gran controlador biológico que disminuya significativamente la epidemia de la Roya por el hecho de requerir de lesiones de Roya esporuladas, además de tener una alta diseminación este biocontrolador solamente a partir de lesiones viejas con Roya. Se evaluaron también formulaciones de moléculas elicitoras como BION (acibenzolar-5-metil), Probenazole

(ORYZEMATE), ácido beta-aminobutírico, con resultados importantes en plantas de almácigo donde se observó un aumento en los períodos de incubación y de latencia de *Hemileia vastatrix*. Con cepas de *Bacillus thuringiensis* aisladas en Colombia, se produjeron inhibiciones en la germinación de la Roya entre 77 y 97 %, similares a las obtenidas con los productos comerciales M-One, o con cepas de *Bt supesp. kurstaki* de Inglaterra y el CIMIC (Colombia). Con el producto DIPEL se lograron obtener bajos índices de infección con solo 8 días de inducción. En este estudio se pudo observar, a través de epifluorescencia, el limitado desarrollo de las urediniosporas en la hoja, así como la disminución en el número de células madre de haustorios (Rivillas, 2015).

Los soros de Roya son parasitados por diferentes hongos entre los que se destaca el *Verticillium lecanii*. En las plantaciones de café se encuentran diferentes variantes del biocontrol parasitando *C. viridis* y pústulas de Roya. Aunque se han informado diferentes variantes de *V. lecanii* se requiere un estudio de variabilidad taxonómica y filogenia más detallado. *V. lecanii* demanda una alta humedad relativa para un parasitismo eficiente. La curva natural de desarrollo del porcentaje del parasitismo tiene un retardo en relación con el desarrollo de la Roya en el campo. Por este motivo, se realizan aplicaciones inundativas con esporas del patógeno que son decididas mediante muestreo de pústulas latentes, esporuladas y parasitadas (Pérez, 2015).

El control biológico clásico significa el uso de un agente de control biológico que proviene del mismo sitio de origen y que ha co-evolucionado con el organismo que se quiere controlar. En principio cada plaga y patógeno tiene enemigos naturales que han co-evolucionado con ellos en sus sitios de origen y que los antagonizan directa o indirectamente, manteniendo las poblaciones de los mismos en un nivel controlado. Pero una vez que las plagas o patógenos se mueven o dispersan a otras regiones sin sus enemigos, estas alcanzan niveles elevados y fuera de control. La exploración de enemigos naturales de plagas y patógenos en sus sitios de origen ofrece la oportunidad de encontrar agentes de control biológico bastante específicos y relativamente seguros en otras áreas. Esta estrategia ha sido ampliamente utilizada y con bastante éxito para el control de plagas de importancia agrícola, con más de 2000 agentes de control biológico probados (Bale *et al.*, 2008; Wilson and Huffaker, 1973). En el caso de la Roya del Cafeto habría que explorar por los enemigos naturales de la Roya en África y luego introducir estos agentes en las zonas cafetaleras donde se quiere hacer el control (Mejía, 2015).

- **Por control químico**

El control químico con el oxiclورو de cobre y con el producto sistémico Bayleton y el producto Javelin (Bt), aplicados cada 45 días. La tasa media de infección aparente mostró diferencias estadísticas entre testigo sin aplicaciones (mayor enfermedad) con el tratamiento con Javelin, y a su vez de estos dos tratamientos con los químicos que fueron los que mostraron menor enfermedad. El experimento se evaluó durante un año, con un ataque de Roya en el período de máxima enfermedad que se consideró bajo (Rivillas, 2015).

Para el manejo de la Roya se han registrado los fungicidas cúpricos y triazoles sistémicos. Sin embargo, solo se utilizan en casos extremos cuando la intensidad de la enfermedad haga peligrar la plantación (Pérez, 2015)

- **Por manejo cultural**

Manejo de la sombra: (efectos controvertidos y variables dependiendo del contexto del campo): durante meses lluviosos, el exceso de sombra mantiene la humedad dentro de la plantación y alarga el secado del suelo y el follaje lo que favorece al desarrollo del patógeno y otras enfermedades como el ojo de gallo. La disminución de la incidencia de rayos solares tiene un efecto buffer contra oscilaciones extremas de temperatura y disminuye el impacto de la luz sobre la uredosporas y su efecto sobre la germinación de estas. El exceso de sombra disminuye la carga productiva y los agricultores tienden a plantar más plantas agravando la situación de la humedad. El exceso de luminosidad favorece la carga de frutos y a su vez el desarrollo de la Roya. Las áreas con mayor incidencia de luz también tienen una tendencia a más incidencia de minador de la hoja y *Sercospora coffeanum* en hojas y frutos. La recomendación general actual es mantener una cobertura de sombra entre 45 y 65 %.

Distancia de plantación (población): Depende de la fertilidad del suelo y las condiciones generales del sitio de producción. Evitar sobre población que afecta competencia por nutrientes y aumenta humedad, sombreado y disminuye circulación de aire.

Poda: Incrementa producción. Elimina ramas viejas improductivas, competencia por nutrientes y contribuye al saneamiento de la planta; reduce el número de nudos para evitar sobrecarga de frutos y reduce estrés. Mejor aprovechamiento de nutrientes disponibles y el

secado de las hojas después de una lluvia al mejorar la aireación. La reducción del follaje reduce los sitios de infección para *H. vastatrix*. Permite el incremento de la luz y su efecto en la inhibición de la germinación de las uredosporas.

Nutrición: Es basada en uso de abono verde aprovechamiento de la pulpa de café para producción de humus de lombriz, para viveros y siembras; producción de compost y aplicación siembra y plantaciones, para mejorar los suelos; producción de micorrizas para su uso en viveros; aplicación de enmiendas calcáreas y abono orgánico en los suelos muy ácidos que se vayan a fertilizar. La fertilización química está dedicada a los fomentos y viveros.

- **Por resistencia genética**

Esta enfermedad es causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, que tiene la particularidad de ser un parásito obligado, es decir solamente es capaz de desarrollar su ciclo biológico y sobrevivir en tejido vivo.

Cuando se habla de manejo no químico de una enfermedad en cualquier cultivo se debe pensar que existen una serie de opciones que se pueden aplicar para lograr este fin. Por otro lado, el uso de plantas resistentes elimina la necesidad de realizar esfuerzos adicionales para evitar pérdidas ocasionadas por algún patógeno; como lo puede ser el uso de agroquímicos.

Existen dos tipos de resistencia a la Roya del Cafeto; la resistencia completa que hace referencia generalmente a unos pocos genes que le confieren esa resistencia, mientras que la resistencia incompleta hace referencia a una serie de genes que le pueden conferir resistencia de una forma más perdurable (Arrieta, 2015).

Los Híbridos que muestran tolerancia a la Roya del café son los Catimores, obtenidos de la cruce de las variedades timor y caturra. En nuestro medio tenemos el Catuaí rojo, Catuaí amarillo, Costa Rica 95, Gran Colombia los mismos que también son tolerantes a la Roya, pero susceptibles a otras enfermedades como Arañero y ojo de pollo, por ello se recomienda la siembra de dos o más variedades en una finca, pero en lotes de monocultivo, para favorecer las labores de monitoreo y control. (ICT, 2012).

Desde el primer impacto sobre café por la roya (*H. vastatrix*), los productores e investigadores en Java, India, Ceilán y África han buscado y encontrado árboles resistentes. Sin embargo, las iniciales selecciones resistentes de *C. arabica* pronto sucumbieron, una tras otra, a nuevas razas del hongo. Existen 26 razas de la roya del cafeto. Los cafés hospedantes tienen seis factores dominantes para resistencia. La utilización de variedades resistentes a las razas fisiológicas de *H. vastatrix*, es el proceso más eficaz y económico de combatir esta enfermedad. La posibilidad de utilizar variedades resistentes, depende de la disponibilidad del material, de la resistencia a la raza o razas que existen en la región y de sus características culturales, comerciales de productividad y de calidad. De las razas fisiológicas de *Hemileia*, la raza II ha sido encontrada con mayor frecuencia y la más extendida, le sigue la raza I; las otras razas son de distribución más variada predominando algunas en determinadas localidades. Las variedades resistentes a la roya, varían en su calidad de resistencia de acuerdo a la raza fisiológica del hongo, siendo el Híbrido de Timor el único material resistente a todas las razas. Este material es aparentemente un cruce natural entre *C. arabica* y *C. canephora*, el 95% de las plantas son del grupo A, es decir, resistentes a todas las razas, mientras que 5% son del grupo R, resistentes a sólo dos razas, y al grupo E, resistentes a 7 razas. Este híbrido de Timor presenta una gran variabilidad fenotípica, lo que da una gran oportunidad de selección para ciertas condiciones específicas. Se han identificado 6 factores simples y dominantes que condicionan la resistencia del *C. arabica* a *H. vastatrix*. Los factores SH, SH y SH parecen estar únicamente ligados al *C. arabica*, SH parece sólo en los arábigos originarios de la Unión India y el SH existe solamente en el Híbrido Timor (Subero, 2013).

1.5.9. Antecedentes investigativos

El trabajo de investigación realizado por Tenazoa (2015), encontró que las variedades de café: pache, nacional, caturra amarilla y caturra roja resultaron ser tolerantes a roya, así mismo encontró que las encuestas determinadas el grado de afectación de roya en las fincas cafetaleras durante el periodo de cosecha 2012-2013 indica que el 51% de esta fue mala, debido a que el agricultor en este periodo no realizaron manejo agronómico como podas y abonamiento; mientras que en el periodo de cosecha 2013-2014 se observó que el follaje fuertemente infectado por roya se recuperaron en un 54% por efecto de los mejores prácticas agronómicas, además indica que la selección de plantas matrices tolerantes a roya, fue

eficiente, ya que los resultados muestran que todas las plantas durante el periodo de evaluación presentaron una tolerancia de grado 3.

Según Orbe (2016), la evaluación de la resistencia a roya del cafeto, dieron resultados en las que las plantas procedentes de la Altitud 2 (1 001-1 200 m.s.n.m.m.), presentaron mejores características como Altura, Producción de hojas principales y Producción de hojas axilares en la resistencia a la roya del cafeto.

Según Torres (2016), indica que la variedad que más sobresalió en tolerancia a roya fue la variedad pache en comparación a la variedad caturra, en condiciones de campo en diferentes condiciones agroclimáticas, en la provincia El Dorado, Huallaga, Moyobamba y Rioja; también afirma que la variedad caturra es la que más tolera roya a las demás variedades seleccionadas.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y nivel de investigación

El trabajo, selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (*C. arabica* L.) tolerantes a roya (*H. vastatrix* Berk & br.), se enmarcó en el tipo de investigación aplicada, debido a que busca la utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos, siendo su nivel de investigación explicativo, es decir, busca el porqué de los hechos con una investigación experimental.

2.2. Diseño de investigación

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un arreglo factorial de 4 x 2 x 3 para respuesta del objetivo general de la investigación y un análisis de varianza con $\alpha=0.05$ de nivel de significancia; de existir diferencia significativa se usa la prueba de Tukey para elegir el mejor tratamiento. La investigación se trabajó con los siguientes factores en estudio:

✓ **Factor “A”: Provincias:**

A₁ = Rioja

A₂ = Lamas

A₃ = Huallaga

A₄ = El Dorado

✓ **Factor “B”: Altitudes:**

B₁ = 700 - 1000 m.s.n.m.m

B₂ = 1000 - 1300 m.s.n.m.m

✓ **Factor “C”: Variedades:**

C₁ = Variedad de café (*Coffea arabica* L.) **Pache.**

C₂ = Variedad de café (*Coffea arabica* L.) **Caturra.**

C₃ = Variedad de café (*Coffea arabica* L.) **Nacional.**

Tratamientos de una factorial 4 x 2 x 3

Tabla 1.
Tratamientos de la factorial

Tratamientos	Clave	Provincias	Altitudes (M.S.N.M.M)	Variedades
T1	a1b1c1	Rioja	700-1000	Pache
T2	a1b2c1	Rioja	1000-1300	Pache
T3	a2b1c1	Lamas	700-1000	Pache
T4	a2b2c1	Lamas	1000-1300	Pache
T5	a3b1c1	El Dorado	700-1000	Pache
T6	a3b2c1	El Dorado	1000-1300	Pache
T7	a4b1c1	Huallaga	700-1000	Pache
T8	a4b2c1	Huallaga	1000-1300	Pache
T9	a1b1c2	Rioja	700-1000	Caturra
T10	a1b2c2	Rioja	1000-1300	Caturra
T11	a2b1c2	Lamas	700-1000	Caturra
T12	a2b2c2	Lamas	1000-1300	Caturra
T13	a3b1c2	El Dorado	700-1000	Caturra
T14	a3b2c2	El Dorado	1000-1300	Caturra
T15	a4b1c2	Huallaga	700-1000	Caturra
T16	a4b2c2	Huallaga	1000-1300	Caturra
T17	a1b1c3	Rioja	700-1000	Nacional
T18	a1b2c3	Rioja	1000-1300	Nacional
T19	a2b1c3	Lamas	700-1000	Nacional
T20	a2b2c3	Lamas	1000-1300	Nacional
T21	a3b1c3	El Dorado	700-1000	Nacional

Variable dependiente: Índice de Intensidad de daño.

Asimismo, para conocer si existe nivel de significancia ($p < 0.05$) en los pisos altitudinales se utilizó la prueba de diferencia de medias T – Student.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

El trabajo de investigación se realizó en las provincias de Rioja, Lamas, El Dorado y Huallaga, de la región San Martín, cuya selección de plantas matrices de café con alta productividad y tolerancia, de las cuales se escogió, 1260 plantas de café por altitud de las tres variedades población general, teniendo una población por variedad de 420 plantas, de igual manera en las 4 cuatro provincias.

Tabla 2.

Ubicación de las parcelas de café donde se realizó la selección de las plantas matrices de café con alta productividad y tolerancia a roya.

Provincia	Distrito	Comunidad
El Dorado	San Martín de Alao	Nueva Esperanza
		Nueva Juventud
Lamas	San Roque de Cumbaza	Buena Vista
		Chunchiwi
	Lamas	Chiricyacu
		Alto Shambuyacu
Rioja	Pardo Miguel Naranjos	Chirapa
		Pacchilla
		San Juan del Mayo
		Naranjos
		Oriente Nuevo
Huallaga	Awajum	Diamante
	Saposo	CC.NN. Alto Mayo
	Piscoyacu	Alto Andino
		Nuevo Brasil

2.3.2. Muestra

Selección de plantas de *C. arabica* L. que se encontraban en su etapa productiva y que este infestados o no con roya, con 24 tratamientos en las 4 provincias de San Martín con sus 5 repeticiones cada tratamiento obteniéndose 120 unidades experimentales para evaluar.

2.4. Material y métodos

2.4.1. Materiales

✓ Herramientas

- Cuchilla.
- Machete.
- Wincha.
- Etiquetas.
- Nylon.
- Tablero.

✓ Materiales de gabinete

- Papel A4.
- Lapiceros.
- Lápiz.
- Borrador.
- Regla milimetrada.
- Fichas de evaluación.

✓ **Equipos**

- GPS.
- Cámara fotográfica.

2.4.2. Métodos

2.4.2.1. Conducción del experimento

El presente trabajo de investigación se desarrolló, teniendo como ámbito de influencia cuatro provincias de la región San Martín, la selección de las plantas matrices de café (*Coffea arabica* L.) con alta productividad y tolerancia a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Bar) de las variedades caturra, pache y nacional, se realizó las evaluaciones durante 9 meses aproximadamente.

a. Localización de áreas afectadas con roya

En la región San Martín se tiene 08 provincias productoras de café: Moyobamba, El Dorado, Huallaga, Picota, Bellavista, Tocache, Lamas, Rioja. De estas 08 provincias ya mencionadas se ha seleccionado 04 provincias, siendo las más afectadas por presentar mayor severidad de ataque de roya y entre estas cuatro provincias seleccionadas tenemos El Dorado, Lamas, Rioja y Huallaga.

Para seleccionar las cuatro provincias en estudio, se eligió mediante entrevistas semi estructuras a los técnicos que trabajan en diversos proyectos del cultivo, expertos del Ministerio de Agricultura, Dirección regional de Agricultura – San Martín, Instituto Nacional de Investigación Agraria y algunas cooperativas que desempeña en la zona con el fin de mitigar los daños ocasionados por la enfermedad. La entrevista se ha complementado mediante las visitas a los campos afectados por la roya, mencionado por los anteriores entrevistados, con el fin de conocer a los productores y verificar en campo los índices de impacto causado por la roya en los cafetales y determinar mejor el área donde se realizó el trabajo de investigación.

b. Selección de chacras

Las fincas fueron elegidas de acuerdo a la visita, realizando las evaluaciones, teniendo la presencia de plantas matrices de café con tolerancia a roya. Esta información se obtuvo

con entrevista al productor, evaluación de nivel de afectación de roya y el rendimiento. Se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Se seleccionaron parcelas productivas mayores de 3 años, con variedades que son susceptibles a la roya, la variedad resistente (Var. Catimor) no será tomada en cuenta.
- ✓ Las plantaciones no impactadas por la enfermedad debido a un alto nivel de aplicaciones de fungicidas no serán consideradas en la muestra, por lo general parcelas de grandes extensiones, con manejo intensivo correspondiente a grandes productores. Por tanto, se tomaron en cuenta pequeños y medianos productores. De preferencia se seleccionarán parcelas ubicadas entre un rango de altura de 700 -1000 msnm y de 1000 – 1300.
- ✓ La identificación y evaluación de las plantas matrices se realizó en plantas en la etapa de máxima producción de una edad de 2 años en adelante, tendrá como característica 120 unidades experimentales, 5 plantas por cada variedad, 15 plantas por cada altitud y 30 plantas en total por cada provincia.

c. Selección de la parcela y unidad de muestreo

Después de haber identificado las parcelas se procedió a tomar los puntos de georreferenciación mediante la ayuda de un GPS, así mismo se georreferenciación las plantas matrices de café seleccionados, para su fácil ubicación.

d. Evaluación de tolerancia a roya

La evaluación de tolerancia a roya se realizó en plantas matrices de café que han demostrado tolerancia, para descartar se utilizó la escala de severidad a roya según Hiroshi *et al.* (2009). Para evaluar el porcentaje de incidencia se efectuó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Número de hojas con roya}}{\text{Total de hojas muestreadas}} * 100$$

Se debe observar y evaluar 10 hojas tomadas al azar en tres niveles de la planta (parte baja, parte media y la parte apical de planta).

e. Monitoreo de la parcela y plantas matrices de café

El monitoreo de la parcela se realizó cada 15 días, evaluando el grado de tolerancia de la planta a la roya y los parámetros de productividad.

2.4.2.2. Variables evaluables

En el siguiente trabajo de investigación se realizó la evaluación de las siguientes variables de evaluación:

a. Determinación del porcentaje de incidencia de roya de café

En este análisis se realizó con el fin de conocer el porcentaje la incidencia de las plantas matrices de café seleccionadas. Se utilizó los formatos de evaluación proporcionado por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) aprobado en el año 2003 por la Dirección General de Sanidad Vegetal y la Dirección de programas Fitosanitarias. Para determinar el porcentaje de incidencia de roya del café se calculó por la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Número de hojas con roya}}{\text{Total de hojas muestreadas}} * 100$$

b. Determinación del índice de intensidad de daño de la roya

Las plantas escogidas también pasaron por la evaluación que determinó el grado de severidad y el índice de intensidad de daño de la roya del cafeto (*H. vastatrix*. Berk & Br.) Para la evaluación se escogió 3 ramas de las partes “Baja, Media y Alta (copa) “de la planta del café, de estas ramas escogidas al azar se colectó 9 hojas al azar 3 de cada nivel. Para estas evaluaciones también se utilizó los criterios para las evaluaciones que nos proporciona el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) aprobados en el año 2003 por las Dirección General de Sanidad Vegetal, y la Dirección de Programas Fitosanitarios. Esta variable de importancia, se tomará en cuenta “la tabla de **Hiroshi et al. (2009)**”. Las plantas fueron evaluadas mediante la siguiente tabla para ser seleccionadas y clasificadas como tolerantes a roya con un máximo resultado de grado 3.

Tabla 3.
Índice de intensidad de daño de la roya

Escala	Descripción
0	Árboles sin lesiones cloróticas en las hojas
1	Árboles con lesiones cloróticas en las hojas sin esporulación
2	Número de lesiones en la hoja con esporas de roya entre 1 a 10 y frecuencia de las hojas con esporas de roya entre 1 y 10%
3	Número de lesiones en la hoja con esporas de roya entre 11 a 20 y frecuencia de las hojas con esporas de roya entre 11 y 35%
4	Más de 20 lesiones con esporas de roya y más de 35% de hojas con esporulación

Fuente: (Hiroshi *et al.*, 2009).

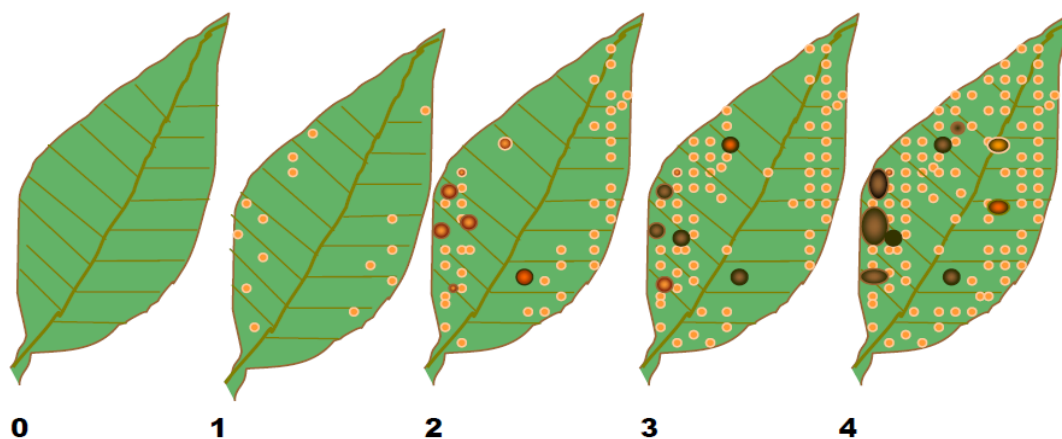


Figura 1: Grado de calificación de roya en café (Senasa, 2003).

Para determinar el Índice de Intensidad de Daño de roya en las plantas de café se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$IID = \frac{\sum \# (\text{Grado}) \times (\text{N}^\circ \text{ de hojas de cada grado})}{\text{N}^\circ \text{ de grados evaluados} \times \text{N}^\circ \text{ de hojas evaluadas}} \times 100$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) en cuatro provincias de la región San Martín, por índice de intensidad de daño (%).

Tabla 4.

Análisis descriptivo de la evaluación de cuatro provincias de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño (IID) de roya en las plantas de café

Provincia	Nº	Media (%)	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Rioja	30	17.012	3,297	0.602	15.784	1,824.685	11.429	22.857
Lamas	30	20.222	3,596	0.656	18.879	2,156.487	12.381	27.619
Huallaga	30	17.778	3,861	0.705	16.336	1,921.956	8.571	24.762
El Dorado	30	24.476	3,319	0.606	23.237	2,571.570	18.095	31.429
Total	120	19.873	4,544	0.415	19.052	2,069.452	8.571	31.429

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

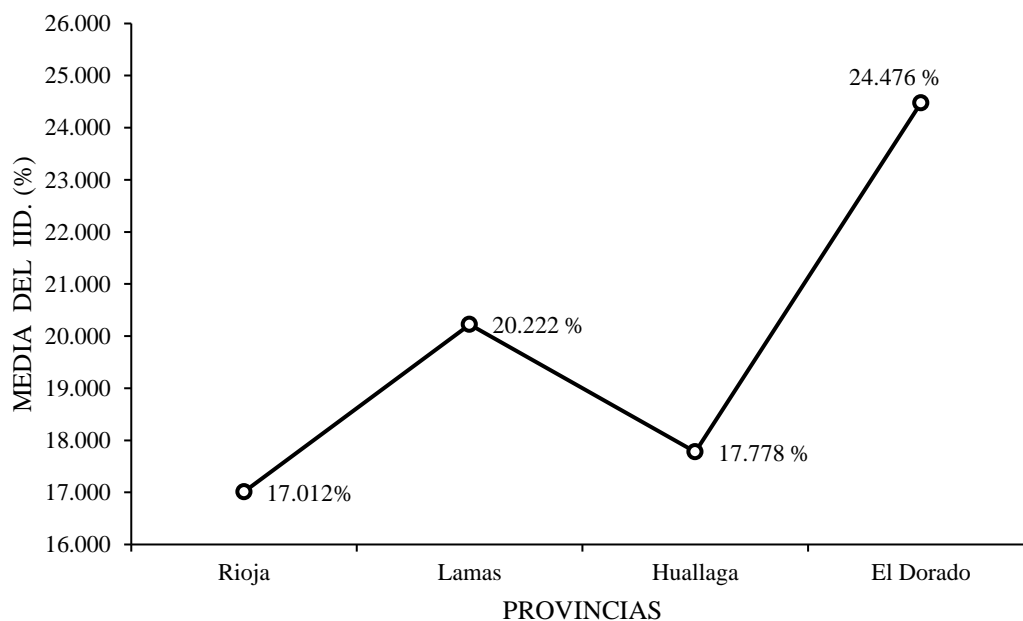


Figura 2: Diferencias de medias de intensidad de daño de cuatro provincias de la región San Martín en plantas de café.

La tabla 4 y figura 2, nos muestra el análisis descriptivo de cuatro provincias de la Región San Martín con respecto al índice de intensidad de daño del café; donde se puede observar que de un total de 120 plantas matrices promisorias de café; 30 plantas respectivamente fueron sembradas en las regiones de San Martín (Rioja, Lamas, Huallaga, El Dorado) de las cuales se encontró matemáticamente una diferencia mayor en la Provincia El Dorado (24.476) con respecto a la intensidad de daño de roya en las plantas de café; mientras que las demás provincias obtuvieron las siguientes frecuencias de respuesta en sus medias: Provincia de Lamas (20.222), Provincia de Huallaga (17.778), siendo la Provincia de Rioja (17.012) de menor índice en intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Tabla 5.

Análisis de varianza de cuatro provincias de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos Provincias	1015.933	3	338.644	27.242	0.000
Intra-grupos	1441.995	116	12.431		
Total	2457.929	119			

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

❖ **Hipótesis estadística:**

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

H_0 = No existe diferencia significativa en las cuatro Provincias de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

H_1 = Existe diferencia significativa en las cuatro Provincias de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Tabla 5), de un diseño unifactorial A=4 de cuatro provincias de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café (presentaron diferencias estadísticamente significativas), donde al 95% de confianza presenta (Sig.= 0.000); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula, y aceptamos que: existe diferencia significativa en

las cuatro Provincias de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Tabla 6.

Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para conocer el índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café en las cuatro provincias de la región San Martín

	PROVINCIA	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD de Tukey	Rioja	Lamas	-3.206349*	0.910348	0.003	-5.57932	-0.83338
		Huallaga	-0.761905	0.910348	0.837	-3.13488	1.61107
		El Dorado	-7.460317*	0.910348	0.000	-9.83329	-5.08735
	Lamas	Rioja	3.206349*	0.910348	0.003	0.83338	5.57932
		Huallaga	2.444444*	0.910348	0.041	0.07147	4.81742
		El Dorado	-4.253968*	0.910348	0.000	-6.62694	-1.88100
	Huallaga	Rioja	0.761905	0.910348	0.837	-1.61107	3.13488
		Lamas	-2.444444*	0.910348	0.041	-4.81742	-0.07147
		El Dorado	-6.698413*	0.910348	0.000	-9.07138	-4.32544
	El Dorado	Rioja	7.460317*	0.910348	0.000	5.08735	9.83329
		Lamas	4.253968*	0.910348	0.000	1.88100	6.62694
		Huallaga	6.698413*	0.910348	0.000	4.32544	9.07138

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

Variable dependiente: índice de intensidad de daño (%).

La prueba de significancia de Tukey (Tabla 6) confirma los resultados obtenidos en el ANVA (Tabla 5), de que existen diferencias en las Provincias de la Región San Martín (Rioja, Lamas, Huallaga, El Dorado), sin embargo, en las comparaciones posibles múltiples (Tabla 6), se observó que al 95% de confianza en la Provincia El Dorado existe una diferencia altamente significativa de intensidad de daño (Sig.= 0.000) a comparación de las demás provincias. Asimismo, se encontró una diferencia altamente significativa de intensidad de daño en la Provincia de Rioja (Sig.= 0.003) a comparación de Lamas. Por otro lado, se encontró una diferencia significativa de intensidad de daño en la Provincia de Lamas (Sig.= 0.041) a comparación del Huallaga.

Discusión: Se conoció que descriptivamente en la tabla 4 y figura 1, existió una diferencia matemáticamente mayor en la Provincia El Dorado (24.476) con respecto a la intensidad de daño de roya en las plantas de café; mientras que las demás provincias

obtuvieron las siguientes frecuencias de respuesta en sus medias: Provincia de Lamas (20.222), Provincia de Huallaga (17.778), siendo la Provincia de Rioja (17.012) de menor índice en intensidad de daño de roya en las plantas de café. Además de forma inferencial, se obtuvieron los resultados del análisis de varianza (tabla 5), que al 95% de confianza hay una alta significancia estadística (Sig.= 0.000); por lo tanto, se sostiene que: Existe diferencia significativa en las cuatro Provincias de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café. No obstante, la prueba de significancia de Tukey (tabla 6) nos confirma estos resultados obtenidos en el ANVA (tabla 5), pero nos especifica también que en la provincia El Dorado existe una diferencia altamente significativa de intensidad de daño (Sig.= 0.000) a comparación de las demás provincias. Asimismo, se encontró una diferencia altamente significativa de intensidad de daño de roya en las plantas de café en la provincia de Rioja (Sig.= 0.003) a comparación de Lamas, como también la intensidad de daño en la provincia de Lamas (Sig.= 0.041) a comparación del Huallaga fue de una diferencia significativa.

Estudios relacionados con los resultados obtenidos del primer objetivo específico se encuentran en Agrobanco (2012), quien hace referencia de que los factores ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad y también su diseminación entre ellos tenemos: Por el viento, favorecida por la precipitación que facilita la salida de las esporas, así como su diseminación por otro lado favorece el exceso de sombra y alta densidad de plantación. Y estos tipos de factores que dañan al café se ubican en la Provincia El Dorado por tener una mayor frecuencia de intensidad de daño. Confirmado por (Llerena *et al*, 2014) que en estudios realizados para la cuenca alta del río Sisa indica que la provincia de El Dorado ha presentado un manejo técnico limitado y además se ha tenido suelos degradados y topografía regular que cuyas condiciones han generado la presencia de *Hemileia vastatrix*, que ha influido en la disminución de la producción y generando deudas en los productores cafetaleros.

Por otro lado, los factores del hospedante deben considerarse también 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 éstas debido a una alta cosecha. (CICAFE, 2013).

3.2. Evaluación de plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) en dos pisos altitudinales de la región San Martín, por índice de intensidad de daño (%).

Tabla 7.

Análisis descriptivo de la evaluación de dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Altitud	Nº	Media de daño (%)	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
700 - 1000	60	19.937	4.497	0.581	18.775	21.098	10.476	28.571
1000 - 1300	60	19.810	4.629	0.598	18.614	21.005	8.571	31.429
Total	120	19.873	4.545	0.415	19.052	20.695	8.571	31.429

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

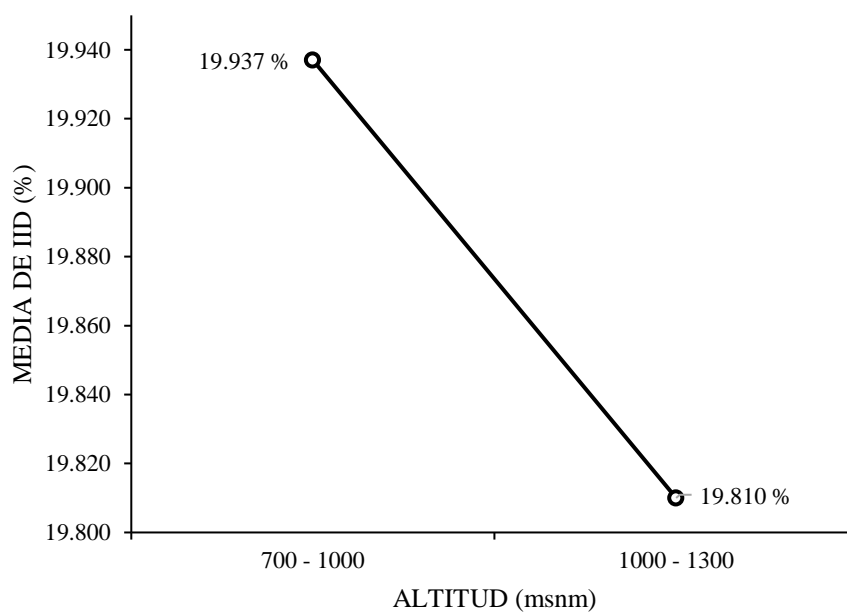


Figura 3: Diferencias de medias de dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

La Tabla 7 y figura 3, nos muestra el análisis descriptivo de dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café; donde se puede observar que de un total de 120 plantas matrices promisorias de café; 60 plantas sembradas se ubicaron respectivamente en dos pisos altitudinales (700 – 1000 msnm, 1000 – 1300 msnm), de las cuales no se encontró matemáticamente una diferencia de pisos altitudinales con respecto a la intensidad de daño de roya en las plantas de café, siendo estas similares en las medias encontradas para cada altitud evaluada (19.937 y 19.810).

3.3. Diferencia de medias

❖ Análisis inferencial:

Para el análisis inferencial de las diferencias en dos pisos altitudinales (700 – 1000 msnm) y (1000 – 1300 msnm) de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café, se optó por la prueba de diferencia de medias T – Student.

❖ Hipótesis estadística:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

H_0 = No existe diferencia significativa entre los dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

H_1 = Existe diferencia significativa entre los dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Tabla 8.

Resultados para la prueba de hipótesis de la evaluación de dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café

	700 – 1000 msnm	1000 – 1300 msnm
Promedio	19.937	19.810
Varianza	20.223	21.428
N	60	60
T	0.152	

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

- T probabilístico = Al 95% de confianza con 118 grados de libertad = 1,657
- T observado = 0,152 (aplicando fórmula)

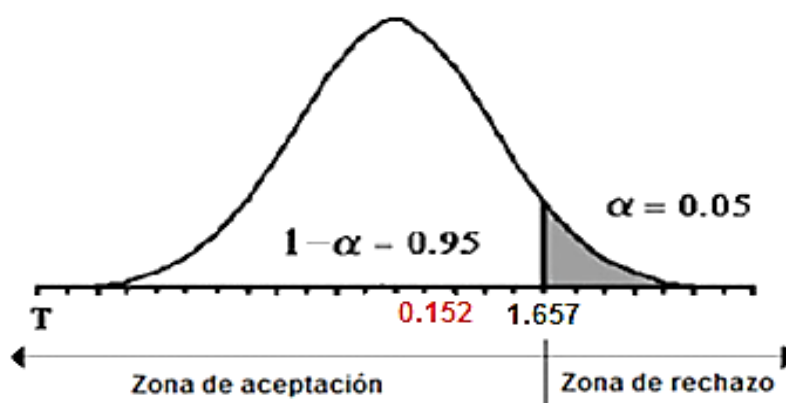


Figura 4: Zonas de decisión Probabilística de dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Decisión. Como nuestro T observado (0.152) es menor que nuestro T probabilístico (1.657); se encuentra en la zona de aceptación, entonces aceptamos H_0 (Hipótesis nula), por lo tanto, concluimos que: No existe diferencia significativa entre los dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Discusión: Se conoció que descriptivamente en la tabla 7 y figura 3, no hubo una diferencia matemáticamente en los pisos altitudinales (700 – 1000 msnm, 1000 – 1300 msnm) con respecto a la intensidad de daño de roya amarilla en las plantas de café, siendo estas similares en las medias encontradas para cada altitud evaluada (19.937 y 19.810). Además de forma inferencial, se optó por la prueba de diferencia de medias T – Student para el análisis de las diferencias de estos dos pisos altitudinales (tabla 8), donde al 95% de confianza se sostiene que: No existe diferencia significativa entre los dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya amarilla en las plantas de café; dado que T observado (0.152) < T probabilístico (1.657) y se encuentra en la zona de aceptación (figura 4).

Estudios relacionados con los resultados obtenidos del segundo objetivo específico se encuentran en (Rivillas, 2015), quien hace referencia de que, en todas las altitudes la disminución en la diferencia entre temperaturas diarias máximas y mínimas debido a los fenómenos ambientales, y la presencia constante de humedad en las hojas, hizo que la

enfermedad presentara niveles altos de Roya con características epidémicas en zonas por encima de los 1 600 msnm, llegando en algunos casos a registrarse paloteo por efecto de esta enfermedad hasta en altitudes superiores a 2000 msnm. Por ello, en el año 2007 se recomendó que las plantaciones de café al sol y a la sombra establecidas por encima de 1600 msnm de altitud, con ambientes que corresponden a una temperatura promedio de 19 °C no requieren control de la enfermedad Roya del Cafeto. Así mismo (CICAFE,) menciona que la altura en gran medida determina la mayor o menor prevalencia de horas en condiciones favorables para roya de una región, donde las zonas altas gozan de la mayor parte de temperatura fresca, con menores diferencias entre la temperatura del día y de noche, influyendo en el ciclo de vida del patógeno, y en las zonas bajas la temperatura es más cálida y hay presencia de lluvia durante todo el año, el desarrollo y ataque de la roya es más intenso, y en las zonas de altura media las temperatura moderada y condiciones de lluvia favorables para la enfermedad, que propician el desarrollo de la roya del café.

En la selección de las plantas matrices de café no se tuvo efecto de las altitudes para el ataque de la roya.

3.4. Evaluación de plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) según sus tres variedades (Caturra, Pache, Nacional) en la región San Martín, por índice de intensidad de daño (%).

Tabla 9.

Análisis descriptivo de la evaluación de tres variedades de café de la región San Martín respecto al índice de la intensidad de daño

Variedad	N	Media (%)	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Caturra	40	27.119	16.636	2.630	21.799	32.440	8.571	71.429
Pache	40	32.810	20.286	3.207	26.322	39.297	12.381	76.190
Nacional	40	21.405	4.006	0.633	20.124	22.686	14.286	29.524
Total	120	27.111	15.896	1.451	24.238	29.984	8.571	76.190

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS

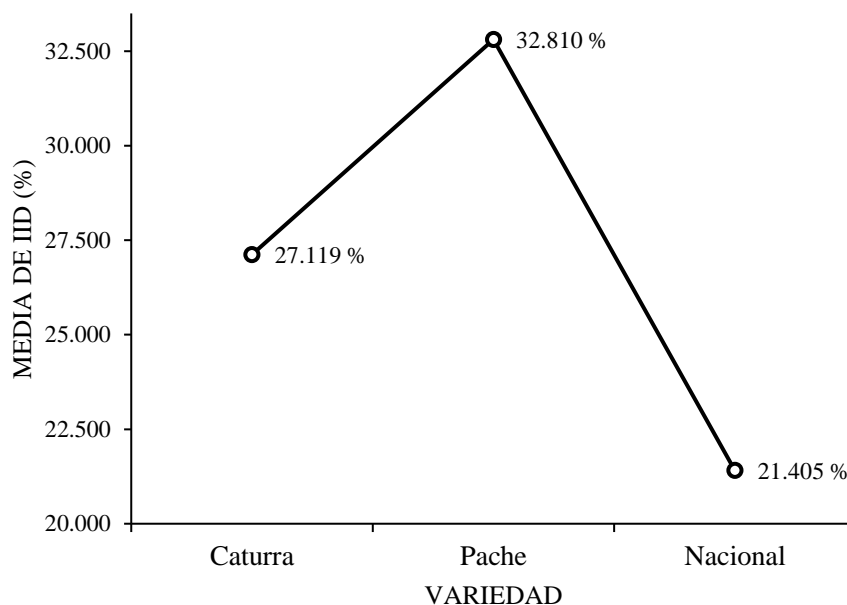


Figura 5: Diferencias de medias de tres variedades de café de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño.

La Tabla 9 y figura 5, nos muestra el análisis descriptivo de tres variedades de café (Caturra, Pache, Nacional) de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño del café; donde se puede observar que de un total de 120 plantas matrices promisorias de café; 40 plantas fueron respectivamente de variedad (Caturra, Pache, Nacional); de las cuales se encontró matemáticamente una diferencia mayor en la variedad Pache de café (32.810) con respecto a la intensidad de daño; mientras que la variedad Caturra obtuvo una media (27.119); solo la variedad Nacional de café (21.405) obtuvo un menor índice en intensidad de daño.

Tabla 9.

Análisis de varianza de tres variedades de café de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos (Variedades)	2601.376	2	1300.688	5.540	0.005
Intra-grupos	27468.345	117	234.772		
Total	30069.720	119			

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

❖ **Hipótesis estadística:**

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

H_0 = No existe diferencia significativa en las tres variedades de café de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño.

H_1 = Existe diferencia significativa en las tres variedades de café de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Tabla 10), de un diseño unifactorial A=3 de variedades del café (Caturra, Pache, Nacional) respecto al índice de intensidad de daño del café (se presentaron diferencias estadísticamente significativas), donde al 95% de confianza se presentan los valores (Sig.= 0.005); por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula, y aceptamos que: Existe diferencia significativa en las tres variedades de café de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño.

Tabla 10.

Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para conocer el índice de intensidad de daño del café en sus tres variedades

VARIEDAD		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Caturra	Pache	-5.690476	3.426165	0.225	-13.82389	2.44294
	Nacional	5.714286	3.426165	0.222	-2.41913	13.84770
Pache	Caturra	5.690476	3.426165	0.225	-2.44294	13.82389
	Nacional	11.404762*	3.426165	0.003	3.27135	19.53817
Nacional	Caturra	-5.714286	3.426165	0.222	-13.84770	2.41913
	Pache	-11.404762*	3.426165	0.003	-19.53817	-3.27135

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Variable dependiente: índice de intensidad de daño (%).

La prueba de significancia de Tukey (tabla 11) confirma los resultados obtenidos en el ANVA (tabla 10), de que existen diferencias en las variedades del café (Caturra, Pache, Nacional); sin embargo, en las comparaciones posibles múltiples (tabla 11), se observó que al 95% de confianza en la variedad Pache del café existe una diferencia altamente significativa de intensidad de daño (Sig.= 0.003) a comparación de la variedad Nacional del café.

Discusión: Se conoció que descriptivamente en la tabla 9 y figura 4, hubo una diferencia matemáticamente mayor en la variedad Pache de café (32.810) con respecto a la intensidad de daño; mientras que la variedad Caturra obtuvo una media (27.119); solo la variedad Nacional de café (21.405) obtuvo un menor índice en intensidad de daño. Además de forma inferencial, se obtuvieron los resultados del análisis de varianza (tabla 10), que al 95% de confianza hay una alta significancia estadística (Sig.= 0.005); por lo tanto, se sostiene que: Existe diferencia significativa en las tres variedades de café de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño. No obstante, la prueba de significancia de Tukey (tabla 11) nos confirma estos resultados obtenidos en el ANVA (tabla 10), pero nos especifica también que en la variedad Pache del café existe una diferencia altamente significativa de intensidad de daño (Sig.= 0.003) a comparación de la variedad Nacional del café.

Estudios relacionados con los resultados obtenidos del tercer objetivo específico se encuentran en (Anacafé, 2013), quien hace referencia de que la variedad Caturra se adapta a altitudes mayores de 1000 msnm, pero necesitan mayor cuidado y atención, ya que son fáciles de adaptar a diferentes condiciones de altitud, clima y manejo agronómico. Y debido a estos indicadores se puede constatar con el resultado encontrado de que existe diferencia altamente significativa en las tres variedades de café estudiantes. Las variedades de café pache fue el que tuvo mayor susceptibilidad al ataque de la roya como es corroborado por (Anacafé, 2013), además es una variedad que se adapta muy a diversos sitios y son muy productivos.

3.5. Proceso de selección y evaluación de plantas matrices promisorias de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) en cuatro provincias y en dos pisos altitudinales de la región San Martín.

Tabla 11.

Análisis descriptivo de la evaluación de cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café

Provincia	Pisos	Media	Desviación típica	Nº
Rioja	700 a 1000	1,650.794	3,389.549	15
	1000 a 1300	1,752.381	3,235.693	15
	Total	1,701.587	3,296.615	30
Lamas	700 a 1000	2,171.429	2,769.635	15
	1000 a 1300	1,873.016	3,786.780	15
	Total	2,022.222	3,595.667	30
Huallaga	700 a 1000	1,765.079	4,406.707	15
	1000 a 1300	1,790.476	3,380.617	15
	Total	1,777.778	3,861.172	30
El Dorado	700 a 1000	2,387.302	2,912.539	15
	1000 a 1300	2,507.937	3,682.696	15
	Total	2,447.619	3,319.464	30
Total	700 a 1000	1,993.651	4,497.474	60
	1000 a 1300	1,980.952	4,628.644	60
	Total	1,987.302	4,544.762	120

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

Variable dependiente: índice de intensidad de daño (%)

La tabla 12, nos muestra el análisis descriptivo de cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café; donde se puede observar que matemáticamente existe una diferencia de media, siendo de mayor índice en intensidad de daño de roya en las plantas de café (La provincia El Dorado en una altitud de 1000 a 1300 msnm) con una media (2,507.937); mientras que el menor índice en intensidad de daño fue en la Provincia de Rioja en una altitud de 700 a 1000 msnm con una media (1,650.794).

Tabla 12.

Análisis de varianza de cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	1016.417 ^a	4	254.104	20.272	0.000	0.414
Interacción	47,392.411	1	47392.411	3,780.841	0.000	0.97
Provincia	1,015.933	3	338.644	27.016	0.000	0.413
Pisos	0.484	1	0.484	0.039	0.845	0
Error	1,441.512	115	12.535			
Total	49,850.340	120				
Total corregida	2,457.929	119				

a. $R^2 = 0.414$ ($R^2_{\text{corregida}} = 0.393$)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 21.

❖ **Leyenda:**

- ✓ Provincias: Rioja, Lamas, Huallaga, El Dorado
- ✓ Pisos altitudinales: 700 a 1000 msnm; 1000 a 1300 msnm

❖ **Hipótesis estadística:**

- ✓ $H_0 = \mu_1 = \mu_2$
- ✓ $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$

H_0 = No existe diferencia significativa en cuatro Provincias y dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

H_1 = Existe diferencia significativa en cuatro Provincias y dos pisos altitudinales de la región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café.

Los resultados obtenidos de la Tabla 13, analizados mediante el ANVA, indica que existe interacción entre las provincias estudiadas y pisos altitudinales, es decir al 95% de

confianza existe influencia recíproca entre ellas, de acuerdo a los valores obtenidos (Sig.= 0.000); por lo tanto rechazamos la hipótesis nula, y aceptamos que: Existe diferencia significativa en cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la Región San Martín con respecto al índice de intensidad del daño de la roya en plantas de café. Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) de 0.414 nos explica que el 41.4% ha tenido efecto el índice de intensidad de daño de roya en las plantas de café sobre los pisos altitudinales de las provincias estudiadas.

Discusión: Se conoció que descriptivamente en la tabla 12, hubo una diferencia de mayor índice en intensidad de daño de roya en las plantas de café (La Provincia El Dorado en una altitud de 1000 a 1300 msnm) con una media (2,507.937); mientras que el menor índice en intensidad de daño fue en la Provincia de Rioja en una altitud de 700 a 1000 msnm con una media (1,650.794).

Además de forma inferencial, se obtuvieron los resultados del análisis de varianza ANVA (tabla 13), que existe interacción entre las provincias estudiadas (Rioja, Lamas, Huallaga, El Dorado) y pisos altitudinales (700 a 1000 msnm; 1000 a 1300 msnm), es decir al 95% de confianza existe influencia recíproca entre ellas (Sig.= 0.000); por lo tanto rechazamos la hipótesis nula, y aceptamos que: Existe diferencia significativa en cuatro provincias y dos pisos altitudinales de la Región San Martín respecto al índice de intensidad de daño de roya amarilla en las plantas de café.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) de 0.414 nos explica que el 41.4% ha tenido efecto el índice de intensidad de daño de roya amarilla en las plantas de café sobre los pisos altitudinales de las provincias estudiadas.

Estudios relacionados con los resultados obtenidos del objetivo general de estudio, se encuentran en Arrieta (2015), quien hace referencia de que existen dos tipos de resistencia a la Roya del Cafeto; la resistencia completa que hace referencia generalmente a unos pocos genes que le confieren esa resistencia, mientras que la resistencia incompleta hace referencia a una serie de genes que le pueden conferir resistencia de una forma más perdurable.

El uso de plantas resistentes elimina la necesidad de realizar esfuerzos adicionales para evitar pérdidas ocasionadas por algún patógeno; como lo puede ser el uso de agroquímicos. El Dorado presenta un manejo técnico limitado y casi todas las plantaciones se encuentran en una topografía regular y son degradados, condiciones que han generado la presencia de *Hemileia vastatrix* durante los dos últimos años creando estragos en los cafetales, disminuyendo su producción y generando deudas para los caficultores (Llerena *et al.*, 2014).

Así mismo los factores ambientales cumplen un papel fundamental en el ataque de la roya amarilla, siendo influenciado por la temperatura, las precipitaciones pluviales, edad de la plantación y el manejo en el cultivo (Silva *et al.*, 2006), tal como se observa en el anexo Tabla 17 – 20, Pág. 57.

CONCLUSIONES

- Se concluye que el menor Índice Intensidad de Daño (IID) se encontró en la provincia de Rioja con 17.012 % y la provincia de El Dorado con 24.476 %, siendo la más afectada esta última.
- La altitud no es un factor determinante para el ataque de roya ya que no se encuentra diferencia significativa en la IID de roya respecto a las dos altitudes A1 (700 – 1000) con 19.937 % y la A2 (1000 – 1300) con 19.810 % respectivamente.
- La variedad de café que obtuvo menor porcentaje de IID de roya es la variedad Nacional con 21.405 % y la que mayor IID de roya fue la variedad Pache con 32.81 %.

RECOMENDACIONES

- Realizar un plan de conservación y multiplicación de plantas resistentes a la roya de las cuatro provincias donde fueron recolectadas, para así continuar con este trabajo de investigación y aportar en la mejora del agro de la región San Martín.
- Seguir evaluando las mejores variedades de café que presentaron una mayor tolerancia al ataque de esta enfermedad, para aportar con estudios concretos y de esta manera disminuir el daño que viene ocasionando a los caficultores de la región.
- Seguir desarrollando la línea de esta investigación para poder determinar otros factores (fertilidad del suelo, microclima, precipitación y edad de plantación) que influyen en la tolerancia de estas plantas a dicha enfermedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriazola Del Aguila, J. L. (2010). *Varietades de cafè*. Lima, Lima, Perú: Adriazola Del Aguila. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de jladriazola@hotmail.com
- Agrobanco (2012). *Manejo integrado de plagas en el cultivo de café*. (Agrobanco, Ed.) Villavirgen - Huanta- Ayacucho, Perú: Agrobanco. Recuperado el 10 de febrero de 2016.
- Álvarez-Lemus, D. F., & Alvarado-Alvarado, G., (2001). *Evaluación de la resistencia incompleta de café a hemileia vastatrix razas II y XXII en progenies de caturra x híbrido de timor del grupo fisiológico e, en condiciones de almácigo*. Bogotá: CENICAFE. Recuperado el 08 de febrero de 2016.
- Anacafe (1988). *Manual de caficultura*. Guatemala: Asociacion Naconal del Cafe. Recuperado el 02 de Febrero de 2016.
- Anacafe (2013). *Varietades de café resistentes a la roya* (Vol. 13). (F. Anzueto, Ed.) Guatemala, San Marcos, Guatemala: EL Cafetal. Recuperado el 21 de enero de 2016, de https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=06REG:Portada_RegionI
- Arrieta-Espinoza, N. (2015). *Resistencia genética en café: Estrategia de manejo no químico de la Roya del Cafeto*. Instituto del Café de Costa Rica, Centro de Investigaciones en Café. Costa Rica: Instituto del Café de Costa Rica, Centro de Investigaciones en Café. Obtenido de narrieta@icafe.cr
- Cadena (15 de junio de 2012). *La investigación científica de la federación nacional de cafeteros de Colombia y la productividad de las plantaciones de café*. Revista cefetera de Colombia(204), 15-55. Recuperado el 02 de febrero de 2016
- Cepicafe (2013). *“Mejoramiento de la productividad del cultivo de café de las organizaciones socias de CEPICAFE, en la sierra de Piura”*. Piura, Piura, Perú : CEPICAFE. Recuperado el 10 de febrero de 2016
- Cicafe (2013). *Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto (Hemileia vastatrix Berk et Br.)* (Vol. 3era edicion). Costa Rica, San Josè, Costa Rica: CICAFAE. Recuperado el 10 de FEBRERO de 2016

- Desco (2013). *Producción de cafés especiales*. En C. d. Desarrollo, & F. N. Promoción (Ed.), *Producción de cafés especiales* (págs. 11-12-13). Lima: Fondoempleo. Recuperado el 21 de enero de 2016
- Hiroshi Sera , G., Sera , T., & Buatista , F. (2009). *Resitance to leaf rust in coffee cultivares, coffee Science* (Vol. 1). (S. Ito, Ed.) IC.
- ICT (2012). *Manejo integrado de plagas de cafe. Instituto de cultivos tropicales*. Tarapoto: ICT. Recuperado el 10 de febrero de 2016
- ITIS (21 de ENERO de 2016). *Integrated Taxonomic Information System*. Obtenido de Sistema Integrado de Información Taxonómica: <http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt>
- JNC (27 de DICIEMBRE de 2015). *Producción de café: indican que exportaciones en 2015 cayeron en más del 20%*. Junta nacional del cafe, 1-2. Recuperado el 16 de julio de 2016
- Mejía, L. C. (2015). *Microbiomas y Control Biológico como alternativa de manejo de la Roya Anaranjada del Cafeto*. Manejo agroecológico de la roya del café., 47 - 54.
- Oro Verde (2013). *Manejo integrado de la roya amarilla del caféto (Hemileia vastarix)*. Lamas: Oro Verde. Recuperado el 09 de febrero de 2016
- Orbe, J. P. (2016). *Resistencia de plantas de café arábico (Coffea arabica L.) variedad "caturra roja " a la roya amarilla (Hemileia Vastatrix), en la región San Martin*. Tarapoto - San Martín.
- Pérez V. L. (2015). *La Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix) : Evolución al manejo alternativo*. Cuba: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV).
- Rivillas O., C. A. (2015). *Acciones emprendidas por Colombia en el manejo de la Roya del Cafeto*. Colombia : Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café "Cenicafé".
- Senasa (2003). *Norma para la ejecución y remisión de informacion de informacion de actividades del programa manejo integrado de plagas del cafeto. Servicio nacional de sanidad agraria*. Lima: senasa.

- Silva, M., LA, M., L, Z., & RD, B. (2006). *Incidente-severity relationship in the pathosystem Coffea arabica-Hemileia vastatrix*. International Journal of Plants Sciencies.
- Subero, L. (2013). *La Roya del Cafeto*.
- Tenazoa, A. V. (2015). *Selección participativa de variedades locales promisorias de café (Coffea arabica L.) En productividad y en tolerancia a roya (Hemileia vastatrix bark & br.) en la región san martín* . San Martín : Universidad Nacional de San Martín.
- Torres., G. V. (2016). *Plantas clonales de café (Coffea arabica) tolerantes a roya en la región San Martín. San Martín - Tarapoto. IIAP San Martín*.
- Zambolim, L. (22 de junio de 2015). *La Roya del Cafeto en Brasil*. MANEJO AGROECOLÓGICO DE LA ROYA DEL CAFÉ, 7 - 16. Obtenido de laerciozambolim@gmail.com

ANEXOS

Anexo 1: Fotos de la tesis



Figura 6: Proceso de las evaluaciones en campo: A) Conteo de frutos del café, B) Medición del tallo de la planta, C) Número de hojas, D) Evaluación de las plantas matrices, E) Índice de Intensidad de daño de roya en las plantas de café y F) La planta del café.

Anexo 2.

Plantilla de evaluación de la roya.

NOMBRE DEL EVALUADOR:					FECHA:		Nº DE HOJAS				GRADO DE ROYA	
CODIGO DE PLANTA	VARIEDAD	PUNTO GEORREFERENCIAL	UTM	ALTITUD	NIVEL DE PLANTA	1	2	3	4	% DE SEVERIDAD	% DE INCIDENCIA	
					BAJO							
					MEDIO							
					COPA							
					BAJO							
					MEDIO							
					COPA							
					BAJO							
					MEDIO							
					COPA							
					BAJO							
					MEDIO							
					COPA							
					BAJO							
					MEDIO							
					COPA							

Fuente: Elaboración propia.

Este formato de evaluación de roya se muestra los criterios de campo que se necesita saber el nivel de daño causado por la enfermedad y su incidencia de la misma, según establecido por el SENASA, que nos brinda en su boletín informativo en el 2013 y esto nos indicara el nivel de tolerancia de la planta matriz en campo

Anexo 3. Evaluaciones

Datos generales de las evaluaciones por tratamiento (Primera evaluación)

TTO	Provincia	Variedad	Altitud (m.s.n.m.)	CÓDIGOS	Nº evaluación	% IID	% i Incidencia
T1	Rioja	Caturra	700 - 1000	RCA1	1	12.57	50.48
T2	Rioja	Caturra	1000 - 1300	RCA2	1	11.43	44.76
T3	Rioja	Pache	700 - 1000	RPA1	1	15.43	58.10
T4	Rioja	Pache	1000 - 1300	RPA2	1	16.95	60.00
T5	Rioja	Nacional	700 - 1000	RNA1	1	14.29	54.29
T6	Rioja	Nacional	1000 - 1300	RNA2	1	15.43	54.29
T7	Lamas	Caturra	700 - 1000	LCA1	1	16.95	69.52
T8	Lamas	Caturra	1000 - 1300	LCA2	1	15.62	61.90
T9	Lamas	Pache	700 - 1000	LPA1	1	20.95	69.52
T10	Lamas	Pache	1000 - 1300	LPA2	1	16.95	66.67
T11	Lamas	Nacional	700 - 1000	LNA1	1	23.33	78.57
T12	Lamas	Nacional	1000 - 1300	LNA2	1	16.19	67.62
T13	Huallaga	Caturra	700 - 1000	HCA1	1	15.24	61.90
T14	Huallaga	Caturra	1000 - 1300	HCA2	1	14.86	63.81
T15	Huallaga	Pache	700 - 1000	HPA1	1	16.19	65.71
T16	Huallaga	Pache	1000 - 1300	HPA2	1	16.19	64.76
T17	Huallaga	Nacional	700 - 1000	HNA1	1	16.00	64.76
T18	Huallaga	Nacional	1000 - 1300	HNA2	1	17.33	72.38
T19	El Dorado	Caturra	700 - 1000	DCA1	1	19.43	80.00
T20	El Dorado	Caturra	1000 - 1300	DCA2	1	20.76	76.19
T21	El Dorado	Pache	700 - 1000	DPA1	1	22.86	81.90
T22	El Dorado	Pache	1000 - 1300	DPA2	1	23.24	80.00
T23	El Dorado	Nacional	700 - 1000	DNA1	1	23.05	85.71
T24	El Dorado	Nacional	1000 - 1300	DNA2	1	25.14	87.62

Datos generales de las evaluaciones por tratamiento (Segunda evaluación)

TTO	Provincia	Variedad	Altitud (m.s.n.m.)	Códigos	Nº evaluación	% IID	% Incidencia
T1	Rioja	Caturra	700 - 1000	RCA1	2	13.14	52.38
T2	Rioja	Caturra	1000 - 1300	RCA2	2	15.24	55.24
T3	Rioja	Pache	700 - 1000	RPA1	2	18.67	66.67
T4	Rioja	Pache	1000 - 1300	RPA2	2	19.24	65.71
T5	Rioja	Nacional	700 - 1000	RNA1	2	17.71	59.05
T6	Rioja	Nacional	1000 - 1300	RNA2	2	18.10	59.05
T7	Lamas	Caturra	700 - 1000	LCA1	2	19.43	70.48
T8	Lamas	Caturra	1000 - 1300	LCA2	2	17.14	62.86
T9	Lamas	Pache	700 - 1000	LPA1	2	22.10	71.43
T10	Lamas	Pache	1000 - 1300	LPA2	2	19.43	71.43
T11	Lamas	Nacional	700 - 1000	LNA1	2	23.62	78.10
T12	Lamas	Nacional	1000 - 1300	LNA2	2	19.62	74.29
T13	Huallaga	Caturra	700 - 1000	HCA1	2	12.95	55.24
T14	Huallaga	Caturra	1000 - 1300	HCA2	2	15.43	65.71
T15	Huallaga	Pache	700 - 1000	HPA1	2	18.67	69.52
T16	Huallaga	Pache	1000 - 1300	HPA2	2	19.05	71.43
T17	Huallaga	Nacional	700 - 1000	HNA1	2	21.33	70.48
T18	Huallaga	Nacional	1000 - 1300	HNA2	2	19.24	71.43
T19	El Dorado	Caturra	700 - 1000	DCA1	2	20.95	80.00
T20	El Dorado	Caturra	1000 - 1300	DCA2	2	23.43	80.95
T21	El Dorado	Pache	700 - 1000	DPA1	2	25.52	81.90
T22	El Dorado	Pache	1000 - 1300	DPA2	2	25.33	82.86
T23	El Dorado	Nacional	700 - 1000	DNA1	2	25.14	85.71
T24	El Dorado	Nacional	1000 - 1300	DNA2	2	26.48	87.62

Datos generales de las evaluaciones por tratamiento (Tercera evaluación)

TTO	Provincia	Variedad	Altitud (m.s.n.m.)	Código	Evaluación	% IID	% Incidencia
T1	Rioja	Caturra	700 - 1000	RCA1	3	15.43	56.19
T2	Rioja	Caturra	1000 - 1300	RCA2	3	13.14	47.62
T3	Rioja	Pache	700 - 1000	RPA1	3	20.38	70.48
T4	Rioja	Pache	1000 - 1300	RPA2	3	21.33	70.48
T5	Rioja	Nacional	700 - 1000	RNA1	3	19.62	63.81
T6	Rioja	Nacional	1000 - 1300	RNA2	3	22.48	72.38
T7	Lamas	Caturra	700 - 1000	LCA1	3	17.90	62.86
T8	Lamas	Caturra	1000 - 1300	LCA2	3	18.48	67.62
T9	Lamas	Pache	700 - 1000	LPA1	3	21.52	69.52
T10	Lamas	Pache	1000 - 1300	LPA2	3	21.71	74.29
T11	Lamas	Nacional	700 - 1000	LNA1	3	26.19	86.90
T12	Lamas	Nacional	1000 - 1300	LNA2	3	22.67	81.90
T13	Huallaga	Caturra	700 - 1000	HCA1	3	14.29	52.38
T14	Huallaga	Caturra	1000 - 1300	HCA2	3	16.76	58.10
T15	Huallaga	Pache	700 - 1000	HPA1	3	19.24	70.48
T16	Huallaga	Pache	1000 - 1300	HPA2	3	21.71	72.38
T17	Huallaga	Nacional	700 - 1000	HNA1	3	20.19	69.52
T18	Huallaga	Nacional	1000 - 1300	HNA2	3	20.00	71.43
T19	El Dorado	Caturra	700 - 1000	DCA1	3	20.19	77.14
T20	El Dorado	Caturra	1000 - 1300	DCA2	3	22.29	75.24
T21	El Dorado	Pache	700 - 1000	DPA1	3	28.19	84.76
T22	El Dorado	Pache	1000 - 1300	DPA2	3	27.62	80.95
T23	El Dorado	Nacional	700 - 1000	DNA1	3	24.38	83.81
T24	El Dorado	Nacional	1000 - 1300	DNA2	3	28.38	83.81

Datos generales de las evaluaciones por tratamiento (Cuarta evaluación)

TTO	Provincia	Variedad	Altitud (m.s.n.m.)	Código	Evaluación	% IID	% Incidencia
T1	Rioja	Caturra	700 - 1000	RCA1	4	12.76	42.86
T2	Rioja	Caturra	1000 - 1300	RCA2	4	16.38	57.14
T3	Rioja	Pache	700 - 1000	RPA1	4	19.05	62.86
T4	Rioja	Pache	1000 - 1300	RPA2	4	18.48	61.90
T5	Rioja	Nacional	700 - 1000	RNA1	4	20.19	68.57
T6	Rioja	Nacional	1000 - 1300	RNA2	4	20.38	65.71
T7	Lamas	Caturra	700 - 1000	LCA1	4	18.29	64.76
T8	Lamas	Caturra	1000 - 1300	LCA2	4	20.57	72.38
T9	Lamas	Pache	700 - 1000	LPA1	4	20.57	64.76
T10	Lamas	Pache	1000 - 1300	LPA2	4	23.43	85.71
T11	Lamas	Nacional	700 - 1000	LNA1	4	25.24	85.71
T12	Lamas	Nacional	1000 - 1300	LNA2	4	21.71	85.71
T13	Huallaga	Caturra	700 - 1000	HCA1	4	15.81	61.90
T14	Huallaga	Caturra	1000 - 1300	HCA2	4	13.71	52.38
T15	Huallaga	Pache	700 - 1000	HPA1	4	21.14	75.24
T16	Huallaga	Pache	1000 - 1300	HPA2	4	23.62	90.48
T17	Huallaga	Nacional	700 - 1000	HNA1	4	19.05	60.00
T18	Huallaga	Nacional	1000 - 1300	HNA2	4	21.33	78.10
T19	El Dorado	Caturra	700 - 1000	DCA1	4	19.24	68.57
T20	El Dorado	Caturra	1000 - 1300	DCA2	4	24.19	81.90
T21	El Dorado	Pache	700 - 1000	DPA1	4	26.10	83.81
T22	El Dorado	Pache	1000 - 1300	DPA2	4	26.29	84.76
T23	El Dorado	Nacional	700 - 1000	DNA1	4	25.33	88.57
T24	El Dorado	Nacional	1000 - 1300	DNA2	4	29.33	97.14

Anexo 4. Datos meteorológicos de las provincias

Provincia de Rioja

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	0	0	0	0	0	0	9.3	118.5	52.2	195.3	143.1	83.4
2016	9010.5	399.3	248.1	309	105	54	49.8	70.8	44.4	73.8	46.5	130.5

TEMPERATURA MÁXIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	24.96	27.77	26.08	0	0	0	27.36	24.93	28.84	27.57	29.23	24.70
2016	27.7	28.9	27.1	29.7	28.5	26.5	28.9	29.8	27.1	28.9	28.5	29.2

TEMPERATURA MÍNIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	24.38	24.13	25.02	0	0	0	19.8	18.05	18.30	18.93	21.24	18.50
2016	18.8	19.8	19.7	19.9	18.7	17.9	18.5	17.6	18.2	17.7	17.2	18.1

Fuente: SENAMHI (2015-2016).

Provincia de Lamas

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	218,9	222,7	172,1	284,8	143,7	106,4	62,3	74,8	49,7	134,5	44,7	155,7
2016	24,2	229,2	249,6	135,7	126,0	69,4	21,8	47,0	0	0	0	0

TEMPERATURA MÁXIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	-999	29.8	29.3	28.3	27.9	27.1	27.8	27.4	30.1	28.6	29.8	29.6
2016	0	28.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TEMPERATURA MÍNIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	16.9	17.5	18.9	19.2	19.4	19.6	18.9	18.7	20.7	19.7	21.2	18.9
2016	0	20.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI (2015-2016).

Provincia El Dorado

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	216,5	162,5	220,3	146,3	114,5	42,7	96,9	82,3	40,7	141,2	167,4	242,7
2016	66,6	212,4	180,8	184,9	96,1	43	26,6	59,5	0	0	0	0

TEMPERATURA MÁXIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	31.8	32.5	32.4	30	31.8	32.5	30.2	35.3	35.4	35.1	32.8	33.6
2016	36.3	32.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TEMPERATURA MÍNIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	21.7	21.5	22.1	20.4	22.2	21.1	19.5	20.8	20.5	22	21.8	22.7
2016	21.8	23.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI (2015-2016)

Provincia del Huallaga

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	241.2	266	-1571.2	-1486.8	151.4	89	-798.2	48.4	92.8	130.4	75.6	191.8
2016	45.7	109.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TEMPERATURA MÁXIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	31.2	32.3	33.2	30.9	31.6	31.7	32.1	35.3	31.7	32.5	34.1	33.3
2016	36.4	32.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TEMPERATURA MÍNIMA EN C°												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	22.5	22.3	22.7	21.2	22.2	21.8	20.6	21.7	19.8	22.8	22.5	21.7
2016	22.6	22.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI (2015-2016).