



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

INCIDENCIA Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ EN
LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL ECUADOR

CASTILLO VILLAVICENCIO NESTOR ANDRES
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INCIDENCIA Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ
EN LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL ECUADOR

CASTILLO VILLAVICENCIO NESTOR ANDRES
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

INCIDENCIA Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ EN LA
PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL ECUADOR

CASTILLO VILLAVICENCIO NESTOR ANDRES
INGENIERO AGRÓNOMO

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL

MACHALA, 25 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
25 de agosto de 2022

INCIDENCIA Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ ARÁBICA EN LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL ECUADOR

por Néstor Andrés Castillo Villavicencio

Fecha de entrega: 18-ago-2022 10:46p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1884208727

Nombre del archivo: Nestor_para_Turnitin.docx (853.93K)

Total de palabras: 4428

Total de caracteres: 23159

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CASTILLO VILLAVICENCIO NESTOR ANDRES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado INCIDENCIA Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ EN LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL ECUADOR, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 25 de agosto de 2022



CASTILLO VILLAVICENCIO NESTOR ANDRES
0704606268

RESUMEN

En este estudio se realizó un acercamiento a la producción de café en el Ecuador. Sin embargo, como país de tradición cafetalera, la producción cafetalera ha sufrido una recesión vertiginosa desde la década de 1990 y aún no se recupera. La metodología de este estudio es documental. Entre todas las conclusiones, la más importante a ser mencionada es que la bajísima producción que experimenta el café tiene relación con la roya del café (*Hemileia vastatrix*), lo que ha provocado una disminución de la producción por diversos motivos. Muchos agricultores no saben cómo controlar esta enfermedad, por lo que no tienen la capacitación adecuada, no conocen las etapas de la roya del café, no saben cuándo y cómo controlarla. Al ser una de las enfermedades más devastadoras existe mucha discusión sobre el manejo de la roya o la forma de control que se pueda emplear, y la mayoría de los caficultores se han centrado en el uso de fungicidas y las prácticas culturales, siendo las biológicas una de las medidas más prometedoras es el uso de microorganismos endófitos. Pero cuando la enfermedad está muy avanzada el uso de productos sistémicos ayuda a que la protección de la planta sea más duradera y menos dañina.

Palabras clave: Café, Enfermedad, roya del café, *Hemileia vastatrix*

SUMMARY

In this study, an approach to coffee production in Ecuador was made. However, as a country with a coffee tradition, coffee production has suffered a deep recession since the 1990s and has yet not recovered. The methodology of this study is documentary. Among all the conclusions, the most remarkable to be mentioned is that the very low production experienced by coffee is related to *Hemileia vastatrix* coffee rust, which has caused a decrease in production for various reasons. Many farmers do not know how to control this disease, so they do not have the proper training, they do not know the stages of coffee rust, they do not know when and how to control it. Being one of the most devastating diseases, there is much discussion about the management of rust or the form of control that can be used, and most coffee growers have focused on the use of fungicides and cultural practices, biological one is one of the most promising measures, the use of endophytic microorganisms. But when the disease is very advanced, the use of systemic products helps the protection of the plant to be more lasting and less harmful.

Key Words: Coffee, Disease, Coffee rust, *Hemileia Vastatrix*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
Objetivo General	6
Objetivos específicos	6
INCIDENCIA Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ ARÁBICA EN LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL ECUADOR	7
Generalidades del café	7
Importancia del café	7
Unidades de producción Agrícolas	8
El verdadero contexto del café en su Producción	8
Tipos de Café	8
<i>Coffea arábica</i>	8
Roya del café	9
Clasificación taxonómica de la Roya	10
Amenaza de la Roya del Café	10
Origen y distribución geográfica	10
Proceso de Infección	10
Síntomas	11
Causas de la enfermedad	11
Diseminación	12
Condiciones favorables para su desarrollo	12
Ciclo de vida de la roya	13
Etapa de Diseminación	14
Etapa de Colonización	15
Etapa de Esporulación o Reproducción	15
Progreso de la enfermedad	15
Curva de avance de la Enfermedad	15
Fase lenta	16
Fase rápida o explosiva	16

Fase terminal o máxima	16
Uso de cultivares resistentes	16
Manejo integrado de la Roya	17
Método Cultural	17
Método Biológico	17
Aplicación de cepas de Trichoderma sp. endófito	17
Control químico de la roya	17
Productos Sistémicos	17
Productos cúpricos	18
Incidencia de la roya en el Ecuador	18
Impacto Económico por la Roya del Café	18
Aspectos ambientales para la Producción de café frente a la Roya	19
CONCLUSIONES	20
BIBLIOGRAFÍA	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación taxonómica de la Roya del café Fuente: Elaboración propia, tomado de Filho & Astorga (2015).....	10
Figura 2 Manejo integrado de la roya Hemileia vastatrix Berk et Br. Fuente: Ponce Sandoval, 2015	11
Figura 3 Diagrama de flujos simbolizando el ciclo de vida de Hemileia vastatrix y factores que lo afectan.....	12
Figura 4 Ciclo de vida del agente causal de la roya del cafeto. Fuente: Jaya Jaya, 2016.....	13
Figura 6 Infección inicial vista por el haz Fuente: Ponce Sandoval, 2015	14
Figura 5 Infección inicial vista por el envés Fuente: Ponce Sandoval, 2015	14
Figura 7 Fases de desarrollo de una epidemia Fuente: Rivillas et al. (2011).....	15

INTRODUCCIÓN

El cultivo del café en el Ecuador es importante en el orden económico, social y ambiental, con 105 271 unidades productoras y un número similar de familias en el Ecuador dentro de las actividades de producción, transporte, comercialización, procesamiento, industrialización y exportación de café. Los ingresos de divisas por las exportaciones de café en grano e industrializado han variado considerablemente en los últimos tiempos, pero continúan afectando las cadenas productivas agrícolas y en la economía social.

El cultivo del café es afectado por enfermedades que causan grandes daños y pérdidas económicas, una de las más relevantes y destructivas es la roya provocada por el hongo *Hemileia vastatrix* (Berk. & Br).

Una vez que una enfermedad ha surgido y se ha arraigado en algún lugar, es imposible suprimir, a pesar de las variadas estrategias implementadas por los productores; Los cuales tuvieron que adaptarse y soportar la roya, por lo que se desarrollaron prácticas culturales y distintos métodos de prevención y manejo.

El daño provocado por la roya es gradual, se localiza en el follaje, si no se toman las medidas de control adecuadas podría reducirse significativamente el rendimiento de las plantaciones, debido a la disminución de la actividad fotosintética.

La roya del café eventualmente se propaga en las hojas maduras para completar su ciclo de vida, no puede sobrevivir en el suelo o materia vegetal inerte, por lo que el agente patógeno tiene cierto período de latencia en las hojas del café, desde la infección hasta la reproducción de esporas que dan paso al inicio de un nuevo ciclo. No obstante, se puede repetir de seis a ocho veces en cafetos durante una misma cosecha.

Objetivo General

Analizar la incidencia y las medidas de control de la enfermedad roya en el cultivo de café, mediante una investigación bibliográfica para mejorar la productividad de los cafetales de Ecuador.

Objetivos específicos

- Identificar el impacto generado por la enfermedad de la Roya del café, en la productividad cafetalera en Ecuador.

- Analizar las medidas de control que son aplicadas en el manejo de la roya del café en Ecuador.

INCIDENCIA Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ ARÁBICA EN LA PRODUCCIÓN CAFETALERA DEL ECUADOR

El café es el principal producto de comercialización a nivel mundial, es cultivado en más de 80 países del mundo, el 90% de ellos son considerados en vías de desarrollo. Se considera que el 80% de los adultos han consumido bebidas a base de café, por lo que se estima que es la segunda bebida con más consumo después del agua, alrededor de 1.600 millones de tazas de café se consumen a nivel mundial cada día. Debido a su característica composición bioquímica, este número está en incremento, atendiendo a los informes de salud sobre sus efectos positivos a su ingesta (Torres-Valenzuela et al., 2019).

Generalidades del café

El cultivo del café es originario de África y se distribuye en diferentes regiones geográficas y climáticas. Como flora, se compone de más de 100 variedades pertenecientes a una gran "familia" del género *Café*. Según el lugar de origen y el clima, se crían diferentes variedades de cafetos con disímiles características genéticas: el tamaño y la forma de la planta, el tamaño y el color de la fruta, la resistencia a enfermedades, a plagas, y al sabor de la bebida (Velásquez, 2019).

Importancia del café

El valor económico y social del café en la actualidad es de mucha importancia, debido a que se encuentra plasmado en los hábitos de diversas culturas que en la cotidianidad lo consumen. En la actualidad la caficultura cumple un factor importante, en el país cumple el rol de generar ingresos para los caficultores, transportistas, acopiadores y comercializadores, también generando divisas que ayudan a la riqueza rural de los productores. Por otro lado, la tradición del consumo de café cumple un rol social en el Ecuador, creando una integración cultural de diversos pueblos, géneros y etnias de todas las edades y niveles educacionales (Piloza et al., 2022).

A su vez, el café es apreciado como uno de los productos agrícolas más reputado en el comercio mundial, y como consecuencia del hongo *Hemileia vastatrix* se podría producir una pequeña reducción de su rentabilidad o un leve incremento en su coste de producción, esto impacta en los caficultores y en las economías de los países que dependen completamente de las exportaciones de este cultivo (Mora, 2019).

Unidades de producción Agrícolas

Según Ponce et al. (2018), mencionan que en el Ecuador se presenta un total de 842 882 unidades de producción agrícola, donde el café ocupa 105 271 unidades de producción, ocupando así el 12.5% de unidades de producción nacional están directamente vinculadas con la actividad cafetalera.

En algunos pueblos de Manabí, como Jipijapa, se caracterizan por una exuberante producción de café en grano, que es lugar de estudio por la gran representación de las exportaciones. Ecuador tiene una buena extensión de tierra dedicada a la producción de café, lo que genera empleo directo e indirecto (León et al., 2020). La corporación Perfect Daily Grind informa que en Manabí y Morona Santiago tienen aproximadamente 85 000 hectáreas cultivadas de café arábica (Wilson, 2022). Por otro lado, Ecuador por tener una riqueza de biodiversidad muchas provincias cumplen con condiciones óptimas para ser consideradas productoras de este café; sin embargo, Zaruma, cantón perteneciente a la provincia de El Oro, es propietaria del mejor café clasificado a nivel nacional (Mendoza, 2018).

El verdadero contexto del café en su Producción

El cultivo del café en este país Ecuador tiene un alto valor económico, social y ambiental. La relevancia social y económica está basada en la oportunidad laboral para 105 000 hogares manufactureros y 700 000 hogares relacionados con los desarrolla de la comercialización, industrialización, transporte y exportación. La importancia del café en el orden ecológico se debe a la amplia adaptación de los cafetales a diferentes agroecosistemas en las cuatro regiones (Venegas et al., 2018).

Tipos de Café

Coffea arábica

El café arábigo es un cultivo que depende de la época en la cual se vaya a cultivar debido a que requiere un promedio de 180 a 200 días de lluvia para crecer en condiciones óptimas, ya que, si bien puede sobrevivir a las sequías, la calidad y cantidad de la producción disminuirá considerablemente. También requiere un período seco de casi 3 meses, por lo que se adapta bien al clima de todas las partes existentes del país. Los principales tipos de café arábica que se producen en el Ecuador son: Típico, Caturra, Bourbon, Pacas, Catuaí, Catimor y Sarchimor, y sus presentaciones verde, tostado y soluble (Robles & Sánchez-Riofrío, 2021).

Roya del café

La Roya del café considerada una de las perjudiciales y severas del cultivo desde su aparición en el año 1869, causando enormes pérdidas en la producción del mismo. Una vez la enfermedad se ha presentado no ha sido posible erradicarla. Por lo tanto, las familias caficultoras se han tenido que adaptarse y convivir con la enfermedad, desarrollando diversas prácticas culturales y distintas técnicas de manejo y prevención de la misma. A pesar de todo, debido a las variaciones climáticas, el manejo de la enfermedad y diversas circunstancias más, se ha producido un gran impacto en diferentes países y regiones, atacando con severidad y debilitando los cafetales, con ellos se han producido grandes pérdidas en la producción. Los efectos mencionados han afectado las producciones en bumerán en los años subsiguientes; Lo que ha llevado a la aplicación de podas intensivas en los cafetales, reduciendo así significativamente la producción a corto plazo (Filho & Astorga, 2015).

La roya del café está presente en grandes cantidades en altitudes entre 600 y 1200 metros sobre el nivel del mar (msnm) y se ve afectada en las plantaciones con alta abundancia de frutos, la mala fertilización, los fungicidas, entre otros factores que debilitan las plantas, la roya aparece en plantas de café con subutilización y el cambio climático. Esto las hace más vulnerable a ataques pesados (Solórzano & Cáceres, 2012).

Las diferentes condiciones ambientales y agropecuarias durante el periodo 2008-2011 fueron posibles causas para la epidemia de la roya del café, generando brotes de Roya que a su vez asociados con las condiciones edafo-climáticas como resultado del fenómeno de La Niña junto con la reducción de luz solar por la presencia de cielos nublados (Cristancho et al., 2012).

La roya es la enfermedad más dañina de los cafetos y la enfermedad de mayor importancia económica en el mundo, estimula la caída temprana del follaje, la disminución de la capacidad fotosintética y la labilidad de los granos de café, de la planta que tendrá predisposición a enfermarse y contraer una infección grave, causando la muerte de sus ramas e incluso árboles (Indacochea, 2018).

Clasificación taxonómica de la Roya

Desde los aportes de Filho y Astorga (2015), proporcionan en la **Figura 1**, la clasificación taxonómica de la roya del café:

Reino:	Funji
División:	Eumycota
Subdivisión:	Basidiomycotina
Clase:	Teliomycetes
Orden:	Uredinales
Familia:	Pucciniaceae
Género:	Hemileia
Especie:	Hemileia vastatrix Berkeley & Broome

***Figura 1** Clasificación taxonómica de la Roya del café*

***Fuente:** Elaboración propia, tomado de Filho & Astorga (2015)*

Amenaza de la Roya del Café

La roya es uno de los agentes patógenos más devastadores del café arábica. Se observaron reducciones significativas en la cosecha en todos los países. Las plantas severamente infectadas se ven opacas, parcial o completamente caducas, dentro de tres a cuatro semanas (Filho & Astorga, 2015).

Origen y distribución geográfica

No se conoce con seguridad el origen de la Roya. La mayoría de los autores están de acuerdo que debió haberse iniciado en Etiopía o Uganda debido a que es el centro de origen del café arábigo, por otro lado, otros autores indican que se originó en África central. La enfermedad está ampliamente diseminada en África, algunos países asiáticos, Australia, India y parte de Latinoamérica (Leyva, 2022)

Proceso de Infección

Las esporas de la roya tienen su formación en uno o más tubos de germinación, se desarrollan y se crecen y se extienden en la cara superior y posterior de la hoja hasta ingresar a sus estomas en el interior de la misma, por cuanto no pueden penetrar directamente en la epidermis. En ese momento, el hongo forma un apego, y las hifas entran en la cavidad subestomatal, colonizan intercelularmente el tejido esponjoso de la hoja. Posteriormente, crecen unas hifas (hifas rectas) donde nacen las esporas, y

numerosas esporas se incrustan en la superficie, formando las características pústulas de color naranja brillante **Figura 2** (Cordero-Méndez, 2017).



Figura 2 Manejo integrado de la roya *Hemileia vastatrix* Berk et Br.
Fuente: Ponce Sandoval, 2015

Síntomas

La roya se presenta principalmente en las hojas, en forma ocasional sobre frutos o ramas. Los árboles afectados presentan una severa pérdida de las hojas y, por tanto, una apariencia raquílica. Los primeros síntomas son puntos o manchas pequeñas de color amarillo claro, de 1-3 cm de diámetro en la parte inferior de las hojas, las cuales se van expandiendo en forma circular. En este estado, las manchas vistas a través de la luz tienen un aspecto aceitoso y son más claras que el resto de la hoja. Las manchas adquieren luego un color amarillo anaranjado y polvoriento, por la presencia de las esporas o cuerpos infecciosos reproductivos del hongo. Las manchas siguen creciendo hasta cubrir una buena parte de la hoja (Ampuero, 1974)

En la cara superior de la hoja aparecen áreas descoloridas, de tonalidades amarillentas, lo cual corresponde a regiones infectadas de la parte inferior. A medida que las manchas envejecen, el tejido de la hoja muere. Las hojas infectadas caen prematuramente, afectando la formación de frutos (Ampuero, 1974).

En muchos casos en la fase inicial, los síntomas de la roya pueden confundirse con la denominada enfermedad “cercospora”, causada por otro hongo.

Causas de la enfermedad

La roya se produce por un hongo denominado **Hemileia vastatrix**, el cual tiene alrededor de 26 cepas reconocidas que atacan principalmente los tipos arábigos de café. La forma

más visible del hongo es la masa polvorienta de esporas sobre las hojas, las cuales son responsables de nuevas infecciones a los arboles vecinos y en una característica que le ayuda a reconocer la enfermedad (Avelino et al., 1999).

Diseminación

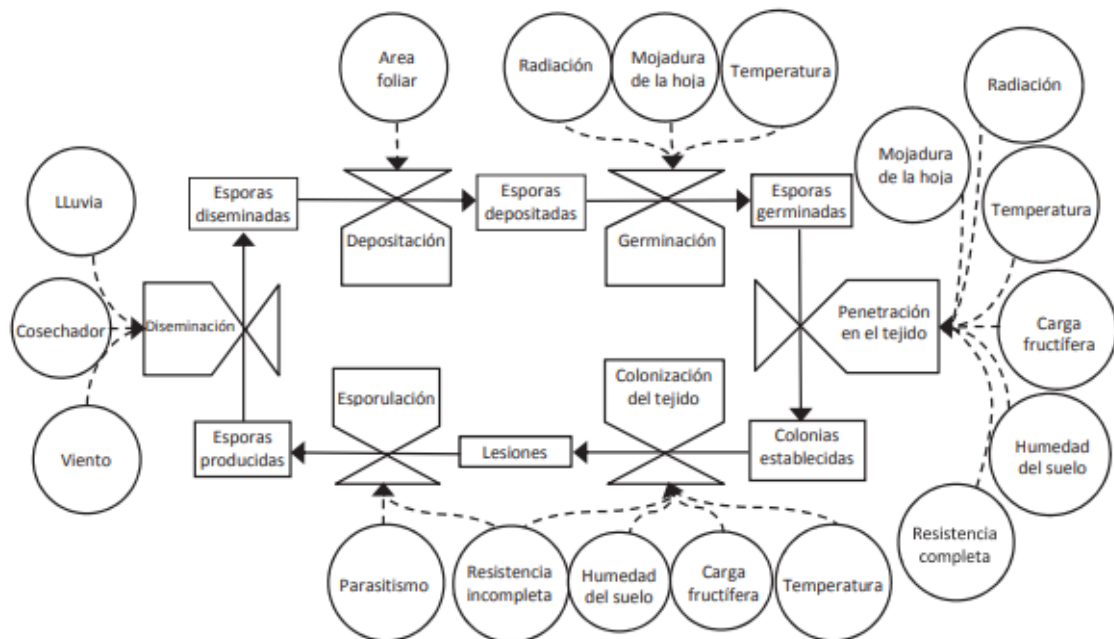


Figura 3 Diagrama de flujos simbolizando el ciclo de vida de *Hemileia vastatrix* y factores que lo afectan.

Fuente: Avelino & Galileo, 2013

De acuerdo con la **Figura 3**. El salpicado de las aguas lluvia, transporte de embalajes contaminados y plantas infectadas por las personas. Para explicar la introducción del hongo en cafetales evidentemente distantes, el último aspecto antes nombrado es de mucha importancia para su diseminación. Por otro lado, en los últimos años se le ha dado más importancia al salpicado de lluvias como agente diseminador de la Roya para cafetales vecinos (Villarreyna-Acuña, 2014).

Condiciones favorables para su desarrollo

Las condiciones favorables para la Roya del café son: clima, efecto de altitud, sombra, fertilidad del suelo y la arquitectura del dosel. Pese a que se han realizado Investigaciones para obtener información acerca de las epidemias y modelos, a menudo son ineficaces. Esta brecha creada puede ser causada por una variable ambiental en gran cantidad (Talhinhas et al., 2017).

La gravedad de la infección del hongo, está relacionada con las circunstancias climáticas de cada país. Estudios recientes indican que hay una relación muy estrecha entre el monto y distribución de la lluvia y la infección. En países con estación seca marcada, la roya disminuye o no hay nuevas infecciones, en regiones de la india donde hay una distribución regular de las lluvias, se presenta la infección todo el año.

Las altas temperaturas favorecen el establecimiento y desarrollo de la enfermedad, señalando un rango entre 20-23 °C y un óptimo a los 22 °C, sin embargo, también se presenta la enfermedad en zonas de temperatura baja y altitud de hasta 1600 metros. En consecuencia, donde se presenta la enfermedad, es necesario efectuar estudios ecológicos básicos para poder establecer programas de control efectivos. (Avelino & Galileo, 2013)

Sobre la base de información proveniente de Ecuador se considera que las áreas cafetaleras tienen condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de la roya.

Ciclo de vida de la roya

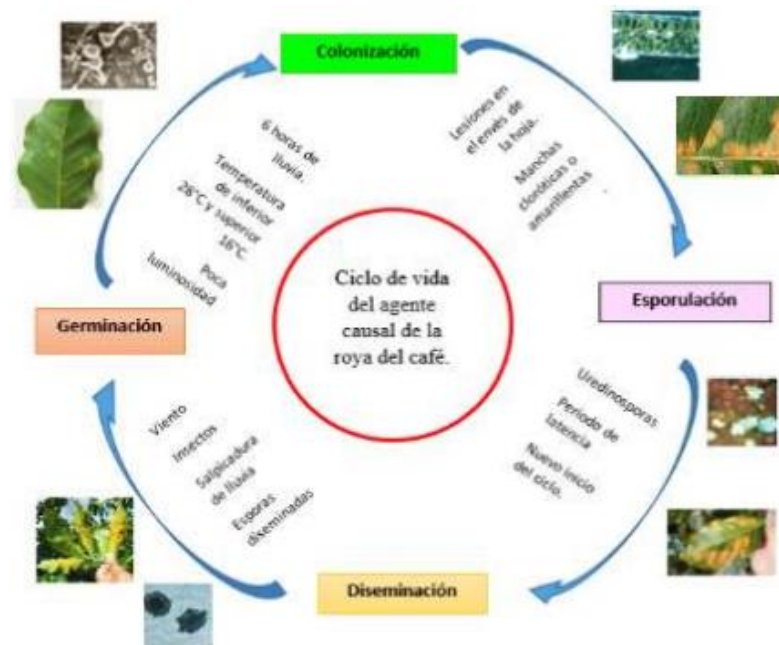


Figura 4 Ciclo de vida del agente causal de la roya del café.
Fuente: Jaya Jaya, 2016

La reconocida en siglas americanas como USAID, explica la **Figura 4**. La Roya del café se avisto por primera vez, gracias a un especialista en especies de la Coffea en África; sostienen que la Roya permanece celularmente en un estado dicariótico, por otra parte, algunas veces se puede generar una recombinación genética en el hongo, básicamente puede tener reproducción asexual, ocasionalmente el período de vida de la roya puede

distribuirse en cuatro etapas: Diseminación, Germinación, Colonización y Esporulación (USAID, 2013).

Etapa de Diseminación

La etapa se empieza con la fase de descarga, desprendiendo las uredosporas del lugar infectado de la hoja de café, debido a los efectos de las salpicaduras de lluvia. Por otro lado, los agentes externos como: el viento, los insectos y la manipulación de los sujetos facilitan la diseminación de la infección en cercanas o distantes distancias. Además, se desarrollan nuevos focos de infección, a veces tan extensos, a medida de la disposición de las plantas hospedadoras, produciendo intensas dosis de polvo amarillento, observándose con facilidad en las hojas de las plantas de café infectadas (Villarreyña-Acuña, 2014).

Etapa de Germinación

La presencia de uredosporas en el huésped desencadenan la germinación, este proceso infeccioso emana de los lugares de germinación, durante un período de 6 a 12 horas en óptimas condiciones: lluvia durante al menos seis horas con temperaturas inferiores 28°C y arriba de 16°C, con poca luz y a veces oscuridad, creciendo hasta encontrar los conductos de los estomas ubicados en la cara posterior de las hojas maduras, posteriormente invaden a la totalidad de las hojas y comienza la infección de manera más estricta **Figura 5 y Figura 6** (Villarreyña-Acuña, 2014).



Figura 6 Infección inicial vista por el envés

Fuente: Ponce Sandoval, 2015



Figura 5 Infección inicial vista por el haz

Fuente: Ponce Sandoval, 2015

Etapa de Colonización

En el momento en el cual el Hongo se encuentra ya en el interior, se producen haustorios, esto es en contacto directo con las células de las plantas, comienzan a extraer los nutrientes que la planta tiene para su crecimiento. Una vez infectadas las células, las plantas comienzan a perder su coloración, avistando manchas amarillentas o cloróticas en las hojas que corresponderían a los indicios de la roya (Rivillas et al., 2011).

Etapa de Esporulación o Reproducción

La etapa comienza aproximadamente al mes luego terminando la colonización, llegando el patógeno a madurar y formar los soros, siendo estos los agentes de causar nuevas uredinosporas aproximadamente a 1 600 milímetros cuadrados (mm²) del total de la hoja infectada entre cuatro a cinco meses, terminando las uredinosporas dispersas que provocaran un nuevo inicio de reproducción (Rivillas et al., 2011).

Progreso de la enfermedad

Curva de avance de la Enfermedad

Las epidemias avanzan en el tiempo y el espacio, con tres fases distintas del proceso representadas por trayectorias bidimensionales, que se ven reflejadas en la siguiente curva de progreso en las dos dimensiones **Figura 7**.

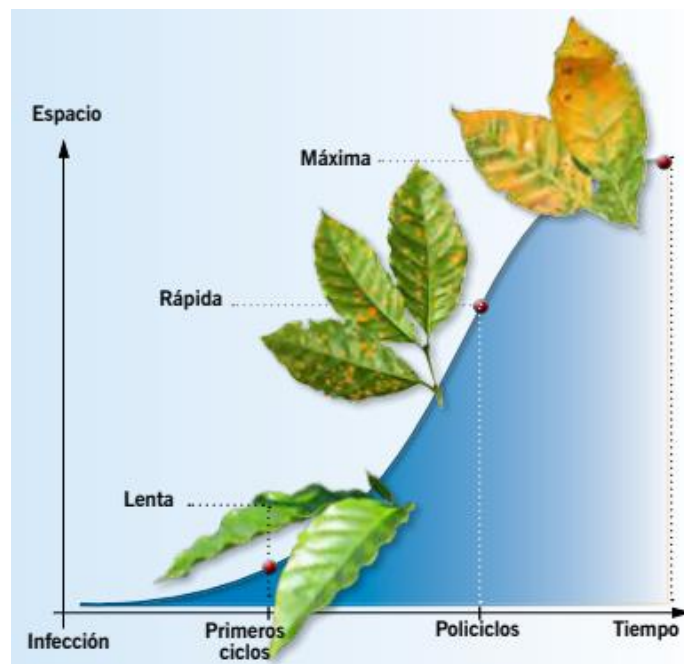


Figura 7 Fases de desarrollo de una epidemia
Fuente: Rivillas et al. (2011).

Fase lenta

Una epidemia comienza con una infección de algunas hojas, sin síntomas visibles. Sin embargo, después de que ha tenido lugar el transcurso de incubación del hongo, este aparece en el follaje como manchas pálidas translúcidas que son notorias a la luz, y se evidencia un aspecto similar a una partícula de aceite, con una tasa de contagio con un porcentaje menor al 10% en el follaje de café, como segmento del agente patógeno inicial que permanece en los cafetos en el transcurso la estación seca (Campos, 2015). Durante la estación húmeda se producen los primeros soros, liberando nuevas esporas que permiten la presencia del patógeno en aproximadamente el 10% del 100% del follaje del cafeto (Rivillas et al., 2011).

Fase rápida o explosiva

Es la consecuencia de un proceso tardío de desarrollo y liberación de esporas en el que la roya del café inicia una propagación rápida, iniciando una gran cantidad de hongos que se dispersan entre los arbustos de la plantación de café. Más de 30 hojas por cada 100 hojas de café en la planta pueden desarrollar la enfermedad en 2-3 semanas (Rivillas et al., 2011).

Fase terminal o máxima

En este momento, la enfermedad llega a su cúspide, alcanzando el final de su etapa. Debido a que el follaje de los cafetos severamente afectados se cae debido a la alta severidad, la cantidad de hojas sanas es baja debido a la continuación de la epidemia, y la alta tasa de infección y reproducción, y el agotamiento del huésped puede llegar a un máximo y poner fin a la epidemia (Rivillas et al., 2011).

Uso de cultivares resistentes

Según Villarreyña-Acuña (2014) informa sobre la susceptibilidad antes demostrada de las distintas variedades tradicionales a Coffea Arábica frente a la enfermedad de la Roya, es necesario trabajar arduamente en la búsqueda de nuevas soluciones o opciones para tratar de neutralizar la misma. Como alternativa para poder hacerle frente al hongo se ha determinado que cumple un papel fundamental el uso de variedades resistentes a la misma. Así mismo, reduciendo la utilización descomunal de productos químicos para contrarrestar la enfermedad y buscando la desinfección total de los medios de contaminación. Las variedades Coffea Arábica han revelado tener muy buena resistencia

ante el hongo, recomendándose en zonas de fuerte incidencia. Todas las líneas de Coffea Arábica generan más resistencia ante la enfermedad.

Manejo integrado de la Roya

Método Cultural

El implemento de ciertas prácticas agronómicas, como el uso de un espacio de siembra adecuado, la poda de cafetos, la selección del número de plántulas por planta, la administración de sombra, la nutrición optima y el manejo de malezas. Estas medidas tienen un efecto directo sobre la productividad de las plantaciones, pero también pueden, e indirectamente, si se hacen bien, limitar el desarrollo de la roya y otras enfermedades de los árboles del café (Barquero, 2013).

Método Biológico

Los métodos biológicos se pueden definir como la utilización de individuos para eliminar las diferentes actividades culturales y la propagación de otros individuos, siendo utilizados para tratar de controlar plagas, patógenos, malezas y otras plantas indeseables. Para el control biológico de Hemileia vastatrix se han utilizado bacterias endófitas, en el caso de los cafetos han sido utilizados hongos y bacterias de aplicación foliar para tratar de manejar y controlar la roya (Barquero, 2013).

Aplicación de cepas de Trichoderma sp. endófito

Mediante una investigación Mamani-Huayhua et al. (2021), concluyen que con la aplicación de cepas endógenas de Trichoderma al suelo y follaje de los cafetos se minimiza la presencia y el nivel severidad de la roya listada (Hemileia. vastatrix) y se mejora la información del crecimiento de las plántulas a nivel de vivero.

Control químico de la roya

Al presentarse situaciones climáticas favorables para la roya, es imposible mantener niveles bajos de este agente contagioso, mediante algún sistema de manejo a prácticas independientes. Por ende, se necesitará realizar prácticas más aversivas de control, centrándose en el uso de productos químicos, estos pueden ser sistémicos o cúpricos (Avelino & Galileo, 2013).

Productos Sistémicos

La particularidad de estos productos es su uso que redistribuye y trascoloca dentro de la planta de café, una vez asimilados son considerados curativos, adoptando capacidades de

protección para el cafeto durante un periodo mayor (Ivic, 2010). Los productos sistémicos más utilizados pertenecen a la familia de los triazoles (Avelino et al., 1999). El primero actúa sobre la molécula específica de ergosterol, el segundo (estrobilurina) sobre la mitocondria de los hongos e inhibe la transferencia de electrones en la parte respiratoria; todos son considerados productos profilácticos y beneficiosos (Rivillas et al., 2011).

Productos cúpricos

Son productos que tienen la capacidad de protección para las plantas de los hongos agresores. Generando una protección en el follaje, evadiendo la propagación de esporas y su posterior invasión dentro tejido, es necesario establecer un programa de control previo (Rivillas et al., 2011). Los productos cúpricos con mayor frecuencia de utilización son el óxido de cobre, oxiclورو de cobre e hidróxido de cobre. Según Campos-Almengor et al. (2014), analizaron la eficacia de cinco productos fungicidas a base de cobre, obteniendo resultados muy buenos, recomendando que los productos se deberán aplicar cuando se tengo un 10% de incidencia de la enfermedad en las hojas, aplicando de cuatro a cinco veces, incluyendo una última aplicación durante la cosecha, para observar los resultados; además, recomiendan los autores que los mejores resultados obtenidos son con el Caldo bordelés, Trillogy 64 EC (Aceite de Nim) y Oxiclورو de cobre.

Incidencia de la roya en el Ecuador

No se encontró mucha información acerca de la incidencia que presenta la roya del café en territorio ecuatoriano, sin embargo, en un estudio realizado al nivel regional en Colombia país vecino, utilizando el método de incidencia de CENICAFÉ efectuándose con la toma de un muestreo de 10 plantas por hectáreas, se tuvo como resultado de un nivel de incidencia de 18.1% a 21.2%. Por otro lado, con la presencia de altas temperaturas y luz solar, se detectó un incremento en la incidencia de la roya de un 18.1% a 21.2%; siendo la incidencia presentada por encima del umbral económico considerado por CENICAFÉ (5%) (Montes et al., 2012).

Impacto Económico por la Roya del Café

La producción de café de Ecuador se ha visto amenazada a lo largo de los años por la permanencia de antiguos cultivos y el sistema tradicional de manejo de cultivos del 85%, el mismo sistema explotado por técnicas agrícolas, educación deficiente, menos trabajo, lo que lleva a una baja productividad (250 kg de café/ha), solo el 15% se realiza de forma

semitécnica y técnica (750 kg de café/ha); esta situación anteriormente referida es la principal causa de que la producción existente en Ecuador sea menor que los 1 513 570 saquillos de 60 kg representados en 1977, frente a la producción en el año 2010 con 633 418 saquillos de 60 kg, se refleja una reducción significativa de la 58% producción hasta ese momento (Pilozo et al., 2022).

En el año 2000, todo el país no pudo recuperar la producción, conservando durante muchos años en 1 119 773 saquillos de 60 kg de café; reportándose una merma en la producción en los años siguientes bajo condiciones adversas, al punto que la producción de café en el 2008 cayó en 600 238 sacos, reportando la segunda producción más baja en la historia del país, sucedida en el año 1958, fecha en la que se alcanzó los 561 452 sacos de café; desde entonces ha cambiado poco a poco, año tras año, hasta el año 2000 (Pilozo et al., 2022).

La corporación Perfect Daily Grind informa que en los años 2016/2017 se han producido 170 000 sacos de café con una disminución del 24% de la producción relacionada a los años 2015/2016, cuya explicación se debe a la falta de renovación en los cultivos (Wilson, 2018).

Aspectos ambientales para la Producción de café frente a la Roya

Las creencias de los caficultores son expuestas por Medina-Meléndez et al. (2016) que señala que el 41,20% de estos productores, confirman que la aparición de plagas y enfermedades entre ellas la roya del café (*Hemileia vastatrix*), se debe al cambio climático siendo un factor importante, que ha provocado que un gran número de caficultores no puedan cosechar. Principalmente, por lo que se puede observar, este no es un problema menor. El cambio climático no es solo un problema ambiental que requiere soluciones técnicas y de gestión, es un problema político, y las organizaciones, las instituciones nacionales, las empresas, las asociaciones industriales, las ONG y las organizaciones multilaterales están involucradas de manera decisiva en la búsqueda de soluciones al problema.

CONCLUSIONES

- La presencia de la Roya del café a nivel mundial y especialmente en contexto ecuatoriano de los cultivos cafetaleros ha impactado severamente en el aspecto económico de la producción del mismo, presentando una depreciación en valor monetario, debido a la roya del café, la mayoría de cafetales se vieron afectados en la baja calidad y cantidad de café cosechado y por esta razón los niveles de exportación se vieron reducidos y esto ha generado una baja productividad en los cafetales presentando una disminución significativa en la producción de 58% aproximadamente.
- Analizando las diferentes medidas de control que se implementan en el cafetal para el manejo de la roya del café en Ecuador, el método cultural tiene efectos fundamentales con respecto a la productividad del cafeto concibiendo limitar la Roya del café. Por otro lado, el método biológico es muy interesante debido al uso de cepas endógenas con resultados sumamente buenos, minimizando la incidencia y la severidad de la enfermedad.
- No obstante, al ser una enfermedad que no se puede erradicar completamente de la plantación y permanece en muchos casos hasta dos años después de la cosecha, es imposible mantener niveles bajos del patógeno, mediante prácticas culturales, de modo que, se tendrá que utilizar practicas severas centrándose en el uso de productos químicos como los cúpricos o sistémicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Jaya Jaya, M. (2016). *Análisis sobre la incidencia de la roya del café (Hemileia vastatrix) en la productividad del cafetal en la zona agrícola de la Isla Santa Cruz. [Trabajo de Titulación, Universidad Central del Ecuador Sede Galapagos]*. Repositorio Institucional, Santa Cruz, Galapagos, Ecuador.
- Ampuero P., E. (1974). *La amenaza de la roya del café*. INIAP.
- Avelino, J., & Galileo, R. (2013). La roya anaranjada del cafeto. *HAL open science*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/hal-01071036>
- Avelino, J., CIRAD, CP, FICA, PROMECAFE, Muller, R., . . . INIFAP. (1999). *LA ROYA ANARANJADA DEL CAFETO: MITO Y REALIDAD*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Barquero Miranda, M. (2013). *Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto*. Instituto del Cafe de Costa Rica. <https://doi.org/978-9977-55-045-9>
- Campos-Almengor, O., Colom, D., Reyes, J., & Mazariegos, R. (2014). Análisis de 5 fungicidas de contacto para el control de la roya del café *Hemileia vastatrix* Berk y Br. *El Cafetal*(38), 10-15.
- Cordero-Méndez, G. (2017). Eficiencia de control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) con triazoles y estrobilurinas en El Rosario de Naranjo Costa Rica. *Tecnológico de Costa Rica*, 1-10.
- Cristancho, M., Rozo, Y., Escobar, C., Rivillas, C., & Gaitan, A. (2012). Outbreak of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) in Colombia. *New Disease Reports*, 25(19), 1-2. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2012.025.019>
- Indacochea Chilan, L. (2018). *Análisis de la tolerancia a la presencia de cuatro enfermedades foliares en 20 variedades e híbridos de café arábigo (Coffea arábigo)*. [Trabajo para la obtención de Título de Ingeniero Agropecuario]. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa.
- Ivic, D. (2010). Curative and Eradicative Effects of Fungicides. *Institute for Plant Protection Croatian Centre for Agriculture, Food and Rural Affairs*, 1(1), 1-22. <https://doi.org/10.5772/13766>
- León Serrano, L., Matailo Pinta, A., Romero Ramón, A., & Portalanza Chavarría, C. (2020). Ecuador: producción de banano, café y cacao por zonas y su impacto económico 2013-2016. *Uisrael*, VII(3), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.35290/rcui.v7n3.2020.324>
- Leyva Mir, G. (2022). *PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL CAFÉ (Coffea arabica)*. Agroproductividad.
- Mamani-Huayhua, G., Leon-Ttacca, B., Palao-Iturregui, L., & Borja-Loza, Y. (2021). Biocontrol de la roya amarilla del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) con cepas de *Trichoderma* sp. endófito. *La Habana*, XLII(4), 1-10. <https://doi.org/ISSN 1819-4087>
- Medina-Meléndez, J., Ruiz-Nájera, R., Gómez-Castañeda, J., Sánchez-Yáñez, J., Gómez-Alfaro, G., & Pinto-Molina, O. (2016). Estudio del sistema de producción de café (*Coffea*

arabica L.) en la región Frailesca, Chiapas. *CienciaUAT*, X(2), 1-12. <https://doi.org/ISSN:2007-7521>

- Mendoza Briones, N. (2018). *INCIDENCIA DE FACTORES DETERMINANTES EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN ECUADOR: BANANO, CACAO, CAFÉ Y PALMA AFRICANA. [Trabajo de titulación-Título de Economista]*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Montes R, C., Montes Rojas, C., Armando, O., & Amilcar Cadena, R. (2012). Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento del Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, X(1), 1-5. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/797>
- Mora Aguilera, G. (2019). *Roya del cafeto Hemileia vastatrix Verkeley & Brome. [Ficha Técnica 40]*. olegio de Postgraduados, Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria.
- Pilozo Mantuano, W., Indacochea Ganchozo, B., Castro Landín, A., Vera Tumbaco, M., & Ortega, J. G. (2022). PRINCIPALES ENFERMEDADES CAUSANTES DE LA PÉRDIDA DE RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS DE CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica* L.) EN LA ZONA SUR DE MANABÍ, ECUADOR. *Revista Científica Multidisciplinaria*, VI(2), 1-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v6.n2.2022>
- Ponce Sandoval, À. (2015). *BOLETÍN TÉCNICO CEDICAFÉ CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CAFÉ: Manejo integrado de la Roya anaranjada Hemileia vastatrix Berk et Br. Cedicafé*.
- Ponce Vaca, L. A., Orellana Suarez, K. D., Acuña Velásquez, I. R., Alfonso Alemán, J. L., & Fuentes Figueroa, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, VI(1), 1-7. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100015
- Rivillas Osorio, C. A., Serna Giraldo, C. A., Cristancho Ardilla, M. A., & Gaitàn Bustamante, A. L. (2011). *La Roya del Cafeto en Colombia: impacto, manejo y costos de control*. *Cenicafé*. <https://doi.org/0120-047X>
- Robles Poveda, L. A., & Sánchez-Riofrío, A. (2021). ANÁLISIS TEÓRICO DE LA INDUSTRIA DEL CAFÉ EN ECUADOR Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO EN LA MATRIZ PRODUCTIVA. *Geociencia*, 3-7. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27124.27524>
- Solòrzano Lanzas, J., & Càceres Trujillo, F. (2012). Programa de mejoramiento productivo de la caficultura para pequeños y medianos productores. *FUNIDES*(15), 1-15.
- Talhinas, P., Batista, D., Diniz, I., Vieira, A., Silva, D., Loureiro, A., . . . do Céu Silva, M. (2017). The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. *Mol Plant Pathol*, XVIII(8), 1-15. <https://doi.org/10.1111/mpp.12512>
- Torres-Valenzuela, L. S., Martínez, K. G., Serna-Jimenez, J. A., & Hernández, M. C. (2019). Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Físicoquímicas. *Información tecnológica*, 30(2), 2-6. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189>

- USAID. (2013). Enmienda al eg-persuap inclusión de fungicidas para el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.). *Del Pueblo de los Estados Unidos de América*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JJ16.pdf
- Velásquez O., R. A. (2019). Guía de variedades de café | Guatemala. En A. N. Café, *Guía de variedades de café | Guatemala* (págs. 1-10). Anecafé.
- Venegas Sánchez, S., Orellana Bueno, D., & Pérez Jara, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, *II*(2), 1-5. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.72-91](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.72-91)
- Vera Veintimilla, R. I. (2022). *Comportamiento agronómico de materiales de café robusta, Coffea canephora, tolerantes al estrés hídrico bajo condiciones de marchitez permanente*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022. <https://doi.org/https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7575>
- Villarreyña-Acuña, R. (2014). *Análisis de las condiciones de manejo que propiciaron el impacto de la roya (Hemileia vastatrix) en la zona cafetalera de los municipios de Jinotega, el Tuma-La Dalia y San Ramón, Nicaragua [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical De Investifacìon]*. Repositorio Institucional. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32511.20642>
- Virginio Filho, E. D., & Astorga, C. (2015). Prevención y control de la roya del café-Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*, *I*(1), 1-12. <https://doi.org/978-9977-57-655-8>
- Wilson, H. (2018 de octubre de 2018). *Perfect Daily Grind* . Explorando el café especial de Ecuador: <https://perfectdailygrind.com/es/2018/10/11/explorando-el-cafe-de-ecuador/>