Revisión documental de los principales agentes fitopatógenos y estrategias de manejo en el cultivo de café (*Coffea* spp.)

Elder Javier Calle Cunyarache[1]
agp2017015@uea.edu.ec

Dante Alein López Castillo[1]
agp2017052@uea.edu.ec

Karina María Elena Carrera Sánchez[2]
mcarrera@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Resumen

El cultivo de café es originario del continente africano, es considerado un arbusto que se caracteriza por desarrollarse en condiciones climáticas tropicales donde la temperatura oscila entre 18 y 26 ºC. El objetivo de la siguiente investigación fue describir la etiología, síntomas, signos e incidencia de los principales agentes fitopatógenos que afectan el cultivo de café y determinar las diferentes estrategias de manejo para su respectiva prevención. El presente trabajo está enmarcado en un tipo de investigación no experimental exploratoria y documental, la cual se realizó mediante una revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias, la cual nos proporcionó como resultado que las principales enfermedades que afectan al cultivo de café son: roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome.), ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk & Curtis.), mal del talluelo (*Rhizoctonia solani* Kühn.), mancha de hierro (*Mycosphaerela cofeicola* Cooke), bacteriosis (*Pseudomona syringae* Van Hall.), virus de la mancha anular del café (CoRSV), causadas por nematodos del género (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp.), entre las principales estrategias de manejo utilizadas para reducir la presencia de estas enfermedades en el cultivo de café destacan el control químico, cultural y biológico. Finalmente se concluye que para reducir la incidencia de las enfermedades en el café se debe realizar un manejo integrado del cultivo con la finalidad de obtener mejores resultados y de esta manera evitar la inmunoresistencia en los agentes fitopatógenos.

Palabras Clave: Café, agentes fitopatógenos, manejo, etiología

Abstract

The coffee crop is native to the African continent, it is considered a shrub that is characterized by developing in tropical climatic conditions where the temperature ranges between 18 and 26ºC. The objective of the following research is to describe the etiology, symptoms, signs and incidence of the main phytopathogenic agents that affect coffee cultivation and determine the different management strategies for their respective prevention. The present work is framed in a type of exploratory and documentary non-experimental research, which was carried out through a bibliographic review of primary and secondary sources, which provided us with the result that the main diseases that affect coffee cultivation are: rust (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome.), rooster eye (*Mycena citricolor* Berk & Curtis.), stalk disease (*Rhizoctonia solani* Kühn.), iron spot (*Mycosphaerela cofeicola* Cooke) bacteriosis (*Pseudomona syringae* Van Hall.), coffee ring spot virus (CoRSV), caused by nematodes of the genus (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. and *Helicotylenchu*s spp.), among the main management strategies used to reduce the presence of these diseases in coffee cultivation include chemical control, cultural and biological. Finally, it is concluded that in order to reduce the incidence of diseases in coffee, an integrated management of the crop must be carried out, in order to obtain better results and thus avoid immunoresistance in phytopathogenic agents.

Keywords: Coffee, phytopathogenic agents, management, etiology

1. INTRODUCCIÓN

La producción del café ha obtenido grandes reconocimientos en el ámbito mundial tanto por su aroma como por su calidad. Ciertos países europeos tales como Alemania, Francia e Italia, representan más del 70 % del consumo mundial después de Estados Unidos. El cultivo de café es uno de los pilares de la economía en países tropicales de América Latina, debido a que genera mayores posibilidades, ya que los agricultores pueden expandir sus oportunidades laborales, con la cadena productiva de café (Serna, Torres, Martínez y Hernández, 2018). Actualmente existen tendencias de incremento productivo en los principales países productores como Brasil, Vietnam e Indonesia y en algunos países hispanoamericanos, como Honduras, Nicaragua y Perú. Existen aproximadamente 25 millones de productores de café, con el 70% siendo pequeños agricultores que manejan menos de 10 hectáreas de cultivo (Enríquez, Retes y Vásquez, 2020).

La importancia del cultivo de café radica en que esta actividad genera empleo para muchas familias e ingresos económicos para los productores, cabe mencionar que dicho producto se cultiva desde pequeñas a grandes parcelas y el producto final obtenido de estas áreas cultivadas es comercializado en las cooperativas cercanas, las cuales se encargan de su exportación contribuyendo de manera directa al desarrollo de la economía del país (Figueroa, Pérez, Godínez y Pérez, 2019).

Los inconvenientes que afrontan los países productores de café son principalmente los problemas fitosanitarios provocados por agentes fitopatógenos conocidos comúnmente como roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), ojo de gallo (*Mycena. citricolor* Berk & Curtis), mal del talluelo (*Rhizoctonia solani* Kuhn), mancha de hierro (*Mycosphaerela cafeicola* Cooke), bacteriosis (*Pseudomona syringae* Van Hall), virus de la mancha anular del café (CoRSV) y enfermedades causadas por nematodos del género (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp.) que provocan grandes pérdidas económicas a los caficultores de la región (Villareyna, 2020). Sin embargo, la baja producción también está asociada con la presencia de plantaciones desgastadas, desconocimiento de las especies cultivadas, mal manejo del cafetal, la ineficiencia en la utilización de tecnología para una mejor producción, entre otros aspectos que disminuyen la productividad del cultivo (Alvarado, 2018).

En este contexto se realizó el análisis documental de diferentes investigaciones científicas con el objetivo de describir la etiología, síntomas, signos, incidencia y las técnicas de manejo de los principales agentes fitopatógenos que afectan el rendimiento del cultivo de café. Es muy importante precisar que esta investigación es de forma exploratoria y documental, para la cual se emplearon plataformas como Scielo, Google académico, entre otros; para la búsqueda y recopilación de la información se utilizaron palabras clave y descriptores, se incluyeron documentos relacionados con el tema y publicados en los últimos 11años.

Finalmente pese a que existen una infinidad de trabajos científicos, no se ha podido consolidar en un solo documento sobre cuáles son los principales agentes fitopatógenos que provocan las mayores pérdidas económicas y cuáles son los manejos más eficientes de estos. Por tal motivo que se hace necesario realizar la presente investigación denominada "Revisión documental de los principales agentes fitopatógenos y estrategias de manejo en el cultivo de café (*Coffea* spp.)" con el objetivo de facilitar a los productores la correcta identificación y manejo de estas enfermedades.

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo o diseño de investigación

El presente trabajo está enmarcado en un tipo de investigación no experimental exploratoria y documental la cual, se realizó mediante revisión bibliográfica de fuentes primarias como: artículos científicos de investigación; y de fuentes secundarias como: artículos de revisión bibliográfica, directorios o repositorios de tesis, con literatura publicada en español, inglés u otros idiomas sobre los principales agentes fitopatógenos y estrategias de manejo en el cultivo de café (*Coffea* spp.)

2.2 Método de investigación

En el presente trabajo de investigación se utilizó el método exploratorio documental. Para lo cual se realizó una búsqueda sistemática, de fuentes de información tanto primaria como secundaria.

En tal sentido, para el cumplimiento del primer objetivo se revisaron los estudios que permitieron recopilar y sintetizar artículos de investigaciones científicas que incluyan la descripción de la etiología, síntomas, signos e incidencia de los principales agentes

fitopatógenos del café (*Coffea* spp.).

Mientras tanto para el cumplimiento del segundo objetivo: Determinar las diferentes estrategias de manejo, para la prevención de los principales agentes fitopatógenos que afectan al cultivo de café.

2.2.1 Método exploratorio

2.2.2 Elección de las fuentes de información

Para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados se realizó una búsqueda sistemática de literatura científica publicada en los últimos 11 años sobre etiología y estrategias de manejo de los principales agentes fitopatógenos. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura en las siguientes bases de datos Scielo (FAPESP and BIREME; Brasil), Redalyc (UAEM; México), Google Académico (Google, LLC – Alphabet Inc: USA), y además se analizaron manuales, repositorios de tesis de pre y posgrado.

2.3 Criterios de inclusión de literatura científica

2.3.1 Palabras claves para la búsqueda de la información:

Todas las palabras claves se escribieron en español, finalizada la búsqueda fueron traducidas al inglés. Las palabras claves fueron las siguientes: *H. vastatrix*, *C. coffeicola*, *M. citricolor*, *R. solani*, *P. syringae*, *CoRSV*, *Meloidogyne spp*, *Pratylenchus* spp, *Helicotylenchus* spp, biología, adaptación, daño, síntomas, estrategias de manejo cultural, biológico, químico, genético.

2.3.2 Año de publicación:

Se obtuvieron estudios de los últimos 11 años para los resultados de la presente investigación.

2.3.3 Número de estudios:

Para la presente investigación se trabajó con un total de 215 documentos entre artículos científicos, tesis de pre y posgrado.

2.3.4 Selección de datos:

En el presente estudio se verificó que cumplan los siguientes aspectos importantes.

a. Disponga de todos los parámetros para un citado correcto.
b. Contenga información relacionada con el estudio que se llevó a cabo.

c. Contenga información en relación con las variables antes descritas.

2.4 Criterios de exclusión de literatura científica

Los criterios de exclusión de información fueron los siguientes:

1. Información que no va acorde con el tema de esta investigación.
2. Para los resultados de la investigación se excluyeron estudios publicados antes del año 2011
3. Información que no tenga una fuente oficial confiable o verificable.
4. Estudios que no poseen validez científica, en el caso de los artículos, aquellos que hayan sido publicados en revistas que no se encuentren indexadas.

2.5 Manejo de la información

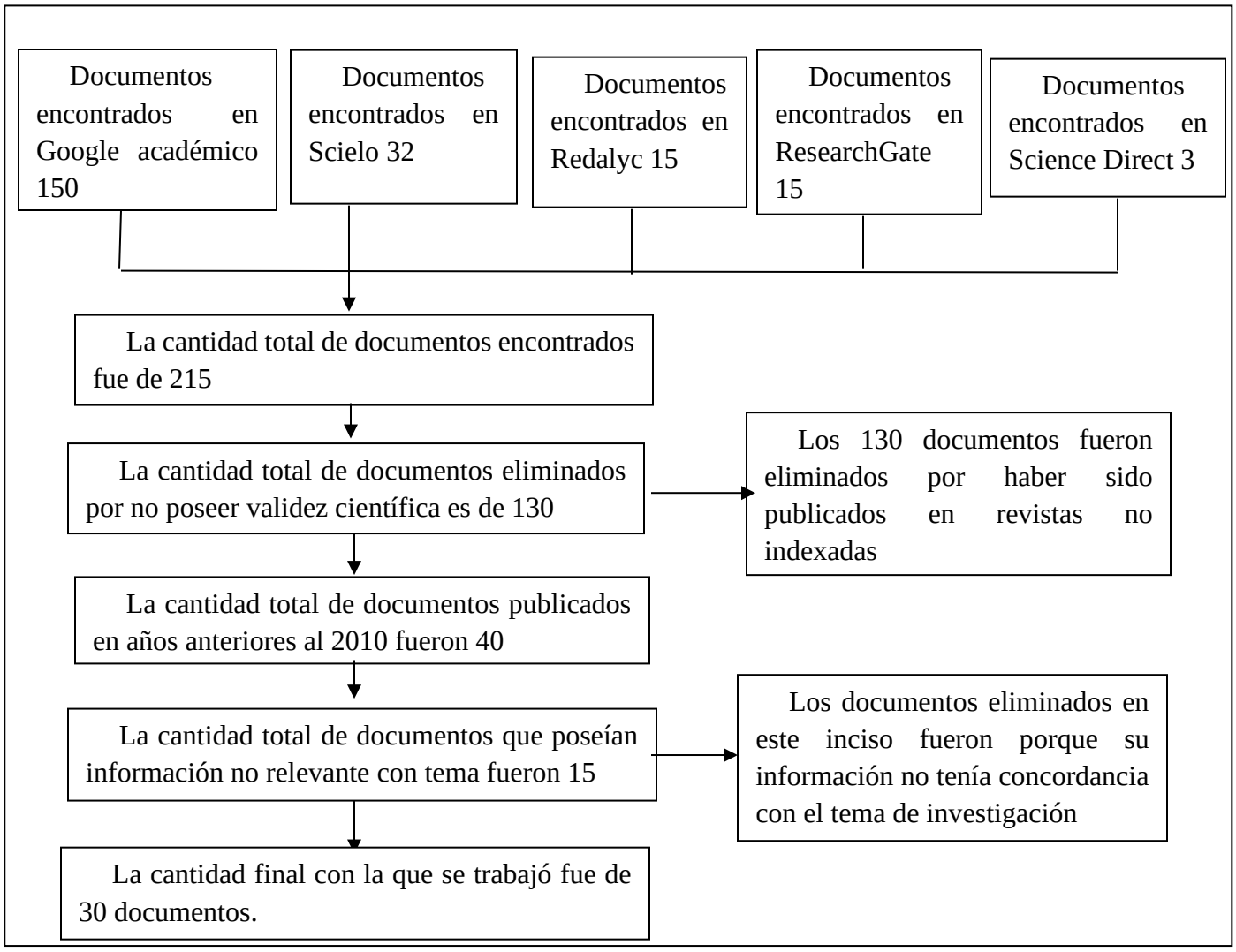
Se realizó una selección muy detallada de todos los artículos encontrados en la investigación, principalmente que tengan resultados y aspectos de mayor relevancia con el tema de estudio. Una vez seleccionada la información se procedió a plasmarla en un documento mediante análisis y síntesis sobre la etiología, síntomas, signos e incidencia principales agentes fitopatógenos que afectan el cultivo de café, además se elaboró tablas en base a las estrategias de manejo con sus respectivos autores y años de publicación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la metodología descrita anteriormente para recopilación de información bibliográfica se obtuvo un total de 215 documentos entre artículos científicos y tesis de pregrado, publicados entre los últimos 11 años (Google académico 150, Scielo 32, Redalyc 15, ResearchGate 15 y Science Direct 3).

En este contexto se procedió analizar los 215 documentos en base a los criterios de inclusión mencionados en la metodología. Posteriormente se descartó 125 documentos por no poseer validez científica, es decir que fueron publicados en revistas que no se encuentran indexadas, Además se procedió a descartar 40 documentos por haber sido publicados en años anteriores al 2011, y por último se eliminó 10 documentos porque tenían información de poca relevancia con el tema de investigación figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo de la información en las diferentes fases de la revisión sistemática.



Fuente: Elaboración propia.

El número total de documentos con los que se trabajó en la presente investigación fue de 25 entre los que se destacan artículos científicos y tesis de pregrado; los cuales fueron obtenidos de Google académico, Scielo, entre otros (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Artículos analizados en el estudio

Autor	Año	Título	Revista	País
Peraza, W.	2010	Nematofauna asociada al cultivo de café (*Coffea arabica*) orgánico y convencional en Aserrí, Costa Rica	Ingenierías & Amazonias	Costa Rica
Nina, R., Smeltekop, H., Almanza, J y Loza, M.	2011	Evaluación de la capacidad biocontroladora de cepas nativas de *Trichoderma* spp sobre *Rhizoctonia* sp y *fusarium* sp en café (*Coffea arabica*) en condiciones experimentales	Selva Andina Research Society	Bolivia
Monsters, C., Armando, O y Amílcar, R.	2012	Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en el cultivo de café del departamento del Cauca	Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial	Colombia
Melo et al.	2012	Análise temporal e controle da mancha-anular e do ácaro vetor do Coffee ringspot virus	Pesquisa agropecuaria brasileira	Brasil
Montero, V. et al.	2013	Diversidad ética de aislados de *Rhizoctonia solani* (Kuhn) de chile en Mexico	Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas	México
Alemán, R., Freile, J y Iparraguirre, M.	2015	Rescate de prácticas agrícolas ancestrales y agricultura tradicional campesina para promover la producción sostenible a nivel familiar: la chakra diversificada del CIPCA	Huellas del Sumaco	Ecuador
Guevara, E., Mestanza, C., Oliva, M y Vera, N.	2015	Población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en relación a la textura del suelo, Cuispes, Bongará - Amazonas	Revista Indes	Perú
Hernández, G. y Velásquez, T.	2016	Análisis integral de la roya del café y su control	RINDERESU	México
Zamora, K. et al.	2017	Uso potencial de lixiviados y tés de vermicompost en el control de ojo de gallo del cafeto *Mycena citricolor*	Agronomía Costarricense	Costa Rica
Pérez, F., Cruz, T.,	2017	Densidad poblacional de nematodos en el cultivo de café (*Coffea arabica*	Revista de investigación e	Bolivia

Poma, E y Cadena, F.		L.), Alto Lima – Caranavi	Innovación Agropecuaria y de recursos Naturales	
Gómez, I. et al.	2017	Selección in vitro de micoparásitos con potencial de control biológico sobre roya del café (*Hemileia vastatrix*)	Revista Mexicana de Fitopatología	México
Rivero, L. et al.	2017	First report of mixed infection by *Pseudomonas syringae* pathovars garcae and tabaco on coffee plantations	Bragantía	Brasil
Rivero, L. et al.	2019	Multiple resistance to bacterial halo blight and bacterial leaf spot in *Coffea* spp.	Arquivos do Instituto Biológico	Brasil
Herrera, S., Castro, R., Pérez, J y Valdés, E.	2019	Diversidad endomicorrícica en plantas de café (*Coffea arabica* L.) infectadas con roya (*Hemileia vastatrix*)	Nova Scientia	México
Henderson, T.	2019	La roya y el futuro del café en Chiapas	Revista Mexicana de Sociología	México
Granados, M. et al.	2020	Hojarasca e inóculo de *Mycena citricolor* sobre la epidemia de ojo de gallo	Agronomía mesoamericana	Costa Rica
Cepeda, M. et al.	2020	Efectividad de extractos biológicos y químicos comerciales para el control de nematodos en cafeto en Chiapas	Revista mexicana de ciencias agrícolas	México
Cadena, F., Quelali, L y Mamani, A.	2021	Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica*) en la estación experimental de Sapecho	Apthapi	Bolivia

Fuente. Elaboración propia

Tabla 2. Tesis de pre y posgrado analizadas en la investigación

Autor	Año	Título	País de estudio
Pacheco, A.	2012	Epidemiología de la enfermedad ojo de gallo del café (*Coffea arábica*) causada por el hongo *Mycena citricolor* Berk & Curt en el área centro occidental de Guatemala, C.A.	Guatemala
Granados, M.	2015	Estudio de la epidemiología y alternativas de manejo agroecológico del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en cafeto bajo sistemas agroforestales.	Costa Rica
Hilario, J.	2018	Fuentes y niveles de silicio en el rendimiento y en la incidencia del ojo de gallo en la variedad de café catimor.	Perú
Jara, J.	2018	Densidad poblacional e identificación de nematodos Fito parásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.), en el sector de la divisoria, Provincia de Padre Abad, Ucayali.	Perú
Guevara, R.	2019	Evaluación de tres intervalos de aplicación de fertilizante foliar en combinación con tres fungicidas para el control de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo de café.	Guatemala
Hernández, K.	2019	Escenarios climáticos para eventos con impactos de roya, ojo de gallo y broca del café en Guatemala, Honduras, El Salvador y Costa Rica.	Costa Rica
Cuadra, E.	2019	Diagnóstico de enfermedades bacterianas y sensibilidad in vitro a bactericidas, en el cultivo de café	Nicaragua

		(*Coffea arabica* L.).	
Villareyna, E.	2020	Manejo agronómico del cultivo de café (*Coffea arabica*) en etapa de vivero, variedad parainema, San Juan del Rio Coco, Madriz, Nicargua	Nicaragua
Martínez, M.	2020	Evaluación de la propagación de plántula de café en vivero en la cooperativa "Café gourmet Sierra Azul S.C", Chiapas, México.	México
García, J y Gonzales, M.	2021	Bioproductos estimulantes de crecimiento en semillero y vivero de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Chelol Jinotepe-Carazo.	Nicaragua
Bermúdez, M.	2021	Incidencia de tres enfermedades foliares en 5 cultivares de café arábigo evaluado en finca Andil de la UNESUM.	Ecuador
Hoppe, C.	2021	Incidencia de tres enfermedades foliares en 20 cultivares de café arábigo.	Ecuador

Fuente. Elaboración propia

3.1. Análisis de la descripción de la etiología, síntomas, signos e incidencia de las principales enfermedades que afectan al cultivo de café.

3.1.1 Enfermedades Fúngicas

Roya (*Hemileia vastatrix*)

Etiología. Enfermedad causada por el hongo *H. vastatrix*, pertenece a la familia de las uredinales, es considerada una enfermedad cíclica que se desarrolla comúnmente en el sistema foliar del café, las condiciones propicias para su desarrollo son las bajas temperaturas y baja humedad (Villareyna, 2020).

Signos y Síntomas. Hernández, (2019) en su estudio realizado describe que esta enfermedad produce lesiones circulares amarillentas en la parte superior de la hoja, en la parte inferior de la hoja generalmente produce un polvo amarillo síntoma denominado como pústula. En

cuanto a los síntomas se observa defoliación parcial o total, caída de frutos y muerte de la planta en casos extremos.

Incidencia. Según estudios realizados estos arrojan que el mayor porcentaje de incidencia en cultivos contaminados por este hongo fue de hasta un 80 % (Hernández, 2019).

Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Etiología. Según Guevara, (2019) esta enfermedad es causada por el hongo *M. citricolor,* perteneciente a la familia Mycenaceae, se caracteriza por tener dos estructuras de reproducción (gema y basidiocarpo), la cual optimiza su desarrollo en épocas de lluvias, cabe mencionar que se encuentra presente en todo el ciclo productivo del café, pero es más notoria su presencia en época húmeda.

Signos y Síntomas. Manchas circulares visibles en el haz y envés de la hoja de 5 – 15 mm de diámetro, color oscuro en lesiones jóvenes y pardo claro en lesiones viejas. Entre los principales síntomas se observa defoliación, caída de frutos, daños en el fruto y debilitación general de la planta (Hilario, 2018).

Incidencia. Según Granados, (2015) en su estudio menciona que los cafetales que se encuentran en una altitud de 1000 msnm presentan una incidencia del 100 %, mientras que los cafetales que se encuentran en una altitud de 700 msnm la incidencia máxima que alcanzan es de 52 %.

Mancha de hierro (*Mycosphaerella coffeicola*)

Etiología. Bermúdez, (2021) señala que esta enfermedad es causada por el hongo *M. coffeicola,* afecta a 134 variedades de café en todas sus etapas de desarrollo, es causada por mal trasplante, aplicación de materia orgánica sin descomponer, gallinaza con exceso de cal, mala fertilización y mal manejo de sombras.

Signos y Síntomas. Esta enfermedad presenta signos como: afectación al follaje, pequeñas manchas circulares de color rojizo de 1 cm de diámetro aproximadamente en las hojas y manchas necróticas en los frutos. Por otra parte, los síntomas que presenta son la defoliación general de la planta, frutos enfermos con proceso de maduración acelerado y frutos con menor peso y calidad (Bermúdez, 2021).

Incidencia. Esta enfermedad presenta una incidencia que puede llegar a afectar entre un 20 y 50 % en las plantaciones del cultivo de café (Bermúdez, 2021).

3.1.2 Enfermedades bacterianas

Mal del talluelo (*Rizoctonia solani)*

Etiología. Según Zhirvi, (2016) en su estudio el mal del talluelo es una enfermedad muy común en almácigos y viveros causada por *R. solani* con asociación de *Fusarium* y *Phytophthora,* esta se ve favorecida por el sustrato contaminado, la humedad y sombra en el vivero. Esta se caracteriza por presentarse a los pocos días de la germinación afectando principalmente el talluelo de la plántula.

Signos y Síntomas. Las afectaciones provocadas por esta enfermedad son el ahogamiento de plántulas antes y después de su emergencia, tallo incapaz de sostener la plántula, respecto a los signos que se presentan son: tallo blando, necrótico y cancros profundos de color rojizo (Zhirvi, 2016).

Incidencia. Guilcapi, (2011) indica en su estudio que esta enfermedad provoca grandes pérdidas económicas y presenta una incidencia del 65 % a nivel de semilleros, lo que se traduce en pérdidas en vivero y en campo definitivo.

Pseudomona syringae

Etiología. Según Lillo, (2020) en su investigación destaca que es una bacteria que posee forma de bacilo y se reproduce de manera asexual. Es una especie gram negativa que inicia su proceso infeccioso principalmente en las hojas al ser transportada por el agua de riego, lluvia y el viento. Además, su ingreso a la planta se da a través de aperturas naturales o lesiones causadas.

Signos y Síntomas. Los signos se expresan como manchas pardo oscuras rodeadas por un halo oscuro o amarillento, manchas necróticas extendidas a lo largo de la nervadura de las hojas. También se manifiestan afectaciones como las manchas necróticas en las ramas y brotes florales con manchas de color pardo oscuro tamaño irregular (Cuadra, 2019).

Incidencia. Lillo, (2020) en su estudio demuestra que cuando se realiza algún tipo de manejo para el control de la enfermedad, la incidencia alcanza niveles no mayorees al 10 % mientras que, si no se realiza ningún tratamiento, los niveles de incidencia son mayores de 50 %.

3.1.3 Enfermedades virales

Virus de la mancha anular del café CoRSV

Etiología. Según Melo et al., (2012) en su investigación mencionan que la mancha foliar

del anillo del cafeto, es causada por el agente etiológico *Coffee ringspot virus* (CoRSV) y que el vector de transmisión es dado por el ácaro *Brevipalpus phoenicis*, comúnmente conocido como el ácaro plano, ácaro de la leprosis y ácaro de la mancha anular. Las partículas de CoRSV son baciliformes y se detecta en plantas de café solo en tejidos teñidos (hojas, ramas y frutos), es decir, el virus no es sistémico. en plantas de café.

Signos y Síntomas. Los signos que presenta esta enfermedad viral en las plantaciones de café se detectan principalmente en hojas, ramas y frutos. En el follaje los síntomas se muestran en la vena central de la hoja y se desarrolla hasta el peciolo provocando la defoliación completa de la planta, también se muestran manchas circulares al largo de las hojas. En cuanto a los frutos del café presentan deformaciones en los frutos verdes que posteriormente se mostraran como manchas verdosas alrededor de todos los frutos maduros, provocando el deterioro de los mismos y la pérdida de su calidad y rendimiento (Melo et al, 2012).

Incidencia. Melo et al., (2012) en su estudio Análisis temporal y control del ácaro vector del virus de la mancha anular CoRVS mencionan que la incidencia de esta enfermedad corresponde al 100 % si no se realiza el determinado control, esto puede variar en dependencia de la variedad del café y del manejo que se le brinde. La variedad más afectada por este virus es Mundo Novo.

3.1.4 Enfermedades causadas por nematodos

***Meloidogyne* spp.**

Etiología. Guevara, Mestanza, Oliva y Vera, (2015) señalan que es un endoparásito sedentario, conocido como el nematodo del nudo de la raíz. Además, su presencia en los suelos se debe a la baja fertilidad del suelo, duración y severidad del estrés hídrico del agua en la zona cafetalera.

Signos y Síntomas. Los signos más comunes son puntas dañadas en las raíces, nudos, agallas y pudriciones cuando estos se asocian con hongos y bacterias, además produce ramificaciones excesivas en el café. Los síntomas se manifiestan como: amarillamiento general de la planta, defoliación, baja producción, engrosamiento anormal de raíces. (Cadena, 2021).

Incidencia. Según diversas investigaciones la presencia del género *Meloidogyne* puede llegar a provocar hasta un 100 % de infestación en las plantaciones de café (Guevara,

Mestanza, Oliva y Vera, 2015).

***Pratylenchus* spp.**

Etiología. Cajape, (2020) lo describe como un pequeño endoparásito migratorio conocido como el nematodo de la lesión radical, su presencia se debe a la deficiencia de nutrientes en el suelo, presencia de arvenses, exceso y estrés de la humedad.

Signos y Síntomas. Pequeñas lesiones en el sistema radical, que posteriormente servirán como vectores de infestación para otras enfermedades causadas por bacterias y hongos. Sus signos se presentan como penetración de los tejidos meristemáticos provocando lesiones en las raíces, necrosis en los tejidos que fueron afectados con anterioridad por este nematodo. Entre los principales síntomas que proporciona esta enfermedad es el debilitamiento general de la planta y amarillamiento de la misma (Cadenas, 2021).

Incidencia. Según estudios, de este nematodo el porcentaje de incidencia es de aproximadamente 70 % en los cultivos asociados a esta enfermedad (Cajape, 2020).

***Helicotylenchus* spp.**

Etiología. En su investigación Cepeda et al., (2020) indica que *Helicotylenchus* spp. es conocido como nematodo espiral y es una especie ectoparásito, su mayor presencia en los cultivos se debe a que este generalmente se asocia con otros nematodos provocando daños más severos en las plantas. Este género tiene un comportamiento migratorio al presentarse en algunos tejidos del cormo y terminar su ciclo biológico en las raíces. Las afectaciones que provocan en las plantas de café son muy similares a los causados por *Meloidogyne*

Signos y Síntomas. Los signos se presentan como decoloración en las plantas que posteriormente constituyen áreas necróticas y múltiples lesiones en el sistema radical. Los síntomas que presenta esta enfermedad son afectaciones en el desarrollo normal de la planta (Guevara, Mestanza, Oliva y Vera, 2015).

Incidencia. Menciona Cepeda et al., (2020) que estos fitoparásitos pueden provocar grandes pérdidas económicas en los cultivos. Además, en comparación con el resto es considerado el de menor incidencia en zonas altas con un 7.9 %, mientras que en zonas bajas posee una mayor incidencia con un 9.7 %.

3.2. Determinación de las diferentes estrategias de manejo, para la prevención de los principales agentes fitopatógenos que afectan el cultivo de café

En la búsqueda de información sobre las principales estrategias de manejo, para la prevención de los principales agentes fitopatógenos que afectan al cultivo de café, se logró evidenciar que la mayoría de documentos encontrados para la elaboración de los resultados sobre este tema, datan de entre los últimos 11 años, sin embargo para la introducción y marco teórico se utilizó literatura citada publicada en años anteriores al rango mencionado en países como: Perú, Bolivia, Brasil, Ecuador, México, Costa Rica y Guatemala. Toda esta documentación alberga información relacionada tanto con la descripción de las enfermedades que afectan al cultivo de café y sus respectivas técnicas de manejo que se reflejan a continuación.

Las estrategias empleadas para el manejo de las enfermedades producidas por hongos en café se detallan en la tabla 3. Según Hernández y Velásquez, (2016) afirman que el control químico es el más eficiente para disminuir la presencia de esta enfermedad en el cultivo de café, sin embargo, aclaran que es recomendable realizar un manejo integrado con la finalidad de conservar los microorganismos benéficos y disminuir la presencia de agentes fitopatógenos.

Tabla 3. Estrategias de manejo empleadas en las enfermedades del café producidas por hongos

Enfermedad	Control	Mecanismo	Dosis	Referencia
Roya (*Hemileia vastatrix*)	Químico	Fungicidas sistémicos (triazoles).	0,25-0,30 L/ha en líquido y 0,8-1,6 kg/ha en sólido.	Velásquez y Hernández (2016).
	Cultural	Podas fitosanitarias, fertilización, control de malezas, entre otros.	-	
	Genético	Variedades de café Híbridas (Catimor).	-	
Ojo de gallo	Cultural	Podas, control de	-	Yábar (2017).

(*Mycena citricolor*)		arvenses y fertilización.		
	Biológico	Uso de *Trichoderma* spp.	2 kg/ha en 200 L de agua.	
	Químico	Ingrediente activo Ciproconazole.	0,3 L/ha	
Mancha de hierro (*Mycosphaerela caffeicola*)	Cultural	Podas, Control de arvenses y fertilización.	-	Galeano (2011).
	Químico	Oxicloruro de cobre	5.69 lb/ha	
	Biológico	Uso de *Paecilomyces lilacinus.*	-	

- No se registra

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 4 se muestran las diferentes estrategias de manejo que se utilizan para el control de las enfermedades bacterianas. Según García y Gonzáles, (2021) resalta que en la etapa de semillero y vivero de café se debe realizar un control biológico, por lo que recomienda el uso de bioestimulantes a base de microorganismos benéficos ya que estas ayudan a disminuir la incidencia de la enfermedad. Por otra parte, Lillo, (2020) en su estudio evaluó la eficiencia de bactericidas para el control de *Pseudomona syringae*, obteniendo mejores resultados con la aplicación de Bion foliar. Por último, Gonzales, (2020) recomienda que se debe asociar el control químico y cultural para reducir la incidencia de esta enfermedad.

Tabla 4. Estrategias de manejo empleadas en las enfermedades del café producidas por bacterias

Enfermedad	Control	Mecanismo	Dosis	Referencia
Mal del talluelo (*Rizoctonia solani*)	Químico	Uso de fungicida Mancozeb.	30 g/m^2 en 15 L de agua.	García y Gonzáles (2021).
	Cultural	Tratamiento de semillas, encalado, desinfección del suelo y eliminación de plantas enfermas.	-	
	Biológico	Uso de *Trichoderma* spp., micorrizas y *Bacillus subtilis*.	-	
Pseudomona syringae	Químico	Uso de bactericidas a base de cobre (Bion foliar).	1500-2000 L/ha	Lillo (2020).
	Biológico	Uso de biotoxinas de *bacillus* spp.	-	
	Cultural	Control de arvenses, podas, producción de plantas sanas en viveros y fertilización.	-	Gonzáles (2020).

- No se registra

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 5 se muestra las estrategias utilizadas para el control del virus CoRSV. Melo et al, (2012) mencionan que no existe un control determinado para contrarrestar la presencia de este virus, sin embargo, indica que para prevenir esta enfermedad se debe controlar al acaro vector que facilita el ingreso del agente fitopatógeno, es por ello que recomienda la aplicación y rotación de acaricidas con acción ovicida con la finalidad de disminuir la presencia de este microorganismo.

Tabla 5. Estrategias de manejo empleadas en las enfermedades del café producidas por virus

Enfermedad	Control	Mecanismo	Dosis	Referencia
Virus CoRSV	Químico	Uso de acaricidas con acción ovicida, la primera dosis en el periodo de postcosecha y una segunda en post floración.	1000 L/ha	Melo et al, (2012).

Fuente. Elaboración propia

Cantos, (2020) en su trabajo de investigación señala que para reducir la población de nematodos fitopatógenos se debe realizar un manejo integrado (tabla 6), es decir la asociación de cultivos, control de arvenses, encalado, aplicación de organismos benéficos y en casos extremos hacer uso del control químico (Furadan), los cuales se detallan a continuación.

Tabla 6. Estrategias de manejo empleadas en las enfermedades del café producidas por nematodos

Enfermedad	Control	Mecanismo	Dosis	Referencia
Meloidogyne spp.	Químico	Tratamiento con Furadan	7,2 g/Planta	Cajape, (2020).
	Biológico	Uso de *Pochonia chlamydosporia* y *Trichoderma.*	4 g/L por planta	
	Cultural	Muestreo de raíces, control de arvenses y encalado.	-	Cantos, (2020).
Pratylenchus spp.	Químico	Uso de Carbofuran, una vez al año.	5 g/planta	Cantos, (2020).
	Biológico	Aplicación de T*richoderma*.	100 mL/planta	
	Cultural	Manejo de sombra, deshije, eliminación de plantas enfermas y uso de materia orgánica.	-	
Helicotylenchus	Biológico	Uso de *Trichoderma*	100 ml/planta	Cantos, (2020).

spp	Químico	Uso de Terbufos y fenamifos.	5g /planta
	Cultural	Aplicación de cal, aplicación de fertilizantes foliar a base de ácido bórico y zinc quelatado.	-

- No se registra

Fuente. Elaboración propia

Según Villareyna, (2020) entre todas las enfermedades que afectan al cultivo de café, la roya *H. vastatrix* es considerada una de las más letales ya que, aunque se realicen medidas de control, este patógeno alcanza una incidencia superior al 65 % provocando incluso las pérdidas totales del cultivo. Por otra parte, Guilcapi, (2011) indica que el mal del talluelo *R. solani* es una enfermedad que posee una incidencia aproximada de 65 % a nivel de semilleros, en el caso que se realice una previa desinfección de los materiales y el sustrato donde se va a sembrar, el porcentaje de incidencia sería muy bajo y no representaría ninguna amenaza para este cultivo.

Esta investigación documental sobre las principales enfermedades que afectan al cultivo de café y su manejo integrado tiene gran relevancia, debido a que su contenido tendrá un aporte esencial para futuras investigaciones científicas y para los pequeños y grandes caficultores, ya que se constituirá una guía para el manejo del cultivo.

4. CONCLUSIONES

La revisión documental permitió determinar que las principales enfermedades que afectan al cultivo de café son: roya (*H. vastatrix*), ojo de gallo (*M. citricolor*), mal del talluelo (*R. solani*), mancha de hierro (*M. cofeicola*) (*P. syringae*), virus de la mancha anular del café (CoRSV), nematodos del género (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp), las mismas que representan las mayores pérdidas económicas. Entre todas estas enfermedades mencionadas la que destaca por provocar mayores daños en el cultivo es *H. vastatrix*, este patógeno se caracteriza por desarrollarse en bajas condiciones de humedad y temperatura afectando especialmente al sistema foliar del café, entre sus principales síntomas presenta lesiones circulares amarillentas en las hojas, defoliación, caída de frutos y muerte de la planta provocando así la pérdida parcial o total del cultivo.

Tras, el análisis realizado podemos deducir que las prácticas de manejo más utilizadas en el cultivo de café para el control de las diferentes enfermedades son: el control químico, biológico y cultural. Según las diferentes investigaciones relacionadas se pudo interpretar que el control químico es el método más utilizado por los productores debido a que sus resultados son más eficientes y a corto plazo en contraste con el cultural y biológico, sin embargo, en la mayoría de investigaciones se recomienda que se debe realizar un manejo integrado esto con la finalidad de obtener mejores resultados y de esta manera evitar la inmunoresistencia de los agentes fitopatógenos.

5. REFERENCIAS

Guevara-Heredia, E., Mestanza-Iberico, C., Oliva, M & Vera-Obando, N. (2015). Población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en relación a la textura del suelo, Cuispes, Bongará-Amazonas. *Revista Indes, 1*(2), 9-15. DOI: 10.25127/indes.201302.001

Serna-Jiménez, J.A., Torres-Valenzuela, L.S., Martínez-Cortínez, K & Hernández-Sandoval, M.C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista Ion, 31*(1), 37-42. doi: 10.18273/revion.v31n1-2018006

Enríquez, J.P., Retes-Cálix, R.F & Vásquez-Reyes, E.F. (2020). Importancia, genética y evolución del café en Honduras y en el mundo. *INNOVARE Revista de Ciencia y Tecnología, 9*(3), 149-155. Recuperado de https://lamjol.info/index.php/INNOVARE/article/view/10649

Alvarado Castillo, D.G. (2018). *Evaluación de la incidencia de problemas fitosanitarios en el hibrido de café robusta* (*Coffea canephora* Pierre) *con cinco densidades de siembra en el cantón Caluma, provincia de Bolívar*. (Tesis de pregrado, Universidad Estatal de Bolívar). Recuperado de https://www.dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/2230

Cantos Alvarado, E.M. (2020). *Caracterización de géneros de nematodos fitoparásitos del suelo y raiz en café caturra rojo* (*Coffea arabica*) 24 de mayo – Manabí. (Tesis de Pregrado, Universidad Agraria del Ecuador). Recuperado de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CANTOS%20ALVARADO%20EVELIN%20MELISA.pdf

Cepeda-Siller, M, et al. (2020). efectividad de extractos biológicos y químicos comerciales para el control de nematodos en cafeto en Chiapas. *Revista mexicana Ciencias Agrícolas, 11*(7), 1461-1466. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.1815

Cadena-Miranda, F., Quelali-Mamani, L & Mamani-Aruquipa, A. (2021). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica*) en la estación experimental de Sapecho. *Apthapi, 7*(2), 2145-2151. Recuperado de http://apthapi.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/98

Villareyna Alvarado, E.A. (2020). *Manejo agronomico del cultivo de café* (*Coffea arabica* L.) *en etapa de vivero, variedad parainema, San Juan del Rio Coco, Madriz, Nicaragua*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria). Recuperado de http://repositorio.una.edu.ni/4231/

Hernández Espinoza, K.M. (2019). *Escenarios climáticos para eventos con impactos de roya, ojo de gallo y broca de café en Guatemala, Honduras, El Salvador y Costa Rica*. (Tesis de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Recuperado de https://agritrop.cirad.fr/594613/1/Tesis%20Karina%20Hern%C3%A1ndez%20CATIE%202019_impreso.pdf

Guevara Paz, R.J. (2019). *Evaluación de tres intervalos dee aplicación de fertilizante foliar en combinación con tres fungicidas para el control de ojo de gallo* (*Mycena citricolor*) *en el cultivo de café, Olopa, Chiquimula*. (Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperado de http://www.repositorio.usac.edu.gt/12505/

Zhirvi Ordoñes, C.M. (2016). *Evaluación de dos especies nativas y una comercial de Trichoderma* sp. *Como agente de control de los hongos que ocacionan el Damping off* (*Rhizoctonia* spp.) *en semilleros de café* (*Coffea arabica* L.) *variedad bourbón*. (Tesis de posgrado, Universidad de Cuenca). Recuperado de http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26240

Hilario Espinoza, J.D. (2018). *Fuentes y niveles de silicio en el rendimiento y en la incidencia de ojo de gallo* (*Stillbum flavidum* C.) *en la variedad de café catimor*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1644

Granados Montero, M.M. (2015). *Estudio de la epidemiologia y alternativas de manejo agroecológico del ojo de gallo* (*Mycena citricolor*) *en cafeto bajo sistemas agroforestales en Costa Rica.* (Tesis de posgrado, Universidad de Costa Rica). Recuperado de https://agritrop.cirad.fr/580115

Bermúdez Serrano, M.I. (2021). *Incidencia de tres enfermedades foliares en cinco cultivares de café arábigo evaluado en la finca Andil de la UNESUM.* (Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí). Recuperado de http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3215/1/Maria%20Bermudez-TESIS..pdf

Cuadra Arauz, E.E. (2019). *Diagnostico de enfermedades bacterianas y sensibilidad "in vitro" a bactericidas, en el cultivo de café* (*Coffea arabica* L.). (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria). Recuperado de http://repositorio.una.edu.ni/3826/

Lillo Tapia, M.P. (2020). *Cáncer bacterial* (*Pseudomona syringae* pv. *Syringae*) *en cerezo. Alternativas de control.* (Tesis de pregrado, Universidad de Talca). Recuperado de http://dspace.utalca.cl/handle/1950/12366

Guilcapi Pacheco, E.D. (2011). *Efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma viride, en la producción de plantas de café* (*Coffea arábica*) *variedad caturra a nivel de vivero*). (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/334

Gonzales Gallardo, B.P. (2020). *Determinar la efectividad de la formulación de cobre, zinc y manganeso en el control de Pseudomona syringae* pv. *Syringae en la región del Maule*. (Tesis de pregrado, Universidad de Talca). Recuperado de http://dspace.utalca.cl/handle/1950/12360

García Gutiérrez, J.L. & Gonzales Gonzales, M.A. (2021). *Bioproductos estimulantes de crecimiento en semillero y vivero de café* (*Coffea arabica L.*) *en la finca de Chelol Jinotepe-*

Carazo. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria). Recuperado de http://repositorio.una.edu.ni/4393/

Yábar Hilario, M. (2017). El manejo integrado de ojo de pollo con enfoque ecológico. (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). Recuperado de http://repositorio.senasa.gob.pe/handle/SENASA/153

Hernández-Martínez, G. & Velásquez-Premio, T. (2016). Análisis integral sobre la roya del café y su control. *Revista internacional de desarrollo regional sustentable, 1*(1) 92-99. Recuperado de http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/9

Cajape López, J. G. (2020). *Identificación de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café en la zona Jipijapa-Manabí.* (Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil). Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50250

Melo, et al. (2012). Análise temporal e controle da mancha-anular e do ácaro vetor do Coffee ringspot virus. *Pesquisa agropecuaria brasileira, 47*(7) 913-919. Recuperado de https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700006

Rivero et al. (2019). Multiple resistance to bacterial halo blight and bacterial leaf spot in Coffea spp. *Arquivos do Instituto Biológico, 86*(1) 1-9. Recuperado de https://doi.org/10.1590/1808-1657000632018

Rivero et al. (2017). First report of mixed infection by Pseudomonas syringae pathovars garcae and tabaci on coffee plantations. *Bragantía 76*(4) 543-549. Recuperado de https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016.399

6. ANEXOS

Origen e importancia del café

El café tiene origen en el continente africano, específicamente en los países como Etiopía, Kenia, Mozambique, Sudan y Guinea, todo estos son considerados como originarios del café, pero el más reconocido es Etiopía. Se dice que alrededor del siglo XV el café se introdujo en otros países como Egipto, Arabia, Yemen y fue aquí donde tuvo popularidad y valor. En 1960 aproximadamente se empezó a cultivar en países como Indonesia y posteriormente se extendió por el continente americano. Al inicio la bebida de café se lograba mediante la mezcla y cocimiento del pergamino seco, la cáscara y las hojas. Posteriormente se comenzó a preparar la bebida mediante el tostado del pergamino (Rojo, 2014).

Generalidades del cultivo de café

El cultivo de café es considerado como un arbusto y estos pueden incluso lograr alturas entre los 10 y 12 metros, poseen un tallo erecto, liso y un área foliar perenne y de forma

elíptica que permanece con una coloración verde durante todo el año; su flor tiene una coloración blanca y emiten mucho olor, el café es una plántula que posee en las mismas ramas en tiempos diferentes a la misma vez las flores, frutos verdes y maduros. Estas plantaciones requieren de condiciones climáticas tropicales, es decir con días calurosos y con bastante agua, en lugares donde la temperatura se encuentra por debajo de los 15 °C y supere los 29 °C no tiene la capacidad de florecer (Bravo y Giler, 2018).

Producción de café a nivel mundial

Según el ICC (Instituto del café de Costa Rica) en el 2015, la productividad en promedio del país brasileño en los años 2013-2014 y 2015 fue del 32.6 %, perseguido por el país de Vietnam con 19 %, Colombia 8.8 % e Indonesia con el 7.5 % en su totalidad, estos 4 países productores contribuyen con el 60 % del total de la producción en el transcurso de ese periodo. Por otro lado, en el año 2014 el ICC informa que la producción a nivel mundial fue muy beneficiosa y positiva en el periodo de entre 1963 hasta el 2013 para todas las regiones productoras de café (Figueroa, Pérez, Godínez y Pérez, 2019).

Taxonomía

Según Leal (2011) la clasificación taxonómica del café es la siguiente:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Dicotylodónea
Orden: Rubiales
Familia: Rubiaceae
Género: *Coffea*
Especie: *arabica, canephora*

Descripción botánica del café

Raíces

El café posee un sistema radical muy diverso y entre estas tenemos: raíces axiales, pivotantes, laterales y raicillas. El sistema radical pivotante es considerado como la raíz principal y adulta puede alcanzar a medir entre 50 a 60 cm. Las raíces de sostén o también conocidas como axiales surgen a partir de la raíz principal; y de las laterales se originan las raicillas o pelos absorbentes, las cuales se encargan de extraer el agua y los minerales presentes en el suelo (Vera, 2020).

Tallo

Castro (2016) el tallo del café se caracteriza por ser leñoso, erguido y de tamaño muy variado según el tipo de suelo y las condiciones climáticas. En el caso de las plantas de interés económico la altura difiere entre los 2 y 5 metros. Las plantas adultas del café poseen una forma cilíndrica en la base del tallo y en la parte más alta su forma es cuadrangular y posee un color verdoso, sus partes laterales redondeadas y salidas. Esta planta posee la peculiaridad de producir yemas de 3 tipos, las cuales tienen su origen en distintas zonas: Tallo, hojas y bandolas.

Ramas

De acuerdo con el Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA, 2019) la aparición de ramificaciones indica el crecimiento inicial de una plántula de café. Las ramas principales o laterales tienen su origen en la parte axilar de las hojas del tronco de la planta. Estas ramificaciones crecen de manera continua y se van desarrollando a medida que el tallo principal alcanza su estado adulto. A partir de las ramificaciones principales se inician otras ramas que son denominadas como supletorias o secundarias, en las cuales se desarrollan los nuevos brotes vegetativos.

Hoja

Las hojas de la planta de café surgen de la parte de las ramas o conocidas como bandolas, y de la parte aérea del tallo. Presentan una forma elíptica y se desarrollan en disposiciones opuestas. Poseen diversos tamaños, calores y cantidad de hojas acorde a la variedad de café. Su función está relacionada con el proceso fotosintético y la foto-respiración los cuales son métodos imprescindibles para la regulación y efectividad de la producción (Vera, 2020).

Flores

Las yemas florales se originan en las partes axilares de las hojas y estas se dividen en dos o seis ramificaciones de 2 a 4 mm de tamaño, terminando cada una de ellas en una flor, la cual está compuesta por el pistilo, los estambres y en la parte externa por la corola y cáliz. El cáliz se sitúa en la parte baja de la flor y este se caracteriza por ser poco desarrollado. La flor posee 5 estambres y estos se ubican entre la corola y los pétalos; la corola tiene forma tubular o de cilindro alargado y mide aproximadamente entre 6 a 12 milímetros. Los estambres son finos y contienen las anteras, las cuales se abren en forma longitudinal cuando se encuentran maduras para realizar la liberación del polen. Por otro lado, las flores del café

presentan un ovario súpero con 2 ovarios conformando de esta manera el gineceo (Castro, 2016).

Fruto

Los frutos de los cafetales son denominados como drupa, están compuestos por la pulpa, exocarpio o piel, endocarpio (pergamino) y el mucílago; el cual es un elemento con altos contenidos de azúcar que protege a las dos semillas del fruto. Las semillas o almendra son muy importantes porque a partir de ellas se extrae las bebidas y están cubiertas por capas protectoras que se mencionaron anteriormente. En los frutos en estado maduro se forma finalmente el endocarpio o pergamino que protege la semilla (IICA, 2019).

Semilla

La almendra o semilla es una parte fundamental ya que a partir de esta se da origen a una nueva plántula. Su desarrollo se da mediante el proceso de fecundación de las flores; cada fruto del café posee 2 semillas, una en cada espacio del fruto. En dependencia de las condiciones edafoclimáticas y de la variedad del café, las semillas pueden alcanzar su estado de madurez aproximadamente a los 180 y hasta los 330 días posteriores al proceso de fecundación. La semilla es considera como almendra, posee forma plana convexa y variado tamaño entre 10 a 18 mm de largo y 6,5 hasta 9.5 de ancho (IICA, 2019).

Requerimientos Edafoclimáticos

Precipitación

Morejón et al. (2020) afirman que las lluvias óptimas para las plantaciones de café, especialmente para las variedades de café robusta tienen que oscilar entre los 1200 a los 1800 mm al año, esto con la finalidad de cubrir sus necesidades hídricas principalmente es las fases de floración, cuajado del grano y la cosecha. También es muy importante saber que el exceso de precipitaciones especialmente en el proceso de polinización puede provocar la reducción del llenado los granos en cantidades grandes.

Temperatura

Es considerado como uno de los factores que más influye en el desarrollo del cultivo de café. El proceso fotosintético, el desarrollo del área foliar y la producción de inflorescencias están involucradas de manera directa por el factor temperatura. El cultivo de café requiere una temperatura óptima que oscile entre 18 y 22 °C para lograr una excelente producción; en el caso que las temperaturas sean inferiores a los 18 °C se incentiva el crecimiento vegetativo

y se disminuye la producción de flores en el cultivo. Por otro lado, cuando las temperaturas sobrepasan los 22 °C puede provocar la aceleración del proceso vegetativo, llegando afectar de manera directa al proceso de floración y fructificación del cultivo (IICA, 2019).

Altitud

Las plantas de café se pueden cultivar a una altitud aproximada entro los 400 hasta los 2000 msnm. Por otro lado, otras variedades se pueden cultivar a un rango altitudinal de entre los 1200 hasta los 2000 msnm logrando obtener un café de una excelente calidad, esto está en dependencia de los trópicos (Castro, 2016).

Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de café debe estar entre 70 a 95 %. En estancias que son prolongadas y con una elevada humedad, resulta muy favorable para la diseminación y la incidencia de patógenos. Esto sucede tanto en las épocas secas como en las lluviosas, esto está en dependencia de los cambios bruscos de temperatura y las precipitaciones: En los días que no hay precipitaciones la humedad puede variar entre el 40 % al 60 % y en las noches varía entre el 90 % al 100 % de humedad relativa (Pajsi, 2017).

Suelo

Los suelos óptimos para el cultivo del café deben ser profundos, levemente ácidos, con suficientes nutrientes principalmente el potasio y materia de origen orgánico; son muy preferidos los suelos oscuros y profundos. Los suelos con coloraciones grises, blanquecinos y con caracterización de greda son descartados para el cultivo de café. Los suelos ideales deben contar con el 60 % de poros y un tercio de este debe estar alojado por el aire cuando el suelo se encuentre con humedad, y el pH de los suelos donde se cultiva café se encuentran en un rango de entre 5.0 a 6.0 (Alejandro, 2003).

Manejo del Cultivo

Preparación del suelo

El suelo es muy importante parta el cultivo de plantas de café, es por ello que se debe efectuar técnicas que beneficien sus características del suelo, siendo las técnicas más implementadas: elaboración de barreras vivas y muertas, terrazas independientes, zanjas o acequias, siembras al contorno, utilización de restos vegetales, entre otras. Es muy esencial que en la zona cultivada se ejecute una labor de chaleo (machete) para eliminar las arvenses; todo esto con técnicas de conservación del área cultivada (IICA, 2019).

Hoyado y plantación

Las longitudes de los hoyos para el cultivo de café tienen una variación según el tipo de suelo, es por ello que es recomendable hacer esta actividad con una herramienta como la pala o el Berreta entre otros, las dimensiones utilizadas comúnmente es 20 cm de ancho, 20 cm de largo y 30 cm de profundidad. El suelo proveniente del hoyo es colocado a un costado, el suelo superficial es colocado en un lado y el suelo de la parte del fondo es puesta en otra parte; cuando se coloca la planta en el hoyo debe ser cubierta primero por la tierra superficial y luego por la tierra del fondo (DESCO, 2012).

Densidad de siembra

El marco de plantación que comúnmente se utiliza en plantaciones de tamaño reducido es de 2 m entre surcos y 1 m entre plántulas, obteniendo una plantación de 5,000 plantas/hectárea. En el caso de las variedades que poseen un tamaño elevado se utiliza otro marco de plantación, el más empleado ese 2 m entre y 1.5-2 metros entre las plántulas, obteniendo un total entre 2 500 hasta 3 333 plantas por hectárea (IICA, 2019).

Deshierbas

El control manual de arvenses en el cultivo de café demanda de una elevada mano de obra y según la FAO se requiere de hasta un 60 % de mano de obra para ejecutar esta labor. En Latinoamérica específicamente en los países que cultivan café, para reducir mano de obra se ha venido empleando herbicidas para el control de arvenses desde hace mucho tiempo atrás. Sin embargo, esta técnica ha sido muy poco empleada por la mayoría de productores y se informó que incluso solo el 1 % de los cafetaleros en estos países utilizan este método de control, el 26.8 % de los productores intercalan tanto el control manual como el químico y por último un 72.2 % realizan el control de arvenses de manera manual (Sánchez y Gamboa, 2004).

Fertilización

IICA (2019) en el primer trimestre posterior al establecimiento del cultivo de café, es aconsejable planificar y ejecutar un plan de fertilización: En el primer año de siembra se debe suministrar en el fondo del hoyo del cultivo 28.3 g de superfosfato triple (45-17-6). En el año 2 y 3 es recomendable aplicar aproximadamente 56.7 gramos de fertilizante fosforado por cada planta, pero con distinta formulación 12-8-14, 14-7-14 o incluso 17-6-18. La aplicación se debe realizar en media luna y a 2 cuartas de distancia de la planta de café.

Después de los 10 años en adelante es recomendable triplicar la dosis de aplicación del fertilizante utilizando las siguientes formulaciones de N, P, K (15-4-23, 12-8-14, 14-7-21 y 14-7-21). La primera formulación se debe aplicar posterior a la cosecha, la segunda aplicación posterior al proceso de floración y las ultimas se deben aplicar con anterioridad a la cosecha, esto según las épocas de lluvia de la zona cultivada (IICA, 2019).

Podas en el café

Las podas se realizan con la finalidad de incrementar y mantener siempre una buena cosecha, impedir el envejecimiento precoz del cafeto, mantener un grano de calidad y favorecer la recolección del café. El objetivo de las podas también se basa en mantener un crecimiento normal de la plántula, incentivar el desarrollo de nuevos brotes, regular la producción de los brotes y frutos dañados. Por otro lado, la poda también permite mantener la forma de las plantaciones de acuerdo al manejo del productor, se evita la presencia de agentes fitopatógenos en el cultivo de café (Rojas, 2018).

Cosecha y Post cosecha

El proceso de cosecha se basa en la recolección de manera pertinente de los granos de café que se encuentran en un adecuado estado de madurez, es decir que hayan completado su ciclo en la planta, para llegar al estado de maduración se debe completar aproximadamente 264 días posteriores al proceso de floración. Con respecto a la cosecha es muy importante planificar la recolección para evitar la caída de los frutos de café por el exceso de maduración y para impedir que estos sirvan como hospederos de la plaga conocida como la broca del café (IICA, 2019).

Por otro lado, la post cosecha del café se da mediante 2 fases: La primera es la fase húmeda la cual está conformada por la recolección, recepción del café, el proceso de despulpado, fermentación, limpieza o lavado, zarandeado y el secado del café hasta lograr una humedad del 12 % en los granos. En la fase seca se realiza la metamorfosis del café en grano seco a café oro, incluyendo el proceso de guardado, pilado, molido, clasificado, empaquetado y sellado del café (IICA, 2019).

Morfología y epifitiología de los principales agentes fitopatógenos en el cultivo de café

Roya (*H. vastatrix*)

Este agente fitopatógeno se caracteriza por presentar esporas que miden 20 µ, y sus

urediniosporas 10 µ, cabe recalcar que estos contienen carotenoides que emanan un color amarillo o anaranjado que es visible en la parte inferior de las hojas. Este hongo sobrevive únicamente en tejido vivo del hospedante, además requiere de temperaturas superiores a los 24 °C, altas precipitaciones y una humedad relativa superior al 80 % (Vásquez, 2018).

Ojo de gallo (*M. citricolor*)

Presenta una estructura amarillenta brillosa en forma de un alfiler, que consta de un pedicelo y una cabeza, El pedicelo cilíndrico, delgado y sólido, tienes una altura aproximada de 2 mm, 0,12 mm de diámetro en su parte basal y de 0,05 mm de diámetro en la zona de inserción de la cabeza. Requiere de una elevada luminiscencia para el crecimiento del hongo, una temperatura superior a 22 °C y un pH que oscila entre 4 a 6 (Granados, 2015).

Mancha de hierro (*M. coffeicola*)

Posee manchas circulares de color par claro y rojizo oscuro y son de forma irregular. Las manchas pueden llegar a medir entre 1 a 3 mm, incluso hasta 1 cm de diámetro. Presente micelio septado, conidióforos oscuros e individuales de forma alargada y tamaño variado. Se propagan por medio del viento, lluvia y acción humana, el riesgo de infección incrementa cuando la temperatura se encuentra entre 20 y 20 °C y cuando la humedad relativa es mayor al 70 % (Fernández, 2019).

Mal del talluelo (*R. solani*)

Es un agente patógeno que produce micelio estéril, el cual es incoloro, en su etapa de desarrollo, mientras que en su etapa de madurez este es de color amarillento y café. El micelio presenta células largas y emana ramificaciones que crecen casi en ángulo recto respecto a la hifa principal. Las condiciones adecuadas para el desarrollo de este hongo son los suelos húmedos y poco drenados (Zhirvi, 2016).

Pseudomona syringae

Esta bacteria es considerada un organismo unicelular cuyo tamaño se encuentra entre 0,3 y 1 µm de ancho y 0,6 -4,5 µm de largo. El método de reproducción de esta especie es de forma asexual conocida como fisión binaria. Su cuerpo tiene forma de bacilo y posee varios flagelos polares que formando colonias blancas y amarillas. Las condiciones favorables para su desarrollo son la elevada humedad ambiental y con un rango óptimo de temperatura de 15 a 25 °C, además estas tienen la capacidad de multiplicarse en periodos lluviosos (Lillo, 2020).

Virus de la mancha anular del café (CoRSV)

Las partículas de CoRSV son baciliformes y se detecta en plantas de café solo en tejidos teñidos (hojas, ramas y frutos), es decir, el virus no es sistémico. en plantas de café. Es muy importante precisar que para el desarrollo de este virus en cultivo de café es necesario el ácaro vector. Las temperaturas ideales para el desarrollo y multiplicación del virus CoRSV son superiores a los 28 °C, es decir temperaturas elevadas, el uso repetido de acaricidas provoca que el virus desarrolle inmunoresistencia y se propague de una mejor manera (Melo et al, 2012).

***Meloidogyne* spp.**

Este nematodo presenta un cuerpo en forma de pera sin protuberancia trasera, posee un estilete cuya longitud varía de 15 a 16 µm, además tiene un marco dorsal alto y cuadrado en el caso de las hembras y los machos carecen de labios, pero si presentan anulaciones incompletas en la cabeza, Su estilete es relativamente mayor al que presentan las hembras. Necesita una temperatura adecuada que oscila entre los 25 y 30 °C, y suelos con una amplia variedad de humedad debido a que en suelos muy secos su desarrollo es muy lento (Machaca, 2017).

***Pratylenchus* spp.**

Estos nematodos son elongados y poseen una longitud de 340 a 800 µm y de 15 a 35 µm de ancho, tiene cabeza plana, armadura cefálica sólida y un estilete grueso y corto de 14 a 20 µm de tamaño con un nudo basal prominente, poseen una cola redondeada y los machos son más pequeños cuando hay presencia de las hembras. Para que este nematodo tenga un óptimo desarrollo va en dependencia del hospedero en el que se encuentre y una temperatura que oscile entre 18 y 20ºC (Gamboa, 2019).

***Helicotylenchus* spp.**

Este tipo de nematodo posee un cuerpo de tipo espiral cuando son expuestos al calor, su longitud varía entre 0,5 a 1 mm, presenta un estilete bien definido y su longitud es de tres a cuatro veces el diámetro de la región labial. En la hembra la vulva se ubica aproximadamente en la parte central y los machos presentan cola corta, espículas bien desarrolladas y arqueadas. Requiere de suelos ligeros con buena humedad y temperaturas que oscilen entre los 25 y 30 °C para su correcto desarrollo (Holguin, 2018).

Estrategias de manejo de los principales agentes fitopatógenos del café

Con el paso del tiempo los productores de café han adaptado una serie de medidas de prevención frente a la aparición de ciertas afecciones que de una u otra forma afectan a la producción del cultivo como tal, el hecho es que tanto con los aportes de la ciencia y el aporte ancestral del agricultor se ha logrado contrarrestar en gran medida una serie de males que aquejan sus cultivos. Los tipos de control que se pueden utilizar actualmente de acuerdo con catalán, (2012) son:

Control cultural

Cuando se habla de control cultural, se hace referencia a todas aquellas actividades que generalmente se practican en campo, que de alguna forma hace reducir la plaga quitándole el hospedero, por ejemplo, labores como desyerbas, o las mismas podas que sirven para dar más aireación y mejor entrada de los rayos solares hacia la planta.

Control biológico

Para llevar a cabo este tipo de control es necesario la utilización de algunos organismos benéficos que puedan fagocitarse a la plaga y de esa forma disminuir la incidencia de la plaga o enfermedad presente.

Control químico

Este es el método menos recomendado pero que funciona como última opción al no haber logrado controlar la enfermedad con productos naturales o algún agente benéfico. Es la última opción recomendada ya que por lo general se busca solucionar esos problemas con productos de origen natural, Por ejemplo. la aplicación de oxicloruro de cobre para el control del arañero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS MARCO TEÓRICO

Rojo-Jiménez, E. (2014). Café I (G. *coffea*) *Reduca* (*Biología*) *7* (2), 113-132. Recuperado de https://eprints.ucm.es/27835/

Bravo Bermeo, C.F & Giler Flores, M.M (2018). *Alternativas de postcosecha sobre la calidad en tres variedades de café arábigo* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. Recuperado de http://190.15.136.145/handle/42000/888

Figueroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F., Godinez-Montoya, L. y Pérez-Figueroa, R.A (2019). Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista mexicana de economía y finanzas*, *14*(1), 41-56. Doi: http://dx.doi.org/10.21919/remef.v14i1.358

Vera Araujo, J.G. (2020). *Manejo integrado de la roya Hemileia vastatrix, en el cultivo de café Coffea canephora* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. Recuperado de http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7970

Estelita Castro, S.R. (2016). *Comportamiento en vivero de seis variedades de café injertadas sobre Coffea canephora var. Robusta en San Ramón* (*Chanchamayo*) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Agronomía. Lima, Perú. Recuperado de https://core.ac.uk/download/pdf/162861662.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2019). Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana. Recuperado de https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8726/BVE20037756e.pdf?sequence=1

Morejón-García, M., et al. (2020). Caracterización agroclimática de la provincia Uigé, Angola en función del desarrollo del Café Robusta. *Cultivos Tropicales*,*41* (1), 1-12. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000100001

Pajsi Colquehuanca J.L. (2017). *Evaluación económica del sistema de producción orgánica en diferentes años de poda y edades de cafetos* (*Coffea arábica l.*) *En el cantón de Taipiplaya municipio de Caranavi* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. Recuperado de https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/12894

Alejandro López, S.P. (2003). *Diagnóstico fitosanitario y socioeconómico de la producción de café* (*Coffea arábica L.*) *en tres sectores de la provincia de Lamas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía, Tingo María, Perú. Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/517

Marín, G. (2012). Producción de cafés especiales. Manual Técnico. Programa selva central. DESCO. FONDOEMPLEO. Lima, Perú. Recuperado de

http://www.desco.org.pe/produccion-de-cafes-especiales-manual-tecnico

Vásquez García, J. (2018). *Factores que influyen en la presencia, manejo y control de la roya amarilla del café* (*Hemileia vastatrix*), *en la provincia Rodríguez de Mendoza-Región Amazonas.* (Tesis de posgrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza Amazonas. Recuperado de http://181.176.222.66/handle/UNTRM/1309

Machaca Calsin, C.P. (2017). *Identificación de Meloidogyne* spp. *Por morfología e isoenzimas en pimiento paprika* (*Capsicum annuum* L.) *en tres irrigaciones de la región Arequipa.* (Tesis de pregragrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). Recuperado de http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5706

Fernández Yrigoín, F.Y. (2019). *Cladosporium* spp., *antagónico a Cercospora cofeicola* Berk. & Cke. *Drechslera túrcica* Pass. *Y Phragmidium mucronatum* (Per.) Schlecht. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3779

Gamboa Cortés, E. (2019). *Identificación taxonómica y molecular de especies del nematodo lesionador de la raíz Pratylenchus* (*Nematoda: Pratylenchidae*) *asociado a cuatro cultivos de Costa Rica*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional). Recuperado de https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/18163

Sánchez, L & Gamboa, E. (2004). Control de malezas con herbicidas y métodos mecánicos en plantaciones jóvenes de café. Bioagro [online], 16(2), 133-136. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612004000200008&script=sci_arttext&tlng=en

Rojas Gutiérrez, N.B. (2018). *Evaluación del efecto de la poda, para la reducción de la incidencia y severidad de la enfermedad "roya amarilla"* (*Hemileia vastatrix*), *del cultivo del café* (*Coffea arábica l.*) *En la sub – central agraria Alto lima – Caranavi – la Paz* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. Recuperado de https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/17055

Catalán Bazán, W. (2012). Manejo integrado de plagas en el cultivo de café. Recuperado de https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-k-cafe.pdf