



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Manejo integrado de mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* (Berk y cooke)), en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Ecuador.

AUTOR:

Andrés Renan Toalombo Huacon

TUTOR:

Ing. Agr. Víctor Julio Goyes Cabezas, MBA.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

La enfermedad mancha de hierro es causada por el hongo *C. coffeicola*, es considerada una enfermedad de importancia económica que afecta al cultivo de café, que genera daños a la planta en diversas etapas, desde el vivero hasta las plantaciones establecidas; los daños más graves ocurren en el fruto, pero también afecta a las hojas y ramas. La información que se obtuvo fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el único objetivo de instaurar la información específica en correspondencia al proyecto, que lleva por temática “Manejo integrado de mancha de hierro (*C. coffeicola*), en el cultivo de café (*C. arabica*) en Ecuador”. Por lo anteriormente detallado se determinó que, en algunas regiones del Ecuador, la enfermedad ha afectado a casi el 50 % de la superficie cafetalera, provocando una pérdida de rendimiento de alrededor del 15 %; dado que *C. coffeicola* prospera en un ambiente constantemente cálido y húmedo. Los síntomas en las hojas son manchas redondas u ovaladas con un tamaño de 6 a 13 mm de diámetro que comienza con manchas amarillas visibles en los bordes de las hojas y crece en un patrón circular a medida que avanza la enfermedad; estas manchas son negras cuando son jóvenes, pero cuando los frutos del hongo caen. Los síntomas en las ramas se dan en las partes blandas, aparecen manchas grises que se extienden varios centímetros, cubriendo en ocasiones todo el entrenudo; las manchas se oscurecen, la falsa corteza gris se agrieta y el tronco queda expuesto. Las lesiones en los frutos son redondas, hundidas y de diversos tamaños; las cerezas infestadas aparecen inicialmente como pequeñas manchas rojas o marrones que se agrandan y se hunden en el tejido, y las lesiones son marrones y a veces están rodeadas por un halo violáceo. Es importante establecer cafetos vigorosos con un buen sistema radicular y sombra adecuada; se recomienda podar los cafetos según sea necesario para mejorar la ventilación y reducir la humedad ambiental. Como medida general de control de la enfermedad mancha de hierro, es importante evitar deficiencias y desequilibrios nutricionales, ya que la nutrición tiene una gran influencia en el desarrollo de la enfermedad.

Palabras claves: Cercospora, síntomas, daños, control

SUMMARY

Iron spot disease is caused by the fungus *C. coffeicola*, it is considered a disease of economic importance that affects the coffee crop, which causes damage to the plant at various stages, from the nursery to the established plantations; the most serious damage occurs in the fruit, but also affects leaves and branches. The information obtained was carried out through the technique of analysis, synthesis and summary, with the sole objective of establishing specific information in correspondence to the project, which has as its theme "Integrated management of iron spot (*C. coffeicola*), in the cultivation of coffee (*C. arabica*) in Ecuador". Based on the above, it was determined that, in some regions of Ecuador, the disease has affected almost 50 % of the coffee growing area, causing a yield loss of around 15 %, given that *C. coffeicola* thrives in a constantly warm and humid environment. Symptoms on leaves are round or oval spots with a size of 6 to 13 mm in diameter that start with yellow spots visible on the edges of the leaves and grow in a circular pattern as the disease progresses; these spots are black when young, but when the fruits of the fungus fall. Symptoms on branches occur on the soft parts, gray spots appear and extend several centimeters, sometimes covering the entire internode; the spots darken, the gray false bark cracks and the trunk is exposed. Lesions on fruit are round, sunken and of various sizes; infested cherries initially appear as small red or brown spots that enlarge and sink into the tissue, and the lesions are brown and sometimes surrounded by a purplish halo. It is important to establish vigorous coffee trees with a good root system and adequate shade; it is recommended that coffee trees be pruned as necessary to improve ventilation and reduce environmental humidity. As a general control measure for iron spot disease, it is important to avoid nutritional deficiencies and imbalances, since nutrition has a great influence on the development of the disease.

Key words: *Cercospora*, symptoms, damage, control.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PROBLEMÁTICA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1. Generalidades del café.....	5
2.1.1.1. Clasificación taxonómica del café	6
2.1.1.2. Morfología del café	6
2.1.1.2.1. Raíz	6
2.1.1.2.2. Tallos y ramas	7
2.1.1.2.3. Hojas.....	7
2.1.1.2.4. Flores.....	7
2.1.1.2.5. Fruto	7
2.1.1.2.6. Semillas	8
2.1.2. Enfermedad mancha de hierro ocasionada por <i>C. coffeicola</i>	8
2.1.2.1. Clasificación taxonómica	8
2.1.2.2. Distribución geográfica de la mancha de hierro (<i>C. coffeicola</i>)	9
2.1.2.3. Impacto de la enfermedad mancha de hierro en los rendimientos del café	9
2.1.2.4. Importancia económica de la enfermedad mancha de hierro.....	10
2.1.2.5. Descripción morfológica	11
2.1.2.6. Ciclo biológico de la manchan de hierro	11

2.1.2.7. Biología de la mancha de hierro.....	11
2.1.2.8. Síntomas.....	12
2.1.2.8.1. Sobre las hojas.....	12
2.1.2.8.2. En las ramas.....	12
2.1.2.8.3. En los frutos.....	13
2.1.2.9. Signos.....	13
2.1.2.10. Daños.....	13
2.1.3. Mancha de hierro en almácigos de café.....	13
2.1.3.1. Etiología.....	15
2.1.4. Medidas de control de la enfermedad macha de hierro.....	15
2.1.4.1. Control cultural en almácigos.....	15
2.1.4.2. Control cultural en plantaciones establecidas.....	15
2.1.4.2.1. Nutrición vegetal y su relación con la mancha de hierro.....	16
2.1.4.3. Control químico en almácigos.....	17
2.1.4.4. Control químico en plantaciones establecidas.....	17
2.1.4.5. Control biológico.....	18
2.2. MARCO METODOLÓGICO.....	19
2.2.1. MÉTODO:.....	19
2.2.2. METODOLOGÍA:.....	19
2.3. RESULTADOS.....	20
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	21
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
3.1. CONCLUSIONES.....	22
3.2. RECOMENDACIONES.....	23
4. REFERENCIAS Y ANEXOS.....	24
4.1. REFERENCIAS.....	24
4.2. ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Lesión típica de mancha de hierro bien definida y la presencia del halo amarillo.....	31
Figura 2. Lesiones de mancha de hierro bien en las ramas del café.....	31
Figura 3. Síntomas de <i>C. coffeicola</i> en fruto, provocando necrosamiento del tejido y maduración prematura.....	32
Figura 4. Defoliación severa de <i>C. coffeicola</i> en plantas de café.....	32
Figura 5. Defoliación severa causada por mancha de hierro bien en almácigos de café, sin ningún adecuado manejo de la enfermedad.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Dosis y frecuencias de aplicación de fungicidas para el control de mancha de hierro.....	17

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica*), pertenece a la familia Rubiácea, cuyo origen data del siglo VII en Etiopia, es un árbol cuyo fruto se utiliza para elaborar la bebida no alcohólica más popular, importante y rentable, conquistando desde hace siglos con gran facilidad mercados de consumo a nivel mundial (Silva 2022).

A nivel mundial se produce alrededor de 7,7 millones de toneladas de café oro en una superficie de 10,5 millones de hectáreas en más de 50 países; el café arabica constituye el 85 % de la producción mundial en Latinoamérica, siendo el productor más grande Brasil con 2,2 millones de toneladas en un área de 2,3 millones de hectáreas, seguido de Vietnam, Indonesia y Colombia con 0,6 y 1 millón de toneladas en una superficie combinada de 2,6 millones de hectáreas (Yaraecuador 2021).

El cultivo de café en el Ecuador es un cultivo de gran importancia económica, con una superficie cultivada de 199 215 hectáreas, con una producción de 50 000 sacos de café de 60 kilos, donde el 68 % corresponde a la especie *C. arabica* y el 32 % a *C. canephora*; el cultivo está distribuido en 23 de las 24 provincias del país, su producción se concentra en las provincias de Manabí (Jipijapa), Loja, Sucumbíos, Orellana y en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes (Saona 2021).

En el Ecuador, los problemas fitosanitarios causados por hongos patógenos se han constituido en serias limitantes de la producción cafetalera ecuatoriana, siendo las enfermedades más importantes como: Mal de hilachas (*Pellicularia koleroga*), Roya anaranjada (*Hemileia vastratix*), Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), Mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*) y viruela del cafeto (*Colletotrichum gloeosporioides*) (Ramírez 2019).

La enfermedad mancha de hierro es causada por el hongo *Cercospora coffeicola* (Berk y cooke) que afecta el área foliar y los frutos, considerada de importancia en el cultivo de café por los daños que ocasiona los mismos que

interfieren con el desarrollo de las plantas y provocan pérdidas significativas en la producción del café, en calidad y cantidad (Calle 2019).

El principal daño que ocasiona *C. coffeicola* en la etapa de vivero es la defoliación causada por la producción de etileno, puede alcanzar el 88 % en plantas cultivadas sin cobertizo y el 67 % en plantas bajo umbráculo; en plantas adultas el deterioro de la calidad de la cosecha de café puede llegar al 30 % del valor total; en cultivos con exposición libre a la radiación solar, sembrados en suelos compactos, con deficiencias hídricas y nutritivas, puede afectarse la cosecha total (Montes *et al.* 2019).

El manejo integrado de plagas (MIP) es una de las estrategias de control que complementa todas las técnicas y métodos más adecuados para lograr combatir la plaga, reduciendo el daño económico y estético, para lograr una cosecha sostenible y rentable (Sotomayor y Duicela 2019).

Por lo antes expuesto fue necesario recopilar y sintetizar información referente al manejo integrado de mancha de hierro (*C. coffeicola*), en el cultivo de café (*C. arabica*) en Ecuador.

1.2. PROBLEMÁTICA

Las enfermedades en el cultivo de café son un problema muy serio en el Ecuador, los productores hasta el momento han encontrado un sin número de condiciones desfavorables en las cual el cultivo es afectado y con pérdidas económicas significativa; uno de estos problemas es la presencia de la enfermedad mancha de hierro (*C. coffeicola*) que afecta el área foliar y los frutos del cultivo de café (INIAP 2019).

El manejo de la enfermedad mancha de hierro se ha basado en diversas técnicas agronómicas que en algunos casos no han sido efectivas, esto ha provocado que la enfermedad persista en algunos sectores; debido a esto es importante encontrar alternativas de manejo integrado de plagas que permitan reducir la incidencia de la enfermedad, mejorando la calidad agronómica del cultivo de café.

La relación directa entre la incidencia de la enfermedad, los niveles de fertilización deficientes, podas, las condiciones limitativas de los suelos y las prácticas agronómicas indebidas o inoportunas favorecen la presencia y desarrollo de la enfermedad mancha de hierro en el cultivo de café.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la alta incidencia de la enfermedad mancha de hierro en el cultivo de café, misma que provoca pérdidas económicas significativas, es importante establecer un programa de manejo integrado de plagas, generando un proceso de transformación de la agricultura convencional a la agricultura sostenible y sustentable, creando alternativas de control para disminuir la presencia de la enfermedad macha de hierro.

El presente caso de estudio sobre el manejo integrado de mancha de hierro (*C. coffeicola*), en el cultivo de café (*C. arabica*) en Ecuador, se lo realizará debido a que en las zonas cafetaleras del país existe una alta incidencia y severidad de la enfermedad macha de hierro, afectando significativamente la producción; en la cual es importante aplicar un manejo integrado de plagas para reducir la incidencia de la enfermedad, para mejorar las condiciones del potencial productivo del cultivo y por ende los beneficios económicos de los pequeños y mediados productores.

Por lo expuesto se justificó realizar la presente investigación bibliográfica sobre el manejo integrado de mancha de hierro (*C. coffeicola*), en el cultivo de café (*C. arabica*) en Ecuador.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Describir el manejo integrado de mancha de hierro (*C. coffeicola*), en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Ecuador.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los síntomas que presenta la enfermedad mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), en el cultivo de café.

- Detallar prácticas de manejo integrado en la enfermedad mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), en el cultivo de café.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación esta enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de: Recursos agropecuarios y Medio Ambiente. La temática de la presente investigación es “Manejo integrado de mancha de hierro (*C. coffeicola*), en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Ecuador”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de investigación: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de: Agricultura sostenible y sustentable

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Generalidades del café

El cultivo del café (*C. arabica*) es originario del norte de África, desde donde se extendió a Europa y se extendió a Asia y América. Fue introducido en Venezuela en el siglo XVIII y los primeros cafetos se plantaron a orillas del río Orinoco. Luego se cultivó en Caracas y de allí se extendió a las zonas montañosas del país, como la Serranía, los Andes y el oriente, donde la cultura alcanzó su mayor desarrollo. Juntos, el café y el cacao fueron factores económicos muy importantes en las sociedades coloniales (Delgado et al 2018).

INIAP (2018) expresa que las características de la producción de café Arábica a nivel nacional se resumen a continuación:

- El mes más adecuado para esta especie es junio.
- Las variedades más comunes utilizadas por los agricultores son Sarchimor (18 % del área), Caturra (17 % del área) y Catucaí (14 % del área).
- La densidad de siembra es de 3 419 plantas por hectarea.
- Las plantas de café arábica tienen en promedio 1,37 ejes productivos y 15,15 ramas.
- El 66 % de los productores siembra el material mejorado.
- El 52 % de los agricultores fertilizan los cultivos.
- La cantidad promedio de fertilizante básico puro es de 0,45 qq/ha de nitrógeno, 0,75 qq/ha de fósforo y 0,26 qq/ha de potasio.
- Los productores afirman que las enfermedades son el principal problema que más afecta a sus cultivos.

La producción comercial de café suele tardar entre 20 y 25 años; el primer ciclo productivo de la plantación es de cuatro a diez años después de la plantación, con dos ciclos de renovación y poda; el manejo adecuado de una plantación de

café requiere de la decisión correcta en el momento adecuado para mantener una cosecha buena y estable en el largo plazo (INIAP 2018).

En la planificación de la producción de cultivos, el establecimiento de nuevas plantaciones, la renovación o poda de plantaciones establecidas se consideran estrategias para la producción sostenible de café (Acila 2019).

2.1.1.1. Clasificación taxonómica del café

Sánchez y Vallas (2019) manifiesta que la clasificación taxonómica del cultivo de café es la siguiente:

- **Reino:** Plantae
- **Subreino:** Tracheobionta
- **Filo:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Sub clase:** Asteridae
- **Orden:** Rubiales
- **Familia:** Rubiaceae
- **Género:** Coffea
- **Especie:** *Coffea arabica* L.

2.1.1.2. Morfología del café

La planta productora de café es un arbusto tropical llamado Cafeto, que tiene características que lo distinguen de otros árboles. Por ejemplo, sus hojas aparecen en pares, no están divididas y tienen bordes lisos (CEFA 2020).

2.1.1.2.1. Raíz

Las raíces penetran en el suelo verticalmente hasta una profundidad de 50 cm; de él surgen otras raíces gruesas que se extienden horizontalmente; a través de este órgano, la plántula obtiene el agua y los nutrientes necesarios para su

crecimiento y producción; además, se acumulan sustancias que luego proporcionan alimento a hojas y frutos (Jordán 2022).

2.1.1.2.2. Tallos y ramas

Forman el esqueleto del cafeto; existen diferentes tipos de yemas en los nudos del tallo principal, algunas producen brotes primarios, otras producen flores; los brotes jóvenes aseguran una cosecha completa porque favorecen una mejor floración y posterior producción (Jordán 2022).

2.1.1.2.3. Hojas

Esto permite que el cafeto realice los procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración; las hojas se desarrollan en las ramas cada 15 o 20 días; cada cafeto anual tiene un promedio de 440 hojas que duran un año hasta su renovación; aunque la sequía, las altas temperaturas y la mala nutrición de las plantas acortan este tiempo (Gualotoña 2019).

2.1.1.2.4. Flores

Es la estructura que produce las cerezas del café; las flores aparecen en los nudos de las ramas, hacia la base de las hojas; los racimos de cuatro o más flores nacen de tallos cortos llamados glomérulos; puede haber cuatro glomérulos más en una hoja; el proceso de floración de los cafetos dura hasta cinco meses y se divide en cuatro etapas: 1. Germinación y diferenciación de las flores, 2. Latencia corta (el tiempo transcurrido entre un estímulo y la respuesta que produce). 3. Los botones florales crecen rápidamente y se regeneran. 4. Apertura de las yemas (Holguín 2019).

2.1.1.2.5. Fruto

Es el resultado de la fusión de los granos de polen con el ovulo; de ahí surge la semilla, hay cuatro etapas en la formación del fruto: 1. Los frutos se forman y comienzan a aumentar de tamaño y peso, desde la fertilización hasta la sexta

semana. 2. El peso y el volumen comienzan a crecer más rápido, se necesita agua para que no se estanque el fruto. También conocida como grano lechoso. 3. El crecimiento externo del fruto no es visible, pero en su interior hay estructuras más grandes. La necesidad de nutrientes es mayor y las almendras se endurecen. Si falta agua, el fruto no crecerá bien y el grano se echará a perder. El período es de la semana 16 a la 27 después de la fertilización. 4. Esta etapa comprende de 27 a 32 semanas después de la fecundación. Aquí continúa la maduración y cambio de color del fruto hasta volverse de color rojo o cereza (Arcila y Farfán 2018).

rana

2.1.1.2.6. Semillas

Está conformado de almendras y pergamino; el primero es sólido y verde, el otro actúa como una especie de cubierta para proteger las semillas; contiene una sustancia azucarada llamada mucilago (Arcila y Farfán 2018).

2.1.2. Enfermedad mancha de hierro ocasionada por *C. coffeicola*

Es una enfermedad de importancia económica que afecta al cultivo de café, es causada por un hongo *C. coffeicola* que genera daños a la planta en diversas etapas, desde el vivero hasta las plantaciones establecidas; los daños más graves ocurren en el fruto, pero también afecta a las hojas (Batista 2018).

2.1.2.1. Clasificación taxonómica

Cercospora es un género de hongos perteneciente al reino Fungi, su división o filo es Ascomycota, su clase es Dothideomycetes, Capnodiales (antes moniliales) y finalmente como se mencionó anteriormente género *Cercospora* (Bautista 2019).

Cercospora es la etapa anamórfica de *Mycosphaerella*, y otros géneros *Cladosporium*, *Amularia* y *Ascochyta* también pueden ser anamórficos (Bautista 2019).

La enfermedad mancha de hierro es particularmente común en viveros y plantaciones de café sin sombra; en los frutos, la infección comienza por heridas o exposición a la luz solar y forma lesiones similares a las de las hojas, pero que eventualmente se vuelven alargadas y negras. En algunos casos, estos frutos presentan una maduración prematura. Las condiciones de estrés en las plantas promueven la infección (Castro et al 2019).

Según Castro et al (2019) expresa que la clasificación taxonómica de *C. coffeicola* es la siguiente:

- **Reino:** Fungi
- **Orden:** Moliliales
- **Familia:** Dematiaceae
- **Género:** Cercospora
- **Especie:** *Cercospora coffeicola*
- **Nombre científico:** *Cercospora coffeicola*

2.1.2.2. Distribución geográfica de la mancha de hierro (*C. coffeicola*)

En 1880, Ernst envió material enfermo desde Venezuela a Cooke, quien realizó las primeras investigaciones. Hoy en día la incidencia de esta enfermedad es alta en Nicaragua, Honduras, Perú, México, Colombia, Venezuela, Ecuador, República Dominicana, Puerto Rico, Trinidad, El Salvador, Costa Rica, Cuba y en toda América Latina (Donoso 2018).

Es un hongo muy extendido en todas las regiones cafetaleras del mundo, causando mayores daños en zonas bajas y cafetales con poca sombra; los ataques severos afectan el proceso de despulpado del grano, endureciendo el exocarpio; su único huésped es el cafeto (Donoso 2018).

2.1.2.3. Impacto de la enfermedad mancha de hierro en los rendimientos del café

El café es el segundo producto comercializado más valioso del mundo después del petróleo; alrededor de 25 millones de productores y trabajadores de café participan en la producción de café en más de 50 países de todo el mundo. *C. coffeicola* se encuentra en todo el mundo y puede provocar pérdidas de rendimiento de hasta un 15 % anual (Rengifo 2019).

En algunas regiones del Ecuador, la enfermedad ha afectado a casi el 50 % de la superficie cafetalera, provocando una pérdida de rendimiento de alrededor del 15 %; dado que *C. coffeicola* prospera en un ambiente constantemente cálido y húmedo (INIAP 2018).

La literatura muestra que *C. coffeicola* no es un problema importante para los mayores países productores de café de África, Etiopía y Uganda. Por el contrario, *C. coffeicola* es común en Hawái, pero no tiene importancia económica debido a un manejo adecuado, y el medio ambiente carece de las condiciones húmedas necesarias para su proliferación (Colonia 2019).

2.1.2.4. Importancia económica de la enfermedad mancha de hierro

Duicela (2019) expresa que cuando hay una infestación repentina y masiva por *C. coffeicola*, las plantas sufren defoliación, un desequilibrio fisiológico que puede provocar pérdidas de rendimiento de hasta el 50 %, lo que parece ser el mayor daño que se ha descubierto. El hongo también puede atacar las cerezas o provocar la pérdida de cerezas y flores cuando mueren las ramas.

El mismo autor anterior recalca que cuando los granos son atacados en los primeros meses de desarrollo, se pierden por completo, pero cuando ocurre en una etapa posterior, afecta sólo la pulpa y no las amígdalas o el pergamino, perdiéndose aparentemente los granos enteros durante el almacenamiento, las cuales son causados por un micelio no aparente.

2.1.2.5. Descripción morfológica

El hongo fructifica principalmente en la superficie superior de las hojas, el estroma es de aproximadamente 50 μm de diámetro, esféricas y de color marrón oscuro; sus conidióforos se encuentran en grupos con pedúnculos de 3 a 30, de pálidos a marrones, a veces ramificados, solitarios, de moderada a fuertemente geniculados, de 20 a 275 x 4 a 6 μm de tamaño; las cicatrices de los conidios son claras y gruesas; los conidios son hialinos, aciculares, obtusos, impares, con puntas agudas, truncadas o bases separadas, con filos multiseptados marcadamente engrosados y discretos que miden 40-150 x 2-4 (-7) μm (Lince y Sadeghian 2019).

2.1.2.6. Ciclo biológico de la mancha de hierro

El desarrollo de la enfermedad comienza con las primeras lluvias, reanudación de la esporulación, daño residual en las hojas más viejas, exposición total del cafeto al sol, estrés nutricional de la planta, alta humedad relativa (superior a 80 %), presencia de una capa delgada. El agua y las temperaturas entre 20°C y 26°C son condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad; la incidencia es mayor en diciembre y enero cuando la temperatura promedio es de 25°C y la humedad relativa es del 80 % (Lovo 2020).

2.1.2.7. Biología de la mancha de hierro

El hongo penetra directamente en las hojas más jóvenes, y para que esto suceda en las hojas más viejas debe haber una herida; el período de incubación de los hongos es inversamente proporcional a la temperatura; la alta humedad, las altas temperaturas y el estrés hídrico después de la floración favorecen la enfermedad; durante el período seco, cuando la temperatura varía entre 18 y 25 °C, el período de incubación dura 24 o 25 días; la temperatura óptima para la germinación de los conidios es entre 30 y 34°C (Marín 2019).

2.1.2.8. Síntomas

Los síntomas son necróticos; ocurren en hojas, ramas y frutos y pueden confundirse con otras enfermedades, cuando ves una plantación muy infestada, parece que las hojas han sido arrancadas; en una sola hoja pueden aparecer de 1 a 75 manchas; los síntomas suelen aparecer sobre semilleros o almácigos con poca sombra y sustratos sin materia orgánica añadida (Montero 2017).

2.1.2.8.1. Sobre las hojas

La enfermedad puede ocurrir en cualquier etapa del desarrollo de la planta, pero es más destructiva para las plántulas; hay manchas redondas u ovaladas con un tamaño de 6 a 13 mm de diámetro que comienza con manchas amarillas visibles en los bordes de las hojas y crece en un patrón circular a medida que avanza la enfermedad; estas manchas son negras cuando son jóvenes (Figura 1), pero cuando los frutos del hongo caen, se vuelven rosados y secos; como resultado de la reacción se forma una capa redonda de corcho, el tejido muerto coloreado se cae y queda la lámina perforada; durante la época seca, estas manchas se oscurecen y quedan rodeadas por un halo amarillo (Zapata et al 2019).

Cuando ocurren ataques sucesivos, las plantas degeneran con hojas pequeñas y puntiagudas, brotes sin hojas y frutos pequeños; dos o más puntos pueden unirse para formar formas arbitrarias (Pozza et al 2019).

2.1.2.8.2. En las ramas

Las ramas son atacadas en las partes blandas, aparecen manchas grises que se extienden varios centímetros, cubriendo en ocasiones todo el entrenudo; las manchas se oscurecen, la falsa corteza gris se agrieta y el tronco queda expuesto (Figura 2) (Sánchez 2020).

2.1.2.8.3. En los frutos

Las lesiones del fruto son redondas, hundidas y de diversos tamaños; las cerezas infestadas aparecen inicialmente como pequeñas manchas rojas o marrones que se agrandan y se hunden en el tejido, y las lesiones son marrones y a veces están rodeadas por un halo violáceo (el halo es tejido que madura antes de madurar) (Figura 3) (Leguizamón 2021).

La infección puede ocurrir en cualquier etapa del desarrollo de la baya; a medida que la enfermedad continúa progresando, las lesiones se fusionan y aumenta el tamaño del área afectada del fruto; esto hace que el tejido pulpar muera, permitiendo que el pergamino se adhiera (Buitrago 2019).

2.1.2.9. Signos

Estos signos son la clave para identificar la enfermedad, porque sin estos signos se confundirá con otras manchas; se pueden observar puntos negros de 0,25 a 0,5 mm en puntos incluso a simple vista. de diámetro los cuales son las fructificaciones; la estructura del cuerpo fructífero se llama "cuerpo stilbum" y tiene la apariencia de pequeñas agujas amarillas; Buller (1934) descubrió en 1925 que un efecto fúngico sobre las hojas de varias plantas emitía luz, y podía distinguir las en la oscuridad desde una distancia de 10 pies (Fernández et al 2019).

2.1.2.10. Daños

El principal daño causado por las manchas de hierro es la defoliación, que reduce en gran medida el área fotosintética de las plantas y reduce el crecimiento de las mismas y por ende el rendimiento (Figura 4) (Castaño 2019).

2.1.3. Mancha de hierro en almácigos de café

La mancha de hierro es una de las principales enfermedades foliares y ataca por igual a todas las variedades de café cultivadas en el país en etapa de vivero; el proceso de infección comienza cuando el hongo se desplaza a través de los

estomas, provocando pequeñas manchas redondas de color marrón claro o rojizo; posteriormente, cuando las manchas se hacen más grandes, la característica principal es blanca con un anillo rojo alrededor; fuera de la lesión, el tejido forma un halo amarillento (Peloso et al 2018).

En viveros de cultivares comerciales de café se han observado diversos síntomas, caracterizados por márgenes irregulares y color amarillo intenso que gradualmente se torna marrón oscuro, y ausencia de la parte central de la cáscara del fruto del café a medida que avanza la enfermedad y por lo tanto no se observa un centro blanco rodeado por el halo rojo antes mencionado (Castillo 2019).

La enfermedad provoca la pérdida prematura de las hojas, lo que reduce el vigor de la planta y afecta su estado general antes del trasplante; si el ataque es intenso puede provocar la muerte de la plántula (Figura 5); generalmente, cualquier planta atacada en la etapa de lecho no se desarrollará de manera óptima cuando se trasplante; las plantas de 6 meses cultivadas en suelos pobres en nutrientes, a pleno sol y sin fungicidas, pueden defoliarse hasta en un 90 % (Leguizamón 2020).

Las condiciones que son propensas a enfermedades están asociadas con una mala nutrición de las plantas; en particular, el nitrógeno es un elemento clave para reducir la incidencia de la enfermedad; las plantas cultivadas en suelo sin adición de nutrientes (materia orgánica) tienen una alta tasa de infección y por tanto defoliación; por otro lado, estudios han demostrado que mantener las plantas a pleno sol (sin utilizar un cobertizo) las hace más susceptibles a enfermedades porque el número de estomas perforados es mayor que en las plantas expuestas a la sombra (INIAP 2014).

Finalmente, se han encontrado niveles de producción de etileno superiores a lo normal en las plantas afectadas y la defoliación inducida por patógenos se ha relacionado con la producción de este compuesto (INIAP 2014).

2.1.3.1. Etiología

Ramírez (2020) manifiesta que la mancha de hierro causada por *C. coffeicola*, forma estructuras reproductivas oscuras en la parte central de la lesión; la enfermedad tiende a presentarse en la época lluviosa y se asocia con la humedad, la exposición a la luz solar; también se asocia con deficiencias nutricionales, infestación por nematodos, etc.

2.1.4. Medidas de control de la enfermedad macha de hierro

2.1.4.1. Control cultural en almácigos

INIAP (1993) recomienda todo lo siguiente para controlar la mancha de hierro en viveros establecidos:

- Selección de semillas.
- Prepare la germinación como se sugiere.
- Utilice una bolsa de plástico de 2 kg (17 x 23 cm).
- Utilice pulpa bien distribuida (al menos una parte de celulosa por tres partes de tierra) en bolsas llenas o utilice otras fuentes de materia orgánica o aditivos.
- Espacio de almacenamiento debajo del dosel.
- Control preventivo de nematodos (utilizar 1 gramo de nematicida por bolsa de plántulas).
- Uso oportuno de fungicidas para el control de la mancha de hierro.

2.1.4.2. Control cultural en plantaciones establecidas

López y Borrero (2019) manifiestan que para el control de la mancha de hierro se debe establecer los siguientes puntos: establecer cafetos vigorosos con un buen sistema radicular y sombra adecuada; establezca adecuadamente la plantación; realice control de malezas oportunamente; prepare el suelo para

almácigos con abundante materia orgánica; rocié el semillero con estiércol, cola de caballo u otras hojas ricas en nitrógeno.

Para el control de la mancha de hierro se recomienda reducir la sombra y podar los cafetos según sea necesario para mejorar la ventilación y reducir la humedad ambiental; para posterior rociar fungicidas a base de cobre; deberían iniciarse en julio y repetirse cada 30 días hasta septiembre (Hernández 2021).

2.1.4.2.1. Nutrición vegetal y su relación con la mancha de hierro

Ensayos realizados en Ecuador han demostrado que los niveles elevados de potasio en el tejido de las hojas reducen la enfermedad mancha de hierro. Si las cejas no se tratan, pueden desprenderse del arbusto, provocando que el fruto se vuelva pulposo y no tenga valor comercial (INIAP 2014).

El calcio al igual que el potasio, tiene un efecto beneficioso sobre la salud de las plantas y reduce la incidencia de la enfermedad mancha de hierro (Ali 2017).

Además, algunos estudios han demostrado el uso del silicio para controlar la la enfermedad mancha de hierro, el mecanismo por el cual el silicio proporciona resistencia a una determinada enfermedad puede ser la acumulación de este elemento en las paredes celulares de la epidermis y el estrato córneo, la acumulación de patógenos en el cuerpo. la epidermis y el estrato córneo, así como la penetración de patógenos en el sitio (barrera natural) o la activación de barreras fitoquímicas y bioquímicas (Souza 2019).

Como medida general de control de la enfermedad mancha de hierro, es importante evitar deficiencias y desequilibrios nutricionales, ya que la nutrición tiene una gran influencia en el desarrollo de la enfermedad. Por lo tanto, una planificación adecuada y equilibrada de los fertilizantes y el seguimiento del análisis de las hojas son esenciales; es necesario prestar atención a la proporción de nutrientes, especialmente calcio y potasio (Alvarado 2017).

El aporte de materia orgánica también es suficiente para asegurar mejores condiciones nutricionales durante la preparación de plántulas en viveros y campos;

a la hora de plantar, además de evitar la siembra tardía, es importante preparar completamente el suelo para evitar la compactación y afectar la absorción de nutrientes por las raíces (Arteaga 2020).

En un estudio evaluando el efecto de la aplicación de silicio en tres cultivares (Catuaí, Mundo Novo e Icatú) para el control de la enfermedad mancha de hierro, observaron una reducción del 63,2 % en las hojas dañadas en los cultivares de Catuaí que incorporaron silicio al sustrato, las manchas de lesión se redujeron en un 43 % en comparación con las plantas de control (Avelino et al 2019).

En un estudio se observaron que la aplicación de silicatos de calcio y magnesio al suelo redujo la enfermedad mancha de hierro en plántulas inoculadas con el patógeno (Samayoa y Sánchez 2018).

2.1.4.3. Control químico en almácigos

Soto (2017) manifiesta que muchos productores cafetaleros no utilizan galpones ni cantidades adecuadas de material orgánico al preparar el vivero, lo que favorece la presencia de la enfermedad; para evitar el problema de la resistencia del hongo *C. coffeicola* cuando se usan repetidamente fungicidas sistémicos, se recomienda usar fungicidas protectores mezclados con la aplicación, mediante un cronograma de aplicación que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosis y frecuencias de aplicación de fungicidas para el control de mancha de hierro

Ingrediente activo	Concentración	Frecuencia de aplicación
Triadimefon	1 cc/litro	Quincenal
Flusilazol	1 cc/litro	Quincenal
Cyproconazol	1 cc/litro	Mensual

2.1.4.4. Control químico en plantaciones establecidas

El control de la enfermedad mancha de hierro a nivel de plantaciones se puede realizar aplicando los siguientes fungicidas: Antracol (Propineb) y Manzate (Mancozeb) en dosis de 2 kg/has, Dithane M-45 (Mancozeb 80 %) en dosis de 4 g por litro de agua y Zinc en dosis de 300 g/100 L de agua (Olortegui 2018).

La forma más empleada para realizar el manejo de la enfermedad mancha de hierro es el uso de fungicidas tales como: Difolatan en dosis de 2,5 g por litro de agua, Clorotalonil en dosis de 1.5 L/ha, Benomyl en dosis de 0.25 a 0.4 kg/has, Hidróxido de Cobre, y Cyproconazol (Fernández 2018).

En referencia al control químico es importante estar atento a las condiciones ambientales favorables para poder realizar las aplicaciones, monitoreando el cultivo y sus condiciones; siendo los fungicidas mas utilizados los siguientes: Estrobirulina, Triazoles, Benzimidazol, Isoftalonitrilo y Ditiocarbamato (Villacres 2019).

Siempre se enfatiza la importancia de cambiar los ingredientes activos, especialmente el hidróxido de cobre y el oxiclورو de cobre en dosis de 3 kg de producto comercial por hectárea, que ayudan a prevenir la enfermedad mancha de hierro en plantas de café (Benavides et al 2019).

Se recomienda no utilizar algunos tipos de triazoles, como econazol, fluconazol y ciconazol, porque pueden causar fitotoxicidad; en estos casos se utilizan con mayor frecuencia estrobilurinas, fungicidas de cobre (hidróxido de cobre y oxiclورو de cobre) y bencimidazoles (metiltiofanato) (Rojas 2020).

2.1.4.5. Control biológico

Para el control de la enfermedad mancha de hierro en plantas de café se puede aplicar un biofungicida a base *Trichoderma harzianum* en dosis de 1.5 L/has, el mismo que puede actuar de forma eficaz mejorando la sanidad de las plantas, disminuyendo en mayor proporción el grado de severidad de *C. coffeicola*, logrando plantas vigorosas (Sandoz 2017).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

2.2.1. MÉTODO:

El presente documento investigativo como componente práctico, se realizó a través de la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales.

Cabe resaltar que toda la información que se obtuvo fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el único objetivo de instaurar la información específica en correspondencia al proyecto, que lleva por temática “Manejo integrado de mancha de hierro (*C. coffeicola*), en el cultivo de café (*C. arabica*) en Ecuador”, destacando su importancia y fundamentos generales para el consentimiento académico y social del lector.

2.2.2. METODOLOGÍA:

De acuerdo a las técnicas de investigación, la metodología que se empleó en este trabajo es de tipo exploratoria y explicativa. Exploratoria porque se centra en documentos ya existentes de donde se recopiló toda la información y contenido del caso de estudio. Explicativa puesto que se detalló la relación que existe entre las variables de estudios que forman parte de la investigación.

2.3. RESULTADOS

La enfermedad mancha de hierro es causada por el hongo *C. coffeicola*, es considerada una enfermedad de importancia económica que afecta al cultivo de café, que genera daños a la planta en diversas etapas, desde el vivero hasta las plantaciones establecidas; los daños más graves ocurren en el fruto, pero también afecta a las hojas y ramas.

Los síntomas suelen aparecer sobre semilleros o almácigos con poca sombra y sustratos sin materia orgánica añadida. La enfermedad puede ocurrir en cualquier etapa del desarrollo de la planta, pero es más destructiva para las plántulas; se presentan manchas redondas u ovaladas con un tamaño de 6 a 13 mm de diámetro que comienza con manchas amarillas visibles en los bordes de las hojas y crece en un patrón circular a medida que avanza la enfermedad; estas manchas son negras cuando son jóvenes, pero cuando las estructuras del hongo caen, se vuelven rosados y secos

El desarrollo de la enfermedad comienza con las primeras lluvias, reanudación de la esporulación, daño residual en las hojas más viejas, exposición total del cafeto al sol, estrés nutricional de la planta, alta humedad relativa (>80 %), altas precipitaciones y las temperaturas entre 20°C y 26°C son condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Existen medidas de control para reducir la incidencia de la enfermedad mancha de hierro, en la cual se pueden integrar el control cultural, control biológico y control químico.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Establecer cafetos vigorosos con un buen sistema radicular y sombra adecuada; establecer una densidad de siembra adecuada; realizar control de malezas oportunamente; preparar el suelo para almácigos con abundante materia orgánica; rociar el semillero con estiércol, cola de caballo u otras hojas ricas en nitrógeno es lo que recomienda López y Borrero (2019); por otro lado (Hernández 2021) sugiere manejar de forma adecuada la parte nutricional del cultivo; recomendando podar los cafetos según sea necesario para mejorar la ventilación y reducir la humedad ambiental; para posterior aplicar fungicidas tales como: estrobilurinas, fungicidas de cobre (hidróxido de cobre y oxiclورو de cobre) y bencimidazoles (metiltiofanato) que ayudan a prevenir y controlar la enfermedad mancha de hierro en los almácigos y plantaciones establecidas de café. Finalmente, en esta investigación se determino la importancia del manejo integrado de la enfermedad mancha de hierro, que está basada especialmente en el manejo cultural, el control biológico y en últimas instancias por el control químico, en la cual se sugiere aplicar diferentes estrategias para reducir la persistencia del hongo *C. coffeicola*.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Por lo anteriormente se concluye lo siguiente:

- Es un hongo muy extendido en todas las regiones cafetaleras del mundo, causando mayores daños en zonas bajas y cafetales con poca sombra; los ataques severos afectan el proceso de despulpado del grano, endureciendo el exocarpio; su único huésped es el café.
- En algunas regiones del Ecuador, la enfermedad ha afectado a casi el 50 % de la superficie cafetalera, provocando una pérdida de rendimiento de alrededor del 15 %; dado que *C. coffeicola* prospera en un ambiente constantemente cálido y húmedo.
- Los síntomas en las hojas son manchas redondas u ovaladas con un tamaño de 6 a 13 mm de diámetro de color amarillo, en las ramas se dan en las partes blandas, aparecen manchas grises que se extienden varios centímetros, en los frutos son redondas, hundidas y de diversos tamaños.
- El principal daño causado por la mancha de hierro es la defoliación, que reduce en gran medida el área fotosintética de las plantas y reduce el crecimiento de las mismas y por ende el rendimiento.
- Es importante establecer cafetos vigorosos con un buen sistema radicular y sombra adecuada; se recomienda podar los cafetos según sea necesario para mejorar la ventilación y reducir la humedad ambiental.
- Se debe utilizar con mayor frecuencia estrobilurinas, fungicidas de cobre (hidróxido de cobre y oxiclورو de cobre) y bencimidazoles (metiltiofanato) para el control de la enfermedad mancha de hierro, además de esto, es importante evitar deficiencias y desequilibrios nutricionales.

3.2. RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

- Realizar podas a los árboles al menos una vez al año al finalizar la época de producción.
- Emplear fungicidas cuyo ingrediente activo sean: el hidróxido de cobre o el oxiclورو de cobre en dosis de 3 kg de producto comercial por hectárea, ambos se recomiendan aplicar previo a la etapa de floración.
- Ejecutar una eficiente nutrición vegetal con productos como el silicato de calcio en dosis de 4 a 6 sacos de 40 kg por hectárea, 2 a 3 veces durante la época lluviosa en plantaciones establecidas.
- Establecer métodos de divulgación para que los productores de café, tengan conocimientos sobre el manejo integrado de la enfermedad mancha de hierro en el cultivo de café.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS

- Ali, G. 2017. Ocurrencia de *Cercospora coffeicola* y *Hemileia vastatrix* en progenies de big coffee vl (*Coffea arabica*). Tesis Ing. Agr. Lavras. Brasil. UFLA. 54 p.
- Alvarado, J. 2017. Enfermedades del cafeto. Revista Cafetal 7(3): 162-177.
- Avelino, J., Willocquet, L., Savary, S. 2019. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. Plant Pathology 53(12): 541-547.
- Arcila, J., Farfán, F. 2018. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca. Sistemas de producción de café en Colombia. 32 p.
- Arcila, J. 2019. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. Sistemas de producción de café. Colombia. 40 p.
- Arteaga, S. 2020. Eficacia de dos productos a base de trichoderma, en tres dosis de aplicación para el control de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), en plantas de café (*Coffea canephora*) variedad robusta a nivel de vivero en el cantón francisco de orellana provincia de orellana. Tesis Ing. Agr. Riobamba. Ecuador. ESPC. 108 p.
- Bastita, L. 2018. Enfermedades del cultivo del café. Componente de República Dominicana del Programa Centroamericano para la Gestión Integrada del Café (PROCAGICA-RD). Unión Europea ISA – IICA. 54 p.
- Benavides, M., Góngora, C., Acila, E. 2019. Manejo integrado de plagas. In: Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná. Cenicafe 3: 1-9.
- Bautista, D. 2019. Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* cv. ICA Cerinza. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 11(1): 122-132.
- Buitrago, J. 2019. Estudio de esporulación in vitro de *Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke. Tesis Ing. Agr. Manizales. Colombia. UC. 78 p.

- Castillo, N. 2019. Control químico de *Cercospora coffeicola* agente causal de la mancha de hierro en viveros de café (*Coffea arabica* L.). Tesis Ing. Agr. Nicaragua. INTA. 58 p.
- Castaño, J. 2019. Mancha de hierro del cafeto. CENICAFE 7(82): 313-327.
- Calle, C. 2019. Mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berkeley y Cooke. Fitopatología y Ciencias Afines 8(4): 1-8.
- CEFA. 2020. Cadena de valor del Café (en línea). Consultado el 04 sept. 2023. Disponible en: <https://cefaecuador.org/productos/cafe/>
- Colonia, L. 2019. Guía Técnica Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Café. Perú. UNALM. 54 p.
- Castro, A., Serna, C., Rivillas. 2019. Bionutrición. Una alternativa para la producción sostenible de café. Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia. 12 p.
- Donoso, G. 2018. Comportamiento Agronómico de ocho cultivares de café arábigo en los cantones 24 de Mayo y Pajan de la Provincia de Manabí. Tesis Ing. Agr. Manabí. Ecuador. UTM. 89 p.
- Duicela, L. 2019. Guía técnica para la producción y pos cosecha del café arábigo. Primera Edición. Portoviejo, Ecuador. 119 p.
- Delgado, P., Larco, A., García, C., Alcívar, R., Chilan, W., Patiño, M. 2018. Café en Ecuador: Manejo de la Broca del Fruto (*Hypothenemus hampei* Ferrari). ANECAFE. Manta, Ecuador. 77 p.
- Fernández, V. 2018. Principales enfermedades del café (*Coffea arabica*). Agroproductividad 12(5): 1-6.
- Gualotuña, C. 2019. Adaptación de dos variedades de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) con tres distancias de plantación. Tesis Ing. Agr. Quito. Ecuador. UCE. 120 p.
- Galeano, J. 2020. Evaluación de alternativas de manejo para la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cook) en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) En fincas de los departamentos de Granada, Masaya y Carazo. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, UNA. 68 p.

- Hernández, A. 2021. Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en café. *Fitopatología* 8(5): 36-48.
- Homero, R., Leguizamón, C., Riaño, N. 2019. Algunos aspectos biológicos de *Cercospora coffeicola*. *Cenicafe* 53(3): 169-177.
- Holguín, G. 2019. Comportamiento morfológico del café (*Coffea arábica* L.) sarchimor 4260 en etapa de crecimiento con fertilizantes químicos y orgánicos. Tesis Ing. Agr. Manabí. Ecuador. UTM. 96 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2018. Establecimiento del cultivo de café. Quito. Ecuador. 35 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2014. Café arábigo. Nutrición y manejo agronómico (en línea). Consultado el 04 sept. 2023. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcafea>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2019. Manual del cultivo de café. Quevedo, Ecuador. 256 p.
- Jordán, B. 2022. Análisis de la producción y de las oportunidades comerciales del café ecuatoriano y sus elaborados a nivel internacional. Tesis Econ. Machala. Ecuador. UTM. 26 p.
- Montes, R., Patiño, O., Cadena, R. 2019. Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento del cauca. *Revista Bio Agro* 10(1): 98-108.
- Marín, G. 2019. Producción de cafés especiales. Manual Técnico. Programa Selva Central. Lima. Perú. DESCO. 45 p.
- Montero, A. 2017. Rendimientos de café grano seco en el Ecuador 2017. Quito. Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ecuador. 33 p.
- Lince, L., Sadeghian, S. 2019. Producción de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta al manejo específico de la fertilidad del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 6(2): 1-12.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1993. Manual del cultivo del café (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Quevedo, Ecuador.

- Lovo, R. 2020. Determinación de un plan de fertilización para el cultivo de café (*Coffea arabica*), basado en el levantamiento y análisis de suelos de la finca La Soledad. Tesis Ing. Agr. Zamorano. EAPZ. 36 p.
- López, D., Borrero, F. 2019. Epidemiología de la mancha de hierro del cafeto *Cercospora coffeicola* Berk y Cook. *Cenicafe* 20(1): 9 p.
- Leguizamon, C. 2021. Variabilidad de aislamientos de *Cercospora coffeicola* Berk. y Br. agente causal de la mancha de hierro del café. In: Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. Resúmenes. Bogotá. 64 p.
- Leguizamón, C. 2020. La mancha de hierro del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafe* 246: 1-8.
- Olortegui, T. 2018. Guía Técnica sobre el Manejo integrado de plagas en café. UNALM. 32 p.
- Peloso, M., Fernández, C., Filgueiras, A., Chávez, G. 2018. Esporulación de *Cercospora coffeicola* em diferentes métodos de control. *Fitopatología Brasileira* 14(1): 41-44.
- Pozza, A., Prieto, H., Caixeta, S., Cardoso, A., Zambollim, L., Pozza, E. 2019. Influence da nutrição mineral na intensidade da manchde-olho-pardo em mudas de cafeeiro. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36(1): 39-42.
- Ramírez, D. 2020. Mancha de hierro *Mycosphaerella coffeicola* (Cooke) J. A Stevens y Wellman. SENASICA – SAGARPA. 8 p.
- Rojas, S. 2020. Proyecto “Mejoramiento de la productividad del cultivo de café de las organizaciones socias de CEPICAFE, en la sierra de Piura. Manejo fitosanitario en el cultivo de café. 36 p.
- Rengifo, G. 2019. Efecto del suministro de nutrimentos sobre la incidencia y severidad de la Mancha de Hierro, *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke en plantas de almácigo de café *Coffea arabica* L. Palmira. Tesis Ing. Agr. Colombia. *Cenicafe*. 85 p.
- Ramírez, J. 2019. Guía Técnica para el Cultivo del Café. Primera Edición. Heredia. 72 p.

- Sandoz, B. 2017. Control químico de la mancha de hierro en almácigos de café. *Cenicafe* 12(6): 1-8.
- Souza, A. 2019. Infection process of *Cercospora coffeicola* on coffee leaf. *Journal of Phytopathology* 159: 6-11.
- Sánchez, A., Vallas, T. 2019. Importancia del cultivo de café en el Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 4 p.
- Samayoa, J., Sánchez, V. 2018. Importancia de la sombra en la incidencia de enfermedades en café orgánico y convencional en Paraíso, Costa Rica. *Agroforestry en las Américas* 7(26): 34-36.
- Silva, K. 2022. Cultivo de café: cómo es, proceso y factores que influyen. *Agrotendencia* 12(3): 1-10.
- Saona, K. 2021. Estudio de la producción y comercialización del cultivo de café (*Coffea* spp.) en el Ecuador, en los últimos veinte años. Tesis Ing. Agrop. Babahoyo, Ecuador, UTB. 23 p.
- Soto, C. 2017. Evaluación de fungicidas para el combate de *Mycena citricolor* y *Cercospora coffeicola* en café. *Agronomía Costa Rica* 4(1): 41-45.
- Sotomayor, I., Duicela, L. 2019. Control Integrado de las principales Enfermedades Foliaves del Cafeto en el Ecuador. INIAP, Ecuador. 66 p.
- Sánchez, J. 2020. Evaluación del rendimiento productivo de cinco clones de Café Robusta (*Coffea canephora*) en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), Arosemena Tola. Tesis Ing. Agrop. Ecuador. UEA. 56 p.
- Villacreses, I. 2019. Estudio de las enfermedades que afectan a la producción del cultivo de café arábigo (*Coffea arábica*). Tesis Ing. Agr. Manabí. Ecuador. UNESUM. 131 p.
- Yaraecuador. 2021. La producción global del café. Consultado 06 jul. 2023. Disponible en <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/cafe/produccion-global/>
- Zapata, O., Espinoza, K. Melena, N., Moncayo, J. 2019. Caracterización agromorfológica de nueve variedades de café arábigo (*Coffea arábica* L.) en

el cantón Caluma, provincia de Bolívar. Revista de Investigación Talentos II
4(2): 46-51.

4.2. ANEXOS



Figura 1. Lesión típica de mancha de hierro bien definida y la presencia del halo amarillo.



Figura 2. Lesiones de mancha de hierro bien en las ramas del café.



Figura 3. Síntomas de *C. coffeicola* en fruto, provocando necrosamiento del tejido y maduración prematura.



Figura 4. Defoliación severa de *C. coffeicola* en plantas de café.



Figura 5. Defoliación severa causada por mancha de hierro bien en almácigos de café, sin ningún adecuado manejo de la enfermedad