



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

CARRERA DE AGRONEGOCIOS

Impacto de enfermedades de relevancia económicas en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y estrategias de prevención

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

LICENCIADA EN AGRONEGOCIOS

Autora: Encalada Medina, Allison Yamileth

Directora: Rojas Rojas, Jacqueline Elizabeth

LOJA

2024



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2024

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular

Loja, 01 de octubre del 2024

Magíster

Nathalie Isabel Aguirre Padilla

**Directora de la carrera de Agronegocios
Ciudad. -**

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Integración Curricular denominado: Impacto de enfermedades de relevancia económicas en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y estrategias de prevención realizado por Allison Yamileth Encalada Medina ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Directora: Jacqueline Elizabeth Rojas Rojas, PhD

C.I.: 1103527055

Correo electrónico: jerojasx@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Allison Yamileth Encalada Medina, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado Impacto de enfermedades de relevancia económicas en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y estrategias de prevención, de la carrera de Agronegocios, específicamente de los contenidos comprendidos en: capítulo uno revisión bibliográfica, capítulo dos materiales y métodos, capítulo tres resultados y discusión, siendo Jacqueline Elizabeth Rojas Rojas, directora del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”, en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Autor: Allison Yamileth Encalada Medina

C.I.: 0705429868

Correo electrónico: allisonencalada2@gmail.com

Dedicatoria

A Dios, por guiarme en esta etapa importante de mi vida que me permite cumplir una de mis grandes metas, sobre todo por darme la fuerza necesaria para enfrentar cada obstáculo para seguir adelante con este sueño.

A mi abuelita, por siempre estar conmigo en cada una de mis etapas y guiarme por el camino del bien, orando y velando por mi bienestar todos los días para cumplir con mis sueños y anhelos.

A mis padres, que me han apoyado en cada etapa de esta carrera y el gran sacrificio que han hecho para que pueda seguir adelante con mis estudios y cumplir con el sueño de ser una profesional.

A mi familia, tíos y tías que me han acompañado en este largo proceso y me han apoyado en lo necesario motivándome y orientándome siempre para cumplir con cada deber que se me ha presentado.

A mi enamorado, gracias por darme la fuerza necesaria para no rendirme ante cualquier dificultad que se me ha presentado. Por el apoyo que me has brindado en cada momento y no dejarme sola nunca a pesar de tantos momentos difíciles.

Agradecimiento

El presente artículo académico le agradezco a Dios por darme la sabiduría necesaria para cumplir a cabalidad este proceso y obtener mi título profesional cumpliendo una de mis metas.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, por darme las herramientas necesarias para culminar con éxito esta etapa profesional.

A mis profesores de toda la carrera que durante toda mi carrera profesional me han ayudado y apoyado con todos sus conocimientos, más que maestros han sido los mejores amigos y cada clase que impartían lo hacían con una gran vocación. Gracias a estos grandes profesionales que me han acompañado, puedo decir que escogí la carrera de mis sueños y ellos han permitido que la culmine con éxito.

Índice de contenido

| | |
|---|-----|
| Carátula..... | I |
| Aprobación de la directora del Trabajo de integración Curricular..... | II |
| Declaración de autoría y cesión de derechos..... | III |
| Dedicatoria..... | IV |
| Agradecimiento..... | V |
| Índice de contenido..... | VI |
| Resumen..... | 1 |
| Abstract..... | 2 |
| Introducción | 3 |
| Capítulo uno | 5 |
| Materiales y métodos..... | 5 |
| 1.1 Área de estudio..... | 5 |
| 1.2 Metodología | 5 |
| Capítulo dos | 6 |
| Resultados..... | 6 |
| 2.1 Principales enfermedades que atacan el cultivo de maíz | 6 |
| 2.1.1 <i>Mancha foliar por Curvularia (Curvularia lunata)</i> | 6 |
| 2.1.2 <i>Mancha de asfalto (Phyllochora maydis)</i> | 6 |
| 2.1.3 <i>Roya común (Puccinia sorghi)</i> | 6 |
| 2.1.4 <i>Tizón foliar (Helminthosporium turcicum)</i> | 7 |
| 2.1.5 <i>Cinta roja (Spiroplasma kunkellii)</i> | 7 |
| 2.2 Análisis del impacto económico de las enfermedades | 7 |
| 2.3 Análisis de datos..... | 8 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4 Eficacia de las estrategias de prevención | 9 |
| Capítulo tres | 11 |
| Discusión..... | 11 |
| Conclusiones | 15 |
| Referencias..... | 17 |
| Apéndice..... | 22 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1 Frecuencias relativas y acumuladas | 9 |
| Tabla 2 Incidencia de Cinta roja..... | 9 |
| Tabla 3 Efecto de tratamiento fungicida sobre el índice de enfermedades y el rendimiento de grano..... | 10 |
| Tabla 4 Efecto de tratamiento fungicida sobre el rendimiento el maíz..... | 10 |
| Tabla 5 Efecto de tratamiento fungicida sobre el rendimiento el maíz..... | 11 |

Resumen

El presente artículo académico denominado “Impacto de enfermedades de relevancia económicas en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y estrategias de prevención”, se llevó a cabo con una revisión bibliográfica a profundidad para destacar aquellas principales enfermedades que afectan económicamente al cultivo del maíz y en base a ello investigar las mejores estrategias de prevención que cause de una u otra forma un menor impacto y a su vez poder aplicarlas. Existen una variedad de enfermedades que afectan al cultivo de maíz, pero en el Ecuador se destacan principalmente 5 enfermedades que son de gran relevancia económica a la producción de maíz, siendo esta la principal consecuencia de causar daños económicos y generar grandes pérdidas en toda la superficie cultivada. Sin embargo, las estrategias de prevención son consideradas una opción viable para disminuir el impacto negativo que causan estas enfermedades al cultivo del maíz, y por ello hemos considerado las mejores estrategias a aplicarlas.

Palabras clave: enfermedades, maíz, económica.

Abstract

This academic article called "Impact of diseases of economic relevance in the cultivation of corn (*Zea mays* L.) and prevention strategies", was carried out with an in-depth bibliographic review to highlight those main diseases that economically affect the cultivation of corn. and based on this, investigate the best prevention strategies that cause in one way or another a lesser impact and at the same time be able to apply them. There are a variety of diseases that affect corn cultivation, but in Ecuador, 5 diseases mainly stand out that are of great economic relevance to corn production, this being the main consequence of causing economic damage and generating large losses throughout the surface. cultivated. However, prevention strategies are considered a viable option to reduce the negative impact that these diseases cause on corn crops, and therefore we have considered the best strategies to apply them.

Keywords: diseases, corn, economic.

Introducción

El maíz (*Zea mays L.*) es una especie originaria de México, con múltiples utilidades dentro de la actividad humana. Su historia como cultivo se remonta a unos 10.000 años atrás, momento en el que fue domesticado. En la actualidad, es el cereal más cultivado a nivel mundial, del cual alrededor del 65% de su producción se destina a la alimentación animal, ya sea directamente o como parte de alimento procesado (Leonhardt, 2019). A lo largo de América (especialmente en el centro y en el sur) el cultivo de maíz se ha expandido a tal punto que se han desarrollado variedades propias y autóctonas en cada país en el tiempo y en el espacio. Hecho que nos pudiera llevar a concluir que el maíz es una especie nativa en nuestros países (López, 2004). Su dispersión hacia América del Sur ocurrió a través de la actual República del Ecuador, generándose un centro de diversidad secundario en Perú-Bolivia. De esta manera, se distinguen dos centros de diversidad del maíz; uno localizado en el Centro de Origen que abarca Guatemala, Venezuela, América Central y sur de Estados Unidos y otro ubicado en Perú-Bolivia que da origen a los materiales que están presentes actualmente en Ecuador, Chile, Paraguay, Argentina y Brasil (Defacio, 2009).

La producción de maíz requiere de adecuadas prácticas de manejo agronómico; en las que sobresalen, el uso de semilla de calidad; un efectivo manejo de nutrientes y un eficiente control de plagas y enfermedades que garanticen una buena producción y productividad, y un retorno económico significativo en función de la inversión realizada en el cultivo (Villavicencio, 2014).

En agricultura se entiende como MIP o Manejo Integrado de Plagas a una estrategia que usa diversos métodos complementarios: físicos, mecánicos, químicos, biológicos, genéticos, legales y culturales para el control de plagas. Estos métodos se aplican en tres etapas: prevención, observación y aplicación. Es un método ecológico que aspira a reducir o eliminar el uso de plaguicidas y de minimizar el impacto al medio ambiente. Se habla también de manejo ecológico de plagas (MEP) y de manejo natural de plagas (Jara, 2014). Este trabajo está conformado por tres capítulos, en el primero se hace una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la sanidad del cultivo, enfocado en las enfermedades que se presentan en el cultivo tanto en la producción como: Mancha foliar por *Curvularia*, Mancha de asfalto, Roya común,

Tizón foliar y Cinta roja. En el segundo se detalla la metodología que se utilizó para la elaboración de este artículo y el tercero consta del capítulo donde se describe los resultados obtenidos de la búsqueda bibliográfica y el análisis y discusión del mismo.

El propósito del presente trabajo es realizar una búsqueda exhaustiva de información acerca de las enfermedades del cultivo de maíz, el impacto económico de estas, así como presentar una propuesta con las mejores estrategias de manejo de estas. Al realizar este trabajo de investigación tiene como propósito identificar el impacto de las enfermedades en el cultivo de maíz que afectan principalmente a la relevancia económica del mismo, siendo este un producto básico en el país.

El impacto de este trabajo aporta a la sociedad e institución conocimientos y resultados de una profunda investigación, así mismo permite el desarrollo de la sociedad para que estos conocimientos sean aplicados de una manera más segura, sobre todo cuando se trata de un tema como este que genera un impacto positivo.

El objetivo de este artículo académico es establecer y analizar estrategias que permitan reducir las pérdidas económicas causadas por las enfermedades en el cultivo de maíz mejorando la sanidad vegetal en el sector agrícola, a través de una exhaustiva revisión de literatura científica para evaluar el impacto económico de estas enfermedades.

Capítulo uno

Materiales y métodos

1.1 Área de estudio

Este estudio se desarrolla en base a la zona sur del Ecuador en la provincia de Loja, la cual es catalogada como una provincia agrícola dedicada a la producción de maíz duro con grandes extensiones de cultivo de maíz. Los cantones de Celica, Pindal y Zapotillo son los mayores productores de maíz por sus condiciones óptimas para la producción y su alto rendimiento. El principal problema que enfrentan los productores de esta zona es la existencia de enfermedades foliares que afectan económicamente la productividad y rendimiento.

1.2 Metodología

La metodología implicó una búsqueda sistemática de literatura, extracción de datos y síntesis para evaluar y describir con un enfoque sistemático la literatura relevante, la misma que incluyó: bases de datos académicas, términos de búsqueda y cualquier criterio de inclusión/exclusión para seleccionar artículos.

Se realizó la extracción y síntesis de datos de los artículos seleccionados, y resultados de tesis que permitió categorizar y clasificar la calidad de la literatura, así como el análisis de los resultados, discusiones y conclusiones. A partir de la información recopilada se organizó y redactó cada capítulo del artículo.

La revisión de la literatura es de carácter científico de revistas de alto impacto que permitió actualizar la información con los últimos reportes de las enfermedades identificadas para el cultivo del maíz.

Aunque los artículos de revisión no siempre incluyen experimentos propios, es esencial describir cómo se seleccionaron y analizaron los estudios revisados. La base de datos que se consideró para la revisión bibliográfica es; Scielo, Redalyc, Elsevier y Dialnet, las cuales nos proveen de gran información académica de proyectos de investigación dados.

Capítulo dos

Resultados

2.1 Principales enfermedades que atacan el cultivo de maíz

Según Casa (2004), los daños asociados a las enfermedades foliares son consecuencia del mal funcionamiento y destrucción de los tejidos fotosintéticos debido al aumento del número de lesiones, que pueden determinar la necrosis de toda la hoja.

2.1.1 *Mancha foliar por Curvularia (Curvularia lunata)*

Estos hongos producen manchas pequeñas cloróticas o necróticas con un halo de color claro (apéndice 1). El diámetro de las lesiones, cuando están completamente desarrolladas es de aproximadamente 0.5 cm. La enfermedad está generalizada en las zonas maiceras cálidas y húmedas, donde puede causar daños considerables a los cultivos. (CIMMYT, 2004). Malaguti G., (1971) afirman que esta enfermedad no produce secamiento o quemazón del follaje debido a que este hongo no produce toxinas que se difundan y necrosen los tejidos.

2.1.2 *Mancha de asfalto (Phyllochora maydis)*

Esta enfermedad se presenta en zonas relativamente frescas y húmedas de los trópicos, similares a aquellas en las que es común el tizón de la hoja causado por *Turcicum*. Primeramente, se producen manchas brillantes y ligeramente abultadas de color negro (apéndice 2). En una etapa posterior se desarrollan áreas necróticas en el tejido foliar (CIMMYT, 2004). Es una enfermedad muy agresiva que sobrevive en los residuos de cosecha, con alta presión de la enfermedad, el secamiento puede darse en muy pocos días. Sin manejo oportuno se afecta sustancialmente la calidad de grano y el rendimiento (Rodríguez, 2022).

2.1.3 *Roya común (Puccinia sorghi)*

El maíz es afectado por varias especies de royas, siendo la más frecuentes la roya común. Se manifiesta principalmente en las hojas, aunque puede afectar el tallo y la envoltura de la mazorca. Se presenta en forma de pústulas circulares o elongadas de color pardo o amarillentas, esparcidas sobre las hojas y cuando esporulan se tornan de color café, rojizo casi negras. Las pústulas son erupentes en su fase final y emiten un polvillo de color ladrillo

o café (apéndice 3). La infección generalmente se inicia en las hojas bajas (Varón de Agudelo, 2007). Considerada una enfermedad de importancia media, pero en temporadas secas y cálidas es frecuente (Rodríguez, 2022). La roya común del maíz causada por *Puccinia sorghi* es un parásito obligado del maíz. Su distribución es a nivel mundial, desde la región templada hasta la subtropical y tropical. *P. sorghi* puede reducir drásticamente los rendimientos del maíz dulce y del maíz de campo (Russell, 1965).

2.1.4 Tizón foliar (*Helminthosporium turcicum*)

Uno de los primeros síntomas consiste en la aparición de manchas pequeñas, ligeramente ovaladas y acuosas que se producen en las hojas y que son fácilmente reconocibles. Estas lesiones se transforman luego en zonas necróticas alargadas y ahusadas, que se manifiestan primeramente en las hojas más bajas y cuyo número aumenta a medida que se desarrolla la planta. Se puede llegar a producir la quemadura total del follaje (apéndice 4) (CIMMYT, 2004). El patógeno que causa la enfermedad sobrevive en los residuos de la cosecha. Si la enfermedad se presenta de manera temprana, puede reducir significativamente el rendimiento (Rodríguez, 2022).

2.1.5 Cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*)

La enfermedad se caracteriza por presentar dos síntomas muy bien definidos. El síntoma más común observado en la zona central del litoral ecuatoriano se caracteriza porque las hojas de los tercios medio superior de la planta adquieren un tono rojo violáceo y amarillento en los bordes. Otro tipo de síntoma es un enanismo general de la planta por la presencia de un severo acortamiento de los entrenudos y ocasionalmente se nota una proliferación de mazorcas pequeñas (Estrada, 2021). La enfermedad es transmitida por chicharritas de la especie de los cicadélidos *Dalbulus maidis*, *D. elimatus* y de otras especies menos importantes (CIMMYT, 2004).

2.2 Análisis del impacto económico de las enfermedades

Mancha foliar por curvularia (*Curvularia lunata*) Reis (2004), menciona que esta enfermedad puede causar daños significativos. La incidencia combinada de este patógeno con otros puede reducir la capacidad de fotosíntesis de la planta, afectando en consecuencia al rendimiento. Es necesario realizar más investigación sobre la incidencia de enfermedades

foliares durante el llenado del grano y su efecto en el rendimiento del cultivo (Castaño, 1994).

Mancha de asfalto (*Phyllochora maydis*), la mancha de asfalto (*P. maydis*) es un hongo patógeno obligado en el maíz que disminuye el rendimiento entre el 11 y 46% en América Latina (Hock, 1989). Esta enfermedad puede causar pérdidas hasta del 100% (Martínez, 2014).

Tizón foliar (*Helminthosporium turcicum*) Cuando los ataques severos del hongo coinciden con la época de florecencia del maíz, los daños económicos son muy significativos.

Roya común (*Puccinia Sorghi*), la enfermedad es responsable del rendimiento del maíz, reduciendo aproximadamente el 6% por cada 10% de severidad de roya según (Pataky, 1987). Los principales factores que interactúan para influir en la incidencia y severidad de la roya común son la cantidad de esporas de *P. sorghi* disponibles para iniciar las infecciones, las condiciones climáticas predominantes, el grado de susceptibilidad a la roya en los híbridos del maíz y la etapa de crecimiento del cultivo (Dillard, 1990).

Cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*), la *S. kunkellii* denominado usualmente Corn stunt Spiroplasma (CSS), es el componente del complejo con mayor incidencia en nuestro país. La falta de asesoramiento técnico a los agricultores, por parte de las autoridades pertinentes del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), limita el control de esta enfermedad, aumentando las pérdidas, mayor inversión en productos, químicos mala utilización de los pesticidas, bajo rendimiento por hectárea del cultivo, menores ingresos.

2.3 Análisis de datos

La incidencia nos permite evaluar el número de plantas afectadas por la enfermedad (Ríos, 2006). Para la FAO (1985) tanto la incidencia como la severidad permiten evaluar una enfermedad; pero cuantificar de manera precisa del área enferma (severidad), no siempre es una tarea fácil y barata. Por lo general, todas las enfermedades causan una reducción de la producción, o sea, una pérdida que ha sido calculada para el cultivo del maíz, en un 10 o 15% de la producción teórica o potencial, la cual se obtendría si la siembra estuviese totalmente libre de adversidades.

La evaluación de la pérdida o del daño económico causado por una enfermedad, en determinadas condiciones ambientales y agronómicas del cultivo, es de suma utilidad para

establecer su importancia y su umbral económico, o sea, el límite hasta el cual la "cantidad" de la enfermedad y el daño que causa es tolerable, por ser el valor de esa pérdida inferior al gasto que representaría una eventual medida de combate o control (Malaguti G., 2000).

Manchas foliares

En la tabla 1, se observa los grados de severidad de las enfermedades foliares de origen fúngico y sus frecuencias relativas y acumuladas en 5790 plantas de maíz. En este problema fitosanitario se presenta con grados del 1 a 3 un grado de severidad del 79%, que va de cero infecciones a una infección moderada. Por otro lado, los grados 4 y 5 representa un 21% con infecciones severas con gran incidencia en las plantas evaluadas.

Tabla 1

Frecuencias relativas y acumuladas de las enfermedades asociadas a las manchas foliares en las provincias de la costa ecuatoriana

| Grado | Provincias | | |
|-------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Frecuencia de incidencia | Frecuencia relativa % | Frecuencia acumulada % |
| 1 | 988 | 17 | 17% |
| 2 | 1724 | 33 | 50% |
| 3 | 1799 | 29 | 79% |
| 4 | 998 | 18 | 97% |
| 5 | 281 | 3 | 100% |
| n | 5790 | 100 | |

Nota. Adaptado de Estimación de la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí, por E. Zambrano, 2016, INIAP. **Cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*)**

El total de plantas evaluadas fue de 5800, la cual se reportó que solo 164 plantas resultaron con daño representando un 2% de incidencia de esta enfermedad. Este problema fitosanitario no representa importancia económica, debido a que su incidencia es en menor grado.

Tabla 2

*Incidencia de Cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*) en las provincias de la costa ecuatoriana.*

| Plantas | Provincias | |
|---------|-------------------|------------|
| | Número de plantas | Porcentaje |

| | | |
|-------------------------|------------|-----------|
| Sanas | 5636 | 98% |
| Con daño | 164 | 2% |
| Total de plantas | 5800 | 100% |
| Incidencia | 106 | 2% |

Nota. Adaptado de Estimación de la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí, por E. Zambrano, 2016, INIAP.

2.4 Eficacia de las estrategias de prevención

Mancha foliar por curvularia

La aplicación de este fungicida se la realizó en la etapa de crecimiento V12, se encontró que 18.7% de propiconazol-azoxistrobina fue eficaz para proteger, prevenir y mejorar la salud de las plantas. Este tratamiento produjo un mayor aumento del rendimiento en las condiciones naturales que el de control no tratado.

Tabla 3

Efecto de tratamiento fungicida sobre el índice de enfermedades y el rendimiento de grano.

| Fungicida tratamiento | Índice de enfermedades | Rendimiento de grano (kg/ha) |
|--|-----------------------------------|---|
| 18.7% propiconazole- azoxystrobin | 13.3 | 8319.3 |
| Control no tratado | 33.0 | 6712.1 |

Nota. Adaptado de Efficacy and profitability of fungicide use to manage Curvularia Leaf spot of maize (p. 4), por J.Hao, 2020, Elsevier.

Mancha de asfalto

El Benomil ejerce un excelente control de la mancha de asfalto superando en rendimiento sobre el testigo. Para la actividad comercial en el parámetro de calidad el más alto fue Benomil un 80% seguido del testigo por un 64%.

Tabla 4

Efecto de tratamiento fungicida sobre el rendimiento el maíz.

| Fungicida | Rendimiento (ton/ha) | Altura de planta (m) | Severidad | Maíz (%) |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------|
| Benomil | 4.741 | 2.49 | 9.5% | 80% |
| Testigo | 3.056 | 2.50 | 35.8% | 64% |

Nota. Adaptado de Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) del maíz en Guerrero, México, por J. Pereyda, 2009, Agrociencia.

Cinta roja

El insecticida Imidacloprid demostró ser más efectivo a los 35 días, en la cual se registró una mayor diferencia significativa entre otros tratamientos, debido a que se encontró más insectos muertos que la de los otros insecticidas.

Tabla 5

Efecto de tratamiento fungicida sobre el rendimiento el maíz.

| Insecticidas | Dosis | Altura de plantas | Longitud de mazorca | Insectos muertos |
|---------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Clorpirifos | 500 CC | 2,52 | 16,50 | 3 |
| Imidacloprid | 200 CC | 2,62 | 18,50 | 24 |
| Acetamiprid | 200GR | 2,65 | 17,75 | 11 |

Nota. Adaptado de Respuesta agronómica del cultivo de maíz (*Zea mays*): aplicación de insecticidas para el control del vector de la cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*), por M. Uriña, 2019, Pro Sciences.

Capítulo tres

Discusión

La evidencia más antigua del cultivo del maíz en el Ecuador, obtenida a partir de fitolitos hallados en el sitio Vegas de la costa sur, data de hace 5.000 años. En el Ecuador hay una gran variedad de razas de maíz, adaptadas a distintas altitudes, tipos de suelos y ecosistemas. La evolución del cultivo del maíz en el Ecuador en los últimos años muestra que existen profundas diferencias entre los dos tipos utilizados: maíz duro y maíz suave (Bravo, 2004).

En el Ecuador, el cultivo de maíz representa uno de los más importantes para salvaguardar la seguridad alimentaria de sus habitantes (tanto para el consumo humano, así como para el consumo animal a través de balanceados) (MAGAP, 2014).

El Ecuador posee una gran agrobiodiversidad, siendo el maíz de altura un ejemplo de la misma por los diversos tipos, formas y colores de grano que se encuentran en la región Andina, al ser ésta un centro de diversificación de este cereal. En el Ecuador se han identificado 29 razas de maíz; de estas, 17 pertenecen a la Sierra (Yáñez G., 2003), se produce dentro de 21 provincias de forma extensa en Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja en orden de importancia según el Tercer Censo Nacional de Agricultura (León, 2023).

Según MAG las principales provincias productoras del cultivo de maíz amarillo son Los Ríos, Manabí, Guayas, Loja, Santa Elena, El Oro. En la producción un 10,107 ha de la superficie se ha perdido a causa de las plagas y enfermedades representando un 65%, un 22% a causa de las sequías y heladas, mientras que un 13% se debe a otras causas (MAG, 2023).

La distribución de algunos de los tipos de maíces más cultivados en las provincias de la Sierra se debe a los gustos y costumbres de los agricultores. Así, en la Sierra norte (provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha) se produce principalmente maíces con granos de tipo amarillo harinoso, en la parte central (Tungurahua, Chimborazo y Bolívar) se cultivan los maíces de grano blanco harinoso y en la Sierra sur (Cañar y Azuay) el maíz denominado "Zhima", de grano blanco dentado o amorochado (Zambrano, 2021).

Las enfermedades foliares pueden reducir la producción de maíz entre un 10% y 15%. Evaluar la pérdida económica es crucial para establecer umbrales económicos y decidir sobre medidas de control. La eficacia de las estrategias preventivas, como el uso de fungicidas y variedades resistentes, demuestra la importancia de un manejo integral de las enfermedades del maíz para reducir pérdidas económicas y mejorar la productividad.

La incidencia consiste en evaluar el número de plantas afectadas por la enfermedad (Rios, 2006). Para la FAO (1985) tanto la incidencia como la severidad permiten evaluar una enfermedad; pero cuantificar de manera precisa del área enferma (severidad), no siempre es una tarea fácil y barata. Por lo general, todas las enfermedades causan una reducción de la producción, o sea, una pérdida que ha sido calculada para el cultivo del maíz, en un 10 o 15% de la producción teórica o potencial, la cual se obtendría si la siembra estuviese totalmente libre de adversidades.

La evaluación de la pérdida o del daño económico causado por una enfermedad, en determinadas condiciones ambientales y agronómicas del cultivo, es de suma utilidad para establecer su importancia y su umbral económico, o sea, el límite hasta el cual la "cantidad" de la enfermedad y el daño que causa es tolerable, por ser el valor de esa pérdida inferior al gasto que representaría una eventual medida de combate o control (Malaguti G, 2000). Es por ello, que Zadoks (1985) nos manifiesta el uso de umbrales de intensidad de la enfermedad para decidir el momento para aplicar una medida de manejo, como el control químico, que es de extrema importancia en el manejo agronómico de los cultivos.

Para controlar las enfermedades es vital realizar inspecciones al cultivo al menos una vez por semana, para buscar señales de estas. Vallejo (2002), menciona que este tipo de control de las enfermedades, basado en la utilización de cultivares resistentes, es el método más eficaz y económico en la medida que suprime o disminuye la aplicación de pesticidas durante el cultivo, disminuir la contaminación de las cosechas, del medio ambiente y los riesgos para la salud humana; además de reducir los costos de producción de los cultivos tornándolos competitivos y sostenibles. Sin embargo, Kogan (1998), nos dice que la rotación de cultivos es una herramienta esencial para mantener baja la presión de la enfermedad reduciendo la frecuencia de la presencia de una planta huésped susceptible. Esto

lo corrobora Chamberlain (2020), el uso de fungicidas puede dar lugar a pequeños rendimientos que pueden ser no rentables, mientras que la rotación de cultivos es clave para maximizar el rendimiento del maíz.

En la mancha foliar por *Curvularia* la aplicación de fungicida de 18.7% de propiconazol-azoxistrobina resultó eficaz para proteger, prevenir y mejorar las plantas de maíz. Pero según Wang (2009) para prevenir y controlar la enfermedad de la mancha foliar del maíz, causada por *Curvularia*, es muy recomendable partir de cultivares o nuevas variedades resistentes a las enfermedades. El daño que causa esta enfermedad en el maíz no amerita invertir gran esfuerzo en su control. Si realmente se presenta con mucha presión, se puede planear una rotación de cultivos de 2 ó 3 años (Castaño, 1994).

Para el control de *Phyllachora maydis* (mancha de asfalto) actualmente el control se basa en dos métodos principales, la aplicación de fungicidas como método curativo y el uso de cultivares resistentes como método preventivo. Dentro de esos métodos curativos Pereyda (2009) evidenció que el uso de benomil resultó en rendimientos del 55.1%. El manejo de esta enfermedad suele estar basado en: 1) evitar el uso de híbridos susceptibles, 2) aplicación de fungicidas con modos de acción variados durante el momento adecuado, 3) manejo del riego. 4) rotación de cultivos con el fin de descomponer el patógeno y 5) remoción de residuos de cultivos de maíz previos (Kleczewski, 2019).

El manejo del *Tizón foliar* (*Helminthosporium turcicum*) preferencialmente es de tipo genético; con el uso de cultivares con altos niveles de resistencia, dadas las características de estabilidad del patógeno, la utilización de esta forma de resistencia sugiere que la enfermedad se pueda manejar fácilmente (Caicedo, 1998). Otro método es el preventivo, hasta el momento, la principal y más económica herramienta para el manejo de la enfermedad es la resistencia genética. Los híbridos son clasificados por tolerancia al tizón, y están disponibles para el productor. Otra estrategia de manejo es la rotación de cultivos, evitando el monocultivo de maíz para disminuir la concentración de inóculo en los residuos (Butzen, 2004). El control químico como método curativo fue evaluado arduamente en Brasil (Da Costa, 2008). Se determinó como eficaz y la aplicación de 750 cc ha⁻¹ de una mezcla de estrobilurina y triazol por vía aérea, la que no difiere de la aplicación terrestre o doble

aplicación con porcentajes de control de 96.3, 96.6 y 98.9%. Resultan más oportunos los tratamientos tardíos (presencia de cigarras en las plantas) que los tempranos (apenas aparecen los primeros síntomas), con un rendimiento de 10690 kg ha⁻¹.

Para el control de la roya común (*Puccinia sorghi*), los métodos preventivos recomendados son el uso de variedades resistentes y la destrucción e incorporación de rastrojos (Castaño, 1994). Otro de los métodos que más se ha usado en el curativo, donde en un estudio realizado por (Couretot, 2012) las mezclas de triazoles y estrobilurinas resultaron en el control de la enfermedad. Para el cultivo de maíz comercial, Wright (2014) propusieron que para la aplicación de estrobilurinas se debe aplicar cuando exista un umbral de 3% de severidad foliar afectada por *P. sorghi*.

En el control de la cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*) se ha trabajado como método preventivo, para el manejo de esta enfermedad con el uso del híbrido de INIAP H-601, que ha demostrado tolerancia a los síntomas asociados a la enfermedad conocida como "Cinta Roja" y por tener buen potencial de rendimiento. Para esto también Valarezo (2009) nos dice que el método curativo se ha usado cuando hay altas poblaciones de la cinta roja, y para esto se puede hacer aspersiones al follaje con los insecticidas Engeo (thiamethoxam+lambda-cyhalothrina) o Karate (lambda-cyhalothrina).

Conclusiones

Las principales enfermedades prevalente que afectan al cultivo de maíz son la mancha foliar por curvularia, la mancha de asfalto, roya común, tizón foliar y la cinta roja. Las cuales provocan que el maíz comercial se vea afectado y por ende provocar pérdidas severas en el rendimiento. La detección de estas enfermedades se las pueda observar a simple vista, mediante los síntomas que presenta cada una de estas enfermedades, pero en su incipiente fase se requiere de profesionales y un monitoreo constante de los cultivos.

Los daños económicos a causa de las enfermedades del maíz son muy significativos, provocando pérdidas de hasta un 100% en el cultivo de maíz si estas no son controladas a tiempo. La falta de asesoramiento técnico a los agricultores limita aplicar un control adecuado a esta enfermedad y por ende acceden a la utilización de pesticidas haciendo un mal uso a estos químicos e invirtiendo en productos que generan más costos con menores ingresos.

Algunos factores que influyen en el desarrollo de las enfermedades son factores externos que no se podrán controlar, pero para el control de estas enfermedades el manejo integrado es una de las mejores opciones. Un método más eficaz y económico es la utilización de cultivares resistentes y la rotación de cultivos, esto a su vez aminora la contaminación de las cosechas, del medio ambiente y los riesgos para la salud humana. Si el umbral de daño económico es mayor se deberá realizar la aplicación de fungicidas para obtener un control eficiente y rentable.

Recomendaciones

Para la detección de los síntomas de las enfermedades que atacan al cultivo del maíz, es recomendable acudir a especialistas o técnicos profesionales que les permitan aplicar un control adecuado dependiendo de las enfermedades halladas, a su vez mantener un monitoreo constante de las plantas atacadas para controlar la severidad de la enfermedad evitando daños económicos en los cultivos de maíz.

Acudir o pedir ayuda a las entidades públicas como el MAGAP para el asesoramiento y apoyo técnico que les permitan aumentar los rendimientos en los cultivos de maíz y el manejo adecuado de los productos químicos utilizados para cada enfermedad encontrada, ya que hoy en día es un problema de muchos agricultores la mala utilización de los mismos, puesto que esto genera más costos que ingresos y la contaminación del medio ambiente.

Es recomendable utilizar cultivares resistentes o la rotación de cultivos, ya que estos no permiten en la gran mayoría la propagación de las enfermedades del maíz, pero también es un método económico en comparación a la aplicación de los productos químicos, pues aminora la contaminación de las cosechas y los riesgos en la salud a los productores de maíz están expuestos sin ningún tipo de protección.

Referencias

- Bravo, A. (2004). El Maíz en el Ecuador. *Grupo Semillas*, 33-36. Recuperado de <https://www.semillas.org.co/es/revista>.
- Butzen, S. a. (2004). Northern Leaf Blight of Corn. *Crop Insights*. Vol. 14. No. 18. Pioneer Hi-Breed International Inc.
- Caicedo, A. e. (1998). Manejo Tecnológico de los cultivos de sorgo y maíz. *Corpoica* , 48.
- Casa, R. e. (2004). *Quantificação de danos causados por doenças Em: I Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas*. Brasil : Resumo. Viçosa, MG, Brasil.
- Castaño, J. &. (1994). *Guía para el diagnostico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica*. 3ra Edición. Zamorano Academic Press, 302p.
- Chamberlain, L. e. (2020). Corn-soybean rotation, tillage, and foliar fungicides: Impacts on yield and. *Elsevier*, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108030>.
- CIMMYT. (2004). *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo*. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT.
- Couretot, L. F. (2012). Respuesta a la aplicación de fungicidas foliares en maíz pisingallo y tradicional, efectos sobre el rendimiento y sus componentes. *Ins. Nal. Technol. Agrop. Est. Exptl. Agrop. Pergamino*. 7p.
- Da Costa, D. &. (2008). Aerial and ground applications of fungicide for the control of leaf diseases in maize crop (*Zea mays* L.). *CIGR – International Conference of Agric. Engineering. Brazil, August 31- September 4*. 5p.
- Defacio, R. (2009). *Caracterización y evaluación de la variabilidad genética en poblaciones nativas de maíz (Zea mays L.) de la provincia de Buenos Aires en base a descriptores morfológicos y agronómicos*. Tesis para acceder al título de Master. Universidad Nacional del Rosario. pp.103.
- Dillard, H. &. (1990). Use of an action threshold for common rust to reduce crop loss in sweet corn. *Phytopathology* 80: 846–849.

- Estrada, M. (2021). Principales enfermedades del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 53-59.
- FAO. (1985). *Manual para patólogos vegetales*. Lima.
- Hernández, R. e. (2010). *Metodología de la investigación Quinta edición*. México: McGraw Hill.
- Hock, J. K. (1989). El complejo "mancha de asfalto" de maíz: Su distribución geográfica, requisitos ambientales e importancia económica en México. *Revista Mexicana Fitopatología*, 7(2), 129-135.
- Jara, W. (2014). *Manejo Integrado del Cultivo y de las Plagas del Maíz*. Perú: INIA. Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. Recuperado de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/112>.
- Kleczewski, N. C. (2019). Corn disease management: Tar spot. *CPN 2012-W. Washington, DC, USA: Crop Protection Network.*, <https://doi.org/10.31274/cpn-20190620-008>.
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43, 243–270., <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>.
- León, S. y. (2023). *Producción, comercialización y rentabilidad del cultivo de maíz (Zea mays) en el cantón Mocache, Ecuador*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 77 pp.
- Leonhardt, D. &. (2019). Maíz. Em F. Kent, *Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa*. (pp. 27-32). Ediciones INTA Anguil. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12123/6068>.
- López, E. (2004). El maíz en América Latina Contaminación del centro de origen del maíz. Em G. e. Veléz, *Semillas en la economía campesina* (p. 41). Colombia: Semillas.
- MAG. (2023). *Boletín Situacional Cultivo de Maíz Amarillo*. Quito-Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

- MAGAP. (2014). *Zonificación Agroecológica Económica del Cultivo de Maíz Duro (Zea mays L) en el Ecuador Continental a Escala 1:250000 Resumen ejecutivo*. Quito-Ecuador.
- Malaguti, G. (2000). Capítulo 6 Protección y sanidad vegetal: Sección 3 Enfermedades del maíz en Venezuela. Em H. G. Fontana, *Maíz en Venezuela*. Fundación Polar.
- Malaguti, G. y. (1971). *El tizón de las hojas del maíz causado por Helminthosporium maydis en Venezuela*. *Agronomía Tropical* 21(4):19-25.
- Martínez, S. y. (2014). Sugerencias para el control del “complejo mancha de asfalto” del maíz en la Frailesca, Chiapas. *Folleto para productores No. 13. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo experimental centro de Chiapas Ocozocoautla, Chiapas, México*.
- Pataky, J. (1987). Quantitative relationships between sweet corn yield and common rust, *Puccinia sorghi*. *Phytopathology* 77, 1066-1071.
- Pataky, J. (1999). Common rust. In: DG White ed. *Compendium of corn diseases. 3rd edition. St Paul, USA, American Phytopathological Society Press.*, Pp. 35–36.
- Pereyda, J. H. (2009). Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*43(5):511–519.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000500006&lng=es&tlng=es.
- Rios, F. B. (2006). Niveles y umbrales de daños económicos de las plagas . *Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPAC), Instituto de Nacional Tecnológico (INATEC) y Proyecto de Fortalecimiento e Integración de la Educación Media a los Procesos de Desarrollo Rural Sostenible y Combate a la Pobreza*.
- Rodríguez, J. e. (2022). *Manual de enfermedades y plagas del maíz*. Advanta Seed International.
- Russell, W. (1965). Effect of corn leaf rust on grain yield and moisture in corn. *Crop Science* 5, 95-96.

- Uriña, M. P. (2019). Respuesta agronómica del cultivo de maíz(*Zea mays*): aplicación de insecticidas para el control del vector de la cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*). *Pro Sciences Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, Vol. 3, No. 27, PP. 21-28 <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss27.2019pp21-28>.
- Valarezo, O. e. (2009). La "Chicharrita" *Dalbulus maidis* y su manejo en el cultivo de maíz. *Estación Experimental Portoviejo*.
- Varón de Agudelo, F. y. (2007). *Enfermedades del maíz y su manejo Compendio ilustrado*. Palmira, Colombia: INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA y de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, Fenalce.
- Vijai Singh, M. A. (2017). Detection of plant leaf diseases using image segmentation and soft computing techniques. . *Inform. Process. Agric.* 4(1), pp. 41–49.
- Villavicencio, P. &. (2014). *Guía para la producción de maíz amarillo duro en la zona central del Litoral. Estación Experimental Tropical Pichilingue INIAP*. Programa de Maíz. Boletín Divulgativo. (353). Recuperado de <https://www.repositorio.iniap.gob.ec>.
- Wang, X. L. (2009). Resistance breeding-best strategy of control leaf spot diseases on maize. *Crops* 2, 1-4.
- Wright, P. e. (2014). Effect of planting dates and azoxystrobin fungicide application regimes on common rust of maize. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, <http://dx.doi.org/10.1080/01140671.2013.860040>.
- Yáñez G., C. Z. (2003). *Catálogo de recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz.
- Zadoks, J. (1985). On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. *Annual Review of Phytopathology*, 23, 455-473, <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.002323>.
- Zambrano, J. V. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. Quito, Ecuador: INIAP, Manual No. 122. Uriña, M. P. (2019). Respuesta

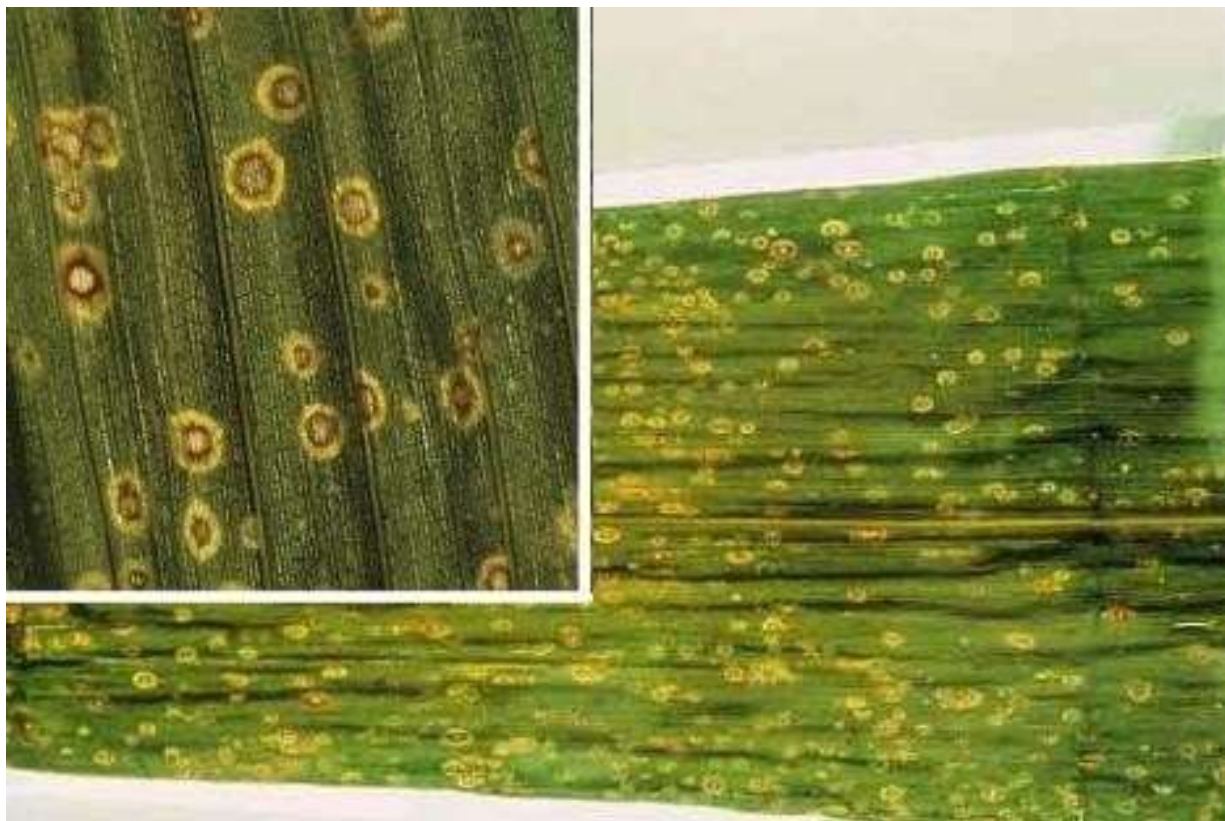
- agronómica del cultivo de maíz(*Zea mays*): aplicación de insecticidas para el control del vector de la cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*). *Pro Sciences Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, Vol. 3, No. 27, PP. 21-28 <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss27.2019pp21-28>.
- Valarezo, O. e. (2009). La "Chicharrita" *Dalbulus maidis* y su manejo en el cultivo de maíz. *Estación Experimental Portoviejo*.
- Varón de Agudelo, F. y. (2007). *Enfermedades del maíz y su manejo Compendio ilustrado*. Palmira, Colombia: INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA y de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, Fenalce.
- Vijai Singh, M. A. (2017). Detection of plant leaf diseases using image segmentation and soft computing techniques. . *Inform. Process. Agric.* 4(1), pp. 41–49.
- Villavicencio, P. &. (2014). *Guía para la producción de maíz amarillo duro en la zona central del Litoral. Estación Experimental Tropical Pichilingue INIAP*. Programa de Maíz. Boletín Divulgativo. (353). Recuperado de <https://www.repositorio.iniap.gob.ec>.
- Wang, X. L. (2009). Resistance breeding-best strategy of control leaf spot diseases on maize. *Crops* 2, 1-4.
- Wright, P. e. (2014). Effect of planting dates and azoxystrobin fungicide application regimes on common rust of maize. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, <http://dx.doi.org/10.1080/01140671.2013.860040>.
- Yáñez G., C. Z. (2003). *Catálogo de recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz.
- Zadoks, J. (1985). On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. *Annual Review of Phytopathology*, 23, 455-473, <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.002323>.
- Zambrano, J. V. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. Quito, Ecuador: INIAP, Manual No. 122.

Apéndice

Apéndice A

Figura A1

Imagen de la mancha foliar por Curvularia



Nota. Adaptado de *Mancha foliar por Curvularia* [Fotografía], por EVA INIAP,2018, EVA (<https://eva.iniap.gob.ec/agro/maiz-duro/desarrollo-vegetativo-maiz-duro/hojas-con-manchas-o-lesiones/cloroticas-o-necroticas-con-un-bordes-amarillos/>). Agrosan Iniap.

Figura A2

Imagen de la mancha foliar por Asfalto



Nota. Adaptado de *Mancha foliar por Asfalto* [Fotografía], por De León, 2020, ResearchGate (https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Signos-y-sintomas-del-complejo-mancha-de-asfalto-A-signos-y-sintomas-en_fig1_343422877), ResearchGate.

Figura A3

Imagen de la roya común



Nota. Adaptado de *Mancha foliar por Asfalto* [Fotografía], por CIMMYT, 2004, CIMMYT (<https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/715/25905.pdf>) ,© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Figura A4

Imagen del tizón foliar



Nota. Adaptado de *Mancha foliar por Asfalto* [Fotografía], por CIMMYT, 2004, CIMMYT <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/715/25905.pdf> ,© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)