

EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.). PLAGAS AGRICOLAS.
MANCHA DE ASFALTO



Monografía en opción al Título Académico de Master en Ciencias
Agrícolas.

Mención Sistemas Agroecológicos y Sostenibles de Producción

Autor: Ing. Marilina Muñiz Izquierdo

Tutor: Dr. C. Ramón Liriano Gonzalez

PENSAMIENTO

... "el único camino abierto a la prosperidad constante y fácil es el de conocer, cultivar y aprovechar los elementos inagotables e infalibles de la naturaleza."

José Martí



DEDICATORIA

- A mis padres que desde el cielo recibo siempre sus bendiciones, a mi esposo e hija que me apoyan en mi superación.
- Especialmente a M. Sc. Moisés Figueroa Hernández que desde el inicio me apoyó con sus conocimientos y experiencia en el desarrollo de este trabajo, aunque ya no está físicamente su legado servirá a las futuras generaciones de fitosanitarios a estudiar e investigar en aras de lograr cultivos más sanos con un buen empleo del Manejo Integrado.

AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar, a Dios.
- A mi tutor Dr. C. Ramón Liriano González por su entrega incondicional en el desarrollo de esta monografía.
- A los M. Sc. José J. Torrent Molina y Juan Carlos Castellanos Castellanos por el apoyo que me brindaron en todo momento y al Dr. C. Leonel Marrero Artabe.

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de actualizar a los tenentes de tierra, campesinos, obreros, técnicos y profesionales de la rama agrícola en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), las plagas agrícolas que lo atacan y dentro de estas la mancha de asfalto como plaga de importancia económica del cultivo. A partir de una revisión bibliográfica de prestigiosos autores sobre el tema, se exponen aspectos relacionados con el origen, importancia económica y alimenticia, producción mundial y en Cuba, descripción morfológica, requerimientos climáticos, fenología, principales plagas agrícolas que afectan al cultivo del maíz, así como el origen del complejo fungoso, su taxonomía, biología, importancia económica, factores abióticos (humedad y la temperatura) que influyen en su desarrollo, los síntomas que pueden ocasionar pérdidas que van desde el 30 a 100% de la producción. Por último, se expone la necesidad de un monitoreo constante durante el desarrollo del cultivo de maíz, lo que permite detectar la enfermedad en sus inicios y controlar la misma con aplicaciones de medios biológicos y fungicidas químicos.

Palabras claves: agente causal, biología, importancia económica, mancha de asfalto, severidad.

ABSTRACT

The present work has the objective of updating the landowners, peasants, workers, technicians and professionals of the agricultural branch in the cultivation of corn (*Zea mays* L.), the agricultural pests that attack it and within these the spot of asphalt as a pest of economic importance of the crop. From a bibliographic review of prestigious authors on the subject, aspects related to the origin, economic and nutritional importance, world production and in Cuba, morphological description, climatic requirements, phenology, main agricultural pests that affect the cultivation of corn, as well as the origin of the fungal complex, its taxonomy, biology, economic importance, abiotic factors (humidity and temperature) that influence its development, the symptoms that can cause losses ranging from 30 to 100% of production. Finally, the need for constant monitoring during the development of the corn crop is exposed, which allows detecting the disease in its beginnings and controlling it with applications of biological means and chemical fungicides.

Keywords: causal agent, biology, economic importance, asphalt stain, severity.

INDICE	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. DESARROLLO	4
2.1 El cultivo del maíz (<i>Zea mays</i> L)	4
2.1.1 Origen.	4
2.1.2 Importancia económica y alimenticia.	5
2.1.3 Producción mundial y en Cuba.	6
2.1.4 Taxonomía	7
2.1.5 Tipos de maíz	7
2.1.6 Descripción morfológica.	8
2.1.7 Requerimientos climáticos.	10
2.1.8 Fenología.	12
2.2 Principales plagas agrícolas que afectan al cultivo del maíz	15
2.2.1 Insectos plaga. Daños.	15
2.2.2 Enfermedades. Síntomas.	19
2.3 Complejo Mancha de Asfalto.	24
2.3.1 Antecedentes a nivel mundial.	24
2.3.2 Impacto económico del Complejo Mancha de Asfalto.	26
2.3.3 Taxonomía.	27
2.3.3.1 Clasificación taxonómica de <i>Phyllachora maydis</i> Maubl.	27
2.3.3.2 Clasificación taxonómica de <i>Monographella maydis</i> (Müller & Samuels)	28
2.3.3.3 Clasificación taxonómica de <i>Coniothyrium phyllachorae</i> Maubl.	29
2.3.4 Descripción del complejo de hongos que intervienen en la enfermedad complejo mancha de asfalto en maíz.	31
2.3.5 Diseminación de la enfermedad.	32
2.3.6 Etapas de infección del Complejo Mancha de Asfalto. Sintomatología.	32
2.3.7 Etapas de incidencia de la enfermedad.	35
2.3.8 Condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad.	36
2.3.9 Escala de daños de la Mancha de Asfalto.	37

2.3.10 Reportes de estudios realizados sobre la Mancha de Asfalto en Cuba y en la provincia de Matanzas	42
2.3.11 Manejo integrado del Complejo Mancha de Asfalto	44
III. CONCLUSIONES.	47
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

I. INTRODUCCIÓN

La Organización para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2012) ha defendido la importancia invertir en la agricultura para construir un futuro mejor y pone de manifiesto que los agricultores son los mayores inversores en agricultura en los países en desarrollo y, por consiguiente, se sostiene que estos y sus decisiones de inversión deben ocupar un lugar fundamental en toda estrategia destinada a la mejora de las inversiones agrícolas. La inversión en agricultura es fundamental para promover el crecimiento agrícola, reducir la pobreza y el hambre y favorecer la sostenibilidad ambiental.

El mantenimiento de la salud de las plantas promueve la seguridad alimentaria y la nutrición al tiempo que protege el medio ambiente y la biodiversidad, e impulsa los medios de vida y el crecimiento económico, en el contexto de los desafíos globales, en particular el cambio climático.

La FAO celebró la decisión de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) de establecer un Día Internacional de la Sanidad Vegetal anual, un tema fundamental para abordar el hambre mundial, ya que las plagas y enfermedades de las plantas causan pérdidas masivas de cultivos y dejan millones sin suficiente comida.

La celebración, que se realizará cada 12 de mayo, fue defendida por Zambia y adoptada por unanimidad por la Asamblea General de la ONU en una resolución firmada conjuntamente por Bolivia, Finlandia, Pakistán, Filipinas y Tanzania. El día es un legado clave del Año Internacional de la Sanidad Vegetal, que se celebró en 2020-2021.

La resolución establece que las plantas sanas constituyen la base de toda la vida en la tierra, así como las funciones de los ecosistemas, la seguridad alimentaria y la nutrición, y agrega que la salud de las plantas es clave para el desarrollo sostenible de la agricultura necesaria para alimentar a una población mundial en crecimiento para 2050.

En la actualidad, la demanda de alimentos para consumo humano y animal ha ido en constante aumento debido al crecimiento poblacional. La demanda comercial de alimentos seguiría creciendo. Se calcula que la demanda de cereales, destinados tanto al consumo humano como animal, alcanzará unos 3 mil millones de toneladas en 2050, frente a la cifra actual de cerca de 2,1 mil millones de toneladas (FAO, 2009).

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo de mayor área sembrada, el más producido y uno de los alimentos básicos de mayor consumo en el mundo desde 1998. Es la base de gran cantidad de preparaciones, así como de numerosos productos derivados (harinas, aceites, etc.). También es utilizado como alimento de gran parte de los ganados que luego son consumidos o utilizados como productores de alimento, por lo cual su importancia es enorme (Saenz, 2015).

El maíz en los últimos años, ha venido creciendo a una tasa anual del 3,5%. Se estima que el 92% de las siembras corresponden al maíz amarillo y el 8% restante al maíz blanco.

El maíz es afectado por agentes de origen biótico y abiótico, tales como la temperatura, el viento, tipo de suelo, déficit hídrico, malezas, plagas, causando pérdidas en su producción. Entre los agentes bióticos, las enfermedades constituyen una de las principales limitantes de la producción, las cuales, de no ser controladas, puede causar grandes pérdidas a nivel de rendimiento (Figuroa *et al.*; 2015).

En las regiones maiceras del mundo, la enfermedad conocida como mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) se ha convertido en el principal problema que afecta la producción de este cultivo por ser muy agresiva y difícil de detectar en los estadios iniciales. Si los factores climatológicos la favorecen puede ocasionar muerte prematura de la hoja y quemar el cultivo en corto tiempo, lo que trae consigo una pérdida importante en los rendimientos (Oleas, 2014).

La escasez de información dificulta el trabajo para los investigadores no solamente en Latinoamérica, sino que también en Estados Unidos. Además, hay una gran falta de conocimiento por parte de los pequeños agricultores, obreros, técnicos y profesionales de la rama agrícola que desconocen la ecología, biología y epidemiología de la enfermedad, llegando a proveer asesoramientos inadecuados, así como la aplicación errónea de fungicidas.

A pesar de su importancia, en Cuba, es poco estudiada, lo que justifica la realización del presente trabajo documental, el cual abarcará aspectos relacionados de la enfermedad, desde su origen hasta las medidas de control, teniendo presente el criterio de prestigiosos autores y especialistas sobre la misma.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se definió como **problema de la investigación:**

La escasa información sobre la enfermedad mancha de asfalto, agente causal complejo fungoso, provoca una fuerte afectación foliar que conlleva a la disminución de los rendimientos en el cultivo del maíz.

Objetivo General

Actualizar a los tenentes de tierra, campesinos, obreros, técnicos y profesionales de la rama agrícola en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), las plagas agrícolas que lo atacan y dentro de estas la mancha de asfalto como plaga de importancia económica del cultivo.

II. DESARROLLO

2.1 El cultivo del maíz (*Zea mays L.*).

2.1.1 Origen.

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano y las más antiguas civilizaciones de América, los olmecas y teotihuacanos, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica estuvieron acompañados por el maíz. Si bien hay varias teorías y discrepancias sobre el origen del maíz, la más aceptada es que es originario de América. La evidencia más antigua del maíz como alimento proviene de lugares arqueológicos de México, donde algunas pequeñas mazorcas, encontradas en cuevas de habitantes primitivos, se estimaron en más de 5 000 años de antigüedad (Serratos, 2012).

Los orígenes del maíz de acuerdo con Collazo (2009) fueron en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá, hacia el sur hasta la Argentina y el Caribe. Cristóbal Colón en su primer viaje refirió haber visto en Cuba cuatro tipos de granos: amarillos, blancos, morados y colorados, lo que determinó la prevalencia de la voz Arauca, mahis. Los españoles y portugueses lo llevaron a África, Europa y Asia (siglo XVI), alcanzando pronta propagación para convertirse en un alimento universal .

Según Fernández *et al.* (2013) se originó mediante el proceso de domesticación que llevaron a cabo los antiguos habitantes de Mesoamérica, a partir de los “teocintles”, gramíneas muy similares al maíz, que crecen de manera natural principalmente en México y en parte de Centroamérica.

Simón y Golik (2018) manifiestan que el maíz es originario de América y su historia está muy asociada a las culturas precolombinas. La escuela rusa de Vavilov ubica su origen geográfico en el sur de México y norte de América Central. Allí existe una enorme variabilidad de formas y crecen al estado silvestre sus parientes más cercanos: los teosintes, originalmente determinados como el género *Euchlaena*. En un área de distribución más amplia, desde América del Norte hasta el chaco paraguayo, se encuentran los otros parientes silvestres, filogenéticamente más distantes, como son los integrantes del género *Tripsacum*.

2.1.2 Importancia económica y alimenticia.

Zea mays L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las gramíneas. Es una de las especies cultivadas más productivas. De acuerdo con Paliwal *et al.* (2001) es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total.

El maíz es un cultivo de gran importancia económica ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales (Simon y Golik, 2018).

Blanco (2017) afirma que es uno de los alimentos imprescindibles en la alimentación por sus aportes calóricos proteicos, usado como grano tierno y seco en la alimentación humana y como materia prima en productos industriales tales como forraje, ensilaje y harina.

Es fuente de energía básica de los seres vivos debido a su contenido de hidratos de carbono conformados por almidón [amilosa (25 - 30%) y amilopectina (70 - 75%)] quien constituye hasta el 72 - 73% del peso del grano de maíz y otros azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano. Asimismo, presenta una proteína de calidad inferior, debido a la baja concentración de aminoácidos esenciales como son: lisina e isoleucina. Sin embargo, es rico en vitaminas del complejo B (B1 y B3) y minerales como el fósforo y magnesio (Sánchez, 2014).

Grande y Orozco (2013) manifiestan que gracias a su alto contenido de almidón es considerado el cereal con mayor potencial industrial, es materia prima en la elaboración de subproductos tales como: el almidón industrial, el almidón alimenticio, las dextrinas, los edulcorantes (maltodextrinas, glucosa, dextrosa cristalina, etc.) y los derivados del proceso de fermentación como son el etanol, el alcohol industrial, el dióxido de carbono y bioproductos como los aminoácidos, los biopolímeros y los antibióticos.

El creciente uso del maíz para la fabricación de etanol ha sido la principal razón para el incremento de la demanda del cereal. EEUU encabeza la producción y consumo del maíz destinado a la elaboración de bioetanol, hay una tendencia a reemplazar el

petróleo por combustible de origen renovable, disminuir la dependencia emergentica de combustibles fósiles y de proveedores inestables, además de un compromiso de bajar los niveles de gases emitidos a la atmósfera (Brieva y Costa, 2013).

El maíz según Ustarroz *et al.* (2010) es el grano que ofrece más posibilidades de industrialización y transformación en proteína animal, concepto muy importante para el agregado de valor del maíz en origen, que habilita a mejorar la competitividad de los pequeños y medianos productores y beneficia a las economías regionales.

El maíz también se utiliza en diferentes medios industriales como ejemplo en la industria textil, fabricación de papel, productos cosméticos, adhesivos, materiales de envasado, entre otros (Moreira *et al.*, 2018).

2.1.3 Producción mundial y en Cuba.

El maíz es cultivado en las más diversas condiciones edáficas y ecológicas dada su alta plasticidad, su producción y consumo a nivel mundial, alcanzan las más elevadas cifras en comparación con otros cultivos (FAO, 2019).

Según datos de la FAO este cultivo se produce en todos los continentes, siendo 168 países los que lo cultivan. Anualmente se producen unos 976,7 millones de toneladas de maíz en 177,1 millones de hectáreas. Los países en desarrollo siembran dos terceras partes del área, aportando el 44% de la producción mundial. El rendimiento promedio mundial es de 5,64 t.ha⁻¹; en los EUA es de 10,63 t.ha⁻¹, seguido por Canadá con 9,1 t.ha⁻¹, Egipto 8,5 t.ha⁻¹ y Argentina 7,5 t.ha⁻¹; por su parte los países en desarrollo solo llegan alcanzar las 2,5 t.ha⁻¹ (Ministerio de la Agricultura [MINAG], 2017). Las previsiones de producción para el 2019/2020 según Maluenda (2019), es lograr un nuevo récord de 1 133,8 millones de toneladas (un aumento de 14,8 millones de toneladas respecto a la anterior campaña), por los pronósticos favorables en las áreas productoras de EEUU, Argentina, Brasil, Unión Europea (UE), Canadá, Rusia, India e Indonesia.

En Cuba, el maíz está considerado en el programa de producción de granos para la sustitución de importaciones como un cultivo prioritario. En el año 2019 según la ONEI (2020) se cosecharon 128 265 hectáreas (11 433 hectáreas en el sector estatal y 116 832 hectáreas en el sector no estatal), con una producción de 247 473 toneladas (18

072 toneladas en el sector estatal y 229 402 toneladas en el sector no estatal) y un rendimiento de 1,93 t.ha⁻¹ (1,58 t.ha⁻¹ sector estatal y 1,96 t.ha⁻¹ en el sector no estatal). Nuestro país presenta un alto consumo de este cereal, tanto con destino a consumo humano como animal, donde los volúmenes de producción nacional, no satisfacen la demanda y los precios del mismo se han incrementado sustancialmente.

El país importa anualmente más de 1 800 millones de dólares en alimentos, dentro de los cuales el maíz, la soya y el arroz, representan más del 30% de la partida presupuestada. Ello pone de manifiesto la necesidad de trabajar con celeridad por incrementar la producción nacional de tan vitales renglones, mediante la introducción de la ciencia, la tecnología y la innovación, a fin de avanzar hacia la sostenibilidad e independencia alimentaria (Peláez, 2020).

2.1.4 Taxonomía

En cuanto a su posición sistemática, el maíz, según la nomenclatura ofrecida por Linneo en 1737 en su libro “Genera Plantarum” se designa como *Zea mays*.

La ubicación taxonómica, según Paliwal (2016), es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Tribu: Maydeae

Género: *Zea*

Especie: *mays* L

Nombre científico: *Zea mays* L.

2.1.5 Tipos de maíz

La primera clasificación del maíz se basó en la textura o estructura del endospermo y consideró siete tipos (Sturtevant, 1899; citado por López y Gil, 2011), aún vigente en la actualidad:

- Maíz tunicado: *Zea mays tunicata* St., considerado como uno de los tipos más primitivos de los maíces cultivados. Se caracteriza por presentar cada grano envuelto en su propia bráctea. No tiene valor comercial.
- Maíz reventón: *Zea mays everta* St., caracterizado por presentar granos pequeños con endospermo cristalino, constituido preferentemente por almidón córneo. Es capaz de explotar cuando es sometido al calor formando las llamadas cotufas o palomitas.
- Maíz cristalino: *Zea mays indurata* St., se caracteriza por presentar granos con endospermo vítreo duro, cristalino y translúcido, con almidón en su mayoría córneo.
- Maíz amiláceo: *Zea mays amylacea* St., caracterizado por presentar granos con endospermo blando y amiláceo. En este grupo, el maíz “Blanco Gigante del Cuzco” o “Blanco Imperial”, legado del imperio incaico, causa admiración por el gran tamaño de su grano y alto rendimiento.
- Maíz dentado: *Zea mays indentata* St., se caracteriza por presentar granos con endospermo formado con almidón córneo cristalino, tanto exteriormente como en su interior. Están coronados en la parte superior con almidón suave, que en la madurez origina una depresión central superior debido a una mayor hidratación, dándole al grano la forma característica de diente.
- Maíz dulce: *Zea mays saccharata* St., los maíces de este grupo son dulces y se caracterizan por presentar un grano completamente arrugado cuando están maduros. Posee un gen recesivo (su) en el cromosoma 4, el cual impide la conversión de algunos azúcares solubles en almidón.
- Maíz ceroso: *Zea mays ceratina* Kul., se caracteriza por presentar aspecto ceroso en el endospermo. En este tipo de maíz el almidón está constituido por un 100% de amilopectina, lo que origina un almidón de característica gomosa parecido al de la yuca.

2.1.6 Descripción morfológica.

Las raíces son de tipo fasciculadas, y tienen como función proporcionar el punto de anclaje perfecto para la planta. En algunos casos, los nudos sobresalen de las raíces del suelo, generalmente en raíces secundarias o raíces adventicias (Marcillo, 2014).

El sistema radicular del maíz presenta raíces adventicias seminales, el 52% de la planta; es el principal sistema de fijación y absorción de la planta; el sistema nodular es

el 48% de la masa total de raíces de la planta. Su función principal es dar estabilidad a la planta para evitar su caída (Sánchez, 2014).

El complejo sistema de raíces del maíz comprende raíces embrionarias formadas durante la embriogénesis y raíces postembrionarias iniciadas después de la germinación. El sistema de raíces embrionarias comprende una sola raíz primaria y un número variable de raíces seminales. Estas raíces son importantes para el vigor de las plántulas durante el desarrollo temprano. Raíces post-embriónicas transmitidas por brotes dominan el sistema de raíces de las plantas adultas. Finalmente, todos los tipos de raíz forman raíces laterales postembrionarias. Aumentan significativamente la superficie absorbente del sistema de raíces de maíz y son comunes a todos los principales tipos de raíces de maíz (Hochholdinger *et al.*, 2017).

El sistema radicular posee raíces seminales que se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad a la que ha sido sembrada. El crecimiento de esas raíces disminuye después que la plúmula emerge por encima de la superficie del suelo y virtualmente detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a entre siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrimentos. Investigaciones realizadas han encontrado que el sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y que el sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz (Deras y Flor de Serrano, 2018).

El tallo es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los 4 m de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones (Andrade y Coral, 2017).

Deras y Flor de Serrano (2018) plantean que el tallo es robusto, formado por nudos y entrenudos más o menos distantes, presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras de 4 a 10 cm de ancho por 35 a 50 cm de longitud, tienen borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Desde el punto donde nace el pedúnculo que sostiene la

mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina, que corona la planta.

Las hojas son lanceoladas, alternas, con nervaduras paralelas y grandes. Se encuentran distribuidas de manera que abrazaban los tallos y pelos en los manojos, además, los extremos de las hojas son muy afilados y cortados (Morán, 2020).

El maíz es normalmente monoico, con inflorescencia terminal estaminada (panoja) o flor masculina, y flores femeninas pistiladas, ubicadas en yemas laterales (mazorcas); así, el maíz produce su rendimiento económico (grano) en ramificaciones laterales. El maíz es una especie alógama (de polinización cruzada) y su tipo de inflorescencia ha permitido la producción de híbridos con alto potencial de rendimiento y amplia adaptación (Deras y Flor de Serrano, 2018).

En tal sentido Morán (2020) destaca que la inflorescencia masculina es una panícula amarilla (generalmente llamada espiga o racimo) con alrededor de 20 a 25 millones de granos de polen. Además, cada flor que forma la panícula contiene tres estambres, donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos (Garcés, 2020).

La mazorca o fruto, está formado por una parte central llamado olote, donde se adhieren los granos de maíz en número de varios centenares por cada mazorca, posee pequeñas brácteas (hojas que nacen alrededor de ciertas flores o frutos), las cuales le sirven de protección a los estilos, estigmas o pistilos cuando estos tienen su antera preparada para recibir el polen, el cual se convierte en ovario y luego en fruto (González y Reyes, 2014).

2.1.7 Requerimientos climáticos.

El maíz alcanza su crecimiento y desarrollo óptimos entre los 21 °C y 32 °C, dependiendo de la humedad relativa del aire y del sub-período vegetativo de desarrollo en que se encuentre la planta (Pérez *et al.*, 2014). Las altas temperaturas afectan la viabilidad del polen durante la polinización (Hatfield y Prueger, 2015).

El maíz es un cultivo muy sensible a las bajas temperaturas, siendo el periodo de la germinación hasta la floración el de máxima sensibilidad a la temperatura. La semilla de maíz tiene que encontrar en el suelo una temperatura que esté entre 15 y 30 °C, ya que temperaturas menores a 12 °C retardan y disminuyen la tasa de germinación (Barroso, 2017).

Shim *et al.* (2017) plantean que las variaciones de temperatura pueden modificar la longitud del periodo emergencia-antesis o antesis-llenado de grano.

Ortigoza *et al.* (2019) señalan que, para la germinación, la temperatura media diurna mínima debe ser de no menos de 10 °C, siendo la óptima entre 18 y 20 °C. Para el crecimiento soportan temperaturas como mínimo de 15 °C y como máxima hasta 40 °C, siendo la ideal entre 20 a 30 °C, para la floración necesita temperaturas promedio de 20 a 30 °C, con días soleados y noches frías. El periodo más crítico se sitúa durante e inmediatamente después de la floración.

En la floración Saavedra y González (2014) y MAGRAMA (2017) coinciden al señalar que el polen del maíz es muy sensible a las altas temperaturas, ya que, con temperaturas superiores a 35 °C, el grano de polen se deshidrata muy fácilmente, perdiendo su viabilidad.

El maíz es una de las plantas que mayor cantidad de luz utiliza en el proceso de la síntesis del almidón, por lo que se ha señalado que su periodo vegetativo coincide con los días más luminosos. El crecimiento y desarrollo de la planta no solo depende de la intensidad de la radiación solar, sino del tiempo que se encuentra expuesta a la acción del sol durante el día y más importante aún es el espectro de rayos luminosos que integran la luz solar. Se ha determinado que el proceso más intenso de la fotosíntesis se produce en el espectro de los rayos rojos y es menor en la parte que comprende a los rayos azul-violeta (Socorro y Martín, 1998).

Rodríguez *et al.* (2013) consideran que el consumo de agua del maíz varía según el sub-período de desarrollo y resultan críticos los de germinación, brotación, floración y formación del grano, siendo este último donde más se acentúa el consumo diario de agua. Para lograr el máximo rendimiento de la planta se debe contar con el agua necesaria, no se deben producir ni exceso ni déficit en cuanto al riego.

El agua no debe escasear, sobre todo en los períodos de germinación, floración y llenado del grano (Pérez *et al.*, 2014).

La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales. Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido el cultivo puede haber pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento; sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento. Cerca de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas, hasta dos semanas después de ésta) el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período. En general, el maíz necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo. (Deras y Flor de Serrano, 2018).

Herrera *et al.* (2016) señalaron que el cultivo del maíz disminuía su rendimiento entre 9,2 y 11,3% por cada día de sobre humedecimiento y que alcanzaba una disminución del 50% de su rendimiento potencial entre los tres a cinco días de exceso de humedad en el suelo.

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas. En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua. El maíz en general, crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 7,8 (Deras y Flor de Serrano, 2018).

Aunque el maíz se adapta a diferentes tipos de suelos, no son favorables, ni los muy arenosos, ni los muy arcillosos. El mejor desarrollo se produce en los suelos de textura media, profundos, con buen drenaje, sin exceso de calcio y con pH de 6 a 7. De ser necesario utilizar un suelo arcilloso, la siembra debe realizarse en el período seco o de frío (Pérez *et al.*, 2014).

2.1.8 Fenología.

Pérez *et al.* (2014) manifiestan que el desarrollo de la planta de maíz se caracteriza por una etapa vegetativa y reproductiva (Tabla 1).

Tabla 1. Etapas de desarrollo de la planta de maíz

Etapas		Características
Vegetativa	VE	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
Vegetativa	V1	Es visible el cuello de la primera hoja
Vegetativa	V3	Es visible el cuello de la tercera hoja
Vegetativa	V7	Es visible el cuello de la séptima hoja.
Vegetativa	V10	Es visible el cuello de la décima hoja.
Vegetativa	VT	Es completamente visible la última rama de la panícula
Reproductiva	R1	Son visible los estigmas.
Reproductiva	R2	Etapas de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
Reproductiva	R3	Etapas lechosas. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
Reproductiva	R4	Etapas masosas. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
Reproductiva	R5	Etapas dentadas. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
Reproductiva	R6	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

De acuerdo con Martínez (2017) citado por Castaño (2020) en la fase vegetativa tiene lugar la emergencia de la primera hoja cotiledonar VI y por consiguiente el crecimiento de los estadios sub vegetativos que están determinados por el número de hojas que van desde V1, V2, V3 hasta Vn, terminando la primera fase del desarrollo con la panícula VT.

La fase reproductiva da inicio con el R1 propiamente a la floración femenina siguiendo con R2 la formación de ampollas donde el grano es color blanco con un contenido de fluido claro, en el R3 se puede notar el grano lechoso, etapa en donde inicia la acumulación de almidones y al pasar a R4 hay una mayor acumulación de almidones en los granos, en el R5 se va volviendo mazorca, se vuelve dentado y contiene una

humedad de 55%. Y finalmente está el R6 que da paso a la madurez fisiológica (Martínez, 2017; citado por Castaño, 2020) (Figura 1).

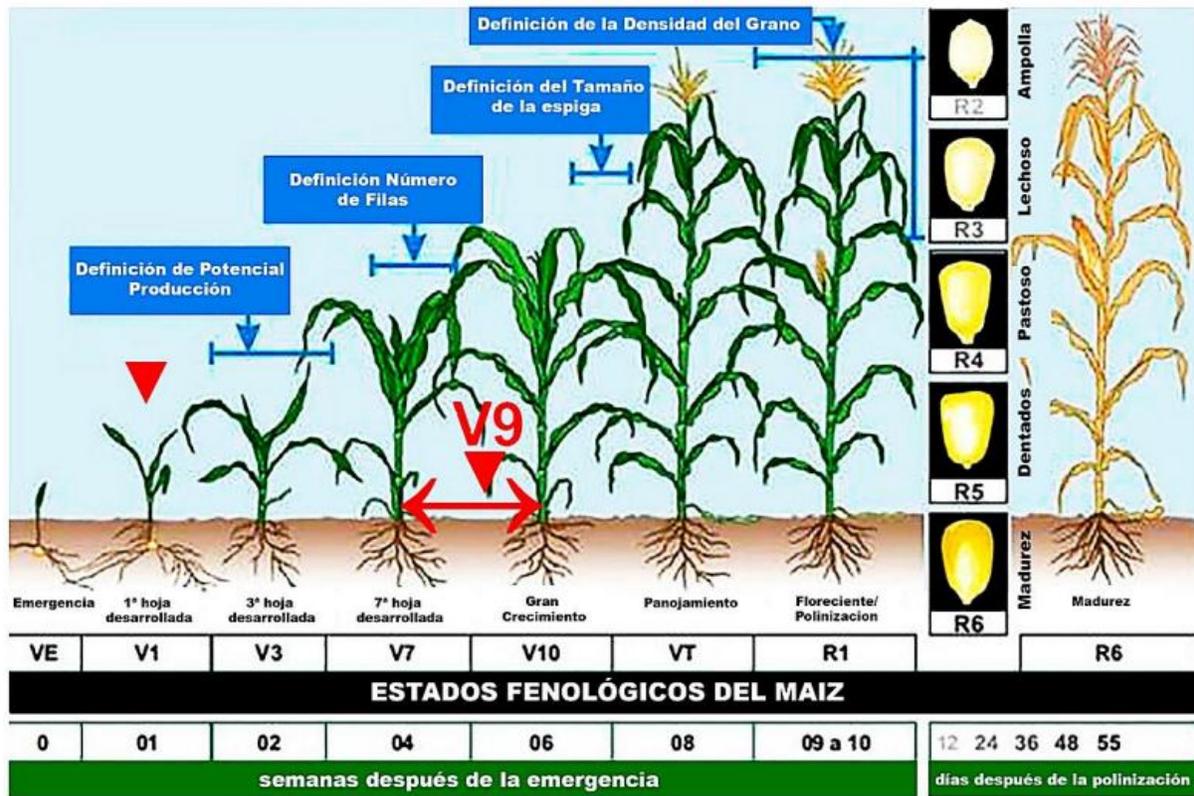


Figura 1. Etapa vegetativa y reproductiva del desarrollo de la planta de maíz

Fuente: Martínez (2017) citado por Castaño (2020).

Conclusiones parciales.

El maíz, es un cultivo originario de América (Méjico) que se extendió rápidamente por todo el mundo, tiene un alto valor nutricional y posee diferentes usos en la alimentación humana y animal. En Cuba se ha incrementado las áreas de cultivo así como el uso de diferentes variedades e híbridos en busca de aumentar los rendimientos y disminuir las importaciones.

La clasificación de los tipos de maíz se basó en la textura o estructura del endospermo y se consideró siete tipos, los cuales están vigente en la actualidad.

El cultivo requiere temperaturas entre los 21 °C y 32 °C, dependiendo de la humedad relativa del aire y del sub-período vegetativo de desarrollo en que se encuentre la planta para su crecimiento y desarrollo.

El desarrollo de la planta de maíz se caracteriza por una etapa vegetativa (emergencia del coleoptilo hasta que sea visible la última rama de la panícula) y reproductiva (estigmas visibles a madurez fisiológica).

2.2 Principales plagas agrícolas que afectan al cultivo del maíz.

2.2.1 Insectos plaga. Daños.

El maíz es afectado por una amplia diversidad de insectos plaga, existen plagas primarias y secundarias, todas presentes en diferentes etapas vegetativas, causantes de daños en menor y mayor proporción (Hernández *et al.*, 2019).

El cultivo del maíz presenta diversos problemas fitosanitarios para su producción, dentro de las principales se encuentran las malezas, enfermedades e insectos plaga (Reséndiz *et al.*, 2016), estos últimos destacan debido al daño que ocasionan y se estima que provocan pérdidas en rendimiento del 30%, estos se presentan desde el establecimiento del cultivo hasta el almacenamiento del grano.

La incidencia de los insectos plaga y el daño que ocasionan en los cultivos, está dado por diversos factores como las condiciones ambientales, fenología del cultivo (Ayala *et al.*, 2013) y hábitos del insecto plaga, ya sea alimenticios e inclusive características biológicas (Reséndiz *et al.*, 2016).

Al maíz lo atacan según López y Gil (2011) más de 36 especies de insectos, algunas son de suma importancia por la frecuencia con que inciden y la gravedad de los daños que provocan.

La principal plaga de insectos del maíz en Cuba es la “Palomilla o cogollero” (*Spodoptera frugiperda* (Smith)), la cual comienza sus ataques cuando aparecen las primeras hojas, afectando a veces los tallitos en su base a ras de tierra.

Además, existe otro grupo de insectos a los que se considera vectores de los virus del maíz, infectando la planta al extraer la savia. Estos pequeños insectos saltahojas, o mosquitas, se encuentran principalmente entre las vainas de las hojas del tallo y el cogollo; la población de estos insectos es alta durante todo el año.

También se encuentran las plagas de almacén, cuya infestación inicial sucede en el campo y será mayor y más probable en la medida que retrasamos el momento de la cosecha.

Las plagas de mayor importancia son las siguientes (López y Gil, 2011):

- Palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* (Smith)).
- Gusano de la mazorca (*Heliothis zea* Bod).
- Bórer del maíz (*Diatraea lineolata* Walk).
- Salta hojas fulgórico del maíz (*Peregrinus maidis* Ashm).
- Gorgojo del maíz (*Sitophilus granarius* L).
- Gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae* L.)

Los daños ocasionados por las plagas de mayor importancia que atacan al cultivo del maíz según el criterio de diferentes autores se reflejan a continuación:

- Palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* (Smith)).

Es una plaga universal de gran importancia económica que, dependiendo de algunos factores como la edad de la planta, estadio de la plaga, condición del clima, así será la severidad del ataque. Cuando el clima es caliente y seco, las larvas completamente desarrolladas, que han caído al suelo antes de convertirse en pupas, empiezan a alimentarse en la base de la planta, cercenando el tallo tierno [Figura 2] (Deras y Flor de Serrano, 2018).



Figura 2. *Spodoptera frugiperda*

Fuente: Deras y Flor de Serrano (2018).

El daño lo ocasiona al cortar el tallo cuando las plantas recién emergen; y cuando están desarrolladas (25 a 30 días), la desfolian (Figura 3); puede atacar la flor masculina lo cual provoca interrupción del proceso normal de polinización. También ataca perforando la mazorca tierna. El adulto de *Spodoptera* oviposita en los estigmas de la mazorca, cuando las larvas eclosionan comienzan a alimentarse y se concentran en el canal de los estigmas, provocan daños directos a los granos, dando entrada a los patógenos que pudren la mazorca. En la medida de lo posible hacer aplicaciones de insecticidas u ovicidas en la etapa de floración de maíz (Deras y Flor de Serrano, 2018).



Figura 3. Daños ocasionados al follaje por *Spodoptera frugiperda*

Fuente: Deras y Flor de Serrano (2018).

➤ Gusano de la mazorca (*Heliothis zea* Bod).

Este insecto se caracteriza por tener una alta preferencia a ovopositar en lo que llamamos la barba o muñeca del maíz, (aparición de los pistilos), las larvas penetran a la mazorca e inician sus daños inmediatamente después de nacer, las cuales se caracterizan por las perforaciones que causa en las mazorcas y los granos que consume (MINAG, 2009)

Respecto al daño ocasionado *Heliothis zea* Tejada *et al.* (2008) citado por García (2015) afirma que la oruga se alimenta de los granos de la mazorca. Al inicio, consume los granos lechosos de la punta de la mazorca, luego conforme va madurando el grano

es consumido en su estado pastoso y abandona la mazorca cuando ha cumplido su ciclo larval, o cuando los granos endurecen. En la cosecha, los granos se observan comidos, completa o parcialmente a través de las hileras de la mazorca.

La larva muestra una marcada preferencia por las espigas inmaduras, se alimenta de los granos en estado lechoso (Figura 4). Cuando ingresa puede cortar los estigmas ocasionando el corrimiento de los futuros granos, normalmente el porcentaje de granos afectados no supera 10% (Urretabizkaya, 2018).



Figura 4. Larva de *H. zea* dañando granos en espiga de maíz.

Fuente: Urretabizkaya, 2013; citado por Urretabizkaya, 2018

- Gorgojo del maíz (*Sitophilus granarius* L) y Gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae* L.)

Estos insectos son ampliamente conocidos por los daños que ocasionan a los granos almacenados, y en general se les llama picudos de los granos (*Sitophilus granarius*); el que ataca al grano de arroz se le llama picudo del arroz (*Sitophilus oryzae*). El picudo del maíz ocasionalmente inicia su infestación en el campo y al llegar al almacén se reproduce rápidamente (Figura 5 A y B)



Figura 5. A. Picudo del maíz. B Granos de maíz dañados por picudos.

Fuente: Deras y Flor de Serrano (2018).

2.2.2 Enfermedades. Síntomas.

En el mundo, el cultivo de maíz es susceptible a numerosas enfermedades ocasionadas por patógenos que afectan el desarrollo de la planta y son favorecidos por las condiciones climáticas, calidad de la semilla, prácticas agronómicas, insectos vectores, etc (Román *et al.*, 2018; Rivas y Rodríguez, 2020).

Pérez *et al.* (2014) manifiesta que entre las enfermedades que afectan el cultivo del maíz se encuentran las causadas por bacterias, hongos y virales.

➤ Enfermedades causadas por bacterias

Erwinia chrysanthemi pv. *Zea*

En plantas jóvenes el síntoma característico es la presencia de cogollos de color amarillo los cuales pueden ser fácilmente desprendidos del tallo. El tejido de la base del cogollo es blando, de color crema, de apariencia acuosa y presenta olor fétido. Los tallos enfermos presentan manchas de color marrón son blandos, delgados y se rompen fácilmente. La enfermedad se dispersa por la semilla (Pérez y Terrón *et al.*, 2012; citado por Estrada, 2021)

Erwinia stewartii, sin. *Pantoea stewartii*

El patógeno es transmitido por coleópteros (*Chaetocnema pulicaria*) del maíz y en contadas ocasiones también por medio de la semilla. Cuando comienza la infección, las

lesiones son alargadas y acuosas, y adquieren un color amarillo claro, con márgenes irregulares a lo largo de las hojas.

La infección puede llegar al tallo y provocar achaparramiento, marchitez y muerte de la planta. Las plantas gravemente infectadas que forman semilla producen mazorcas pequeñas con poco grano. Una infección al final del ciclo de cultivo puede causar necrosis foliar grave pero no marchitez

Las heridas causadas por los insectos vectores al alimentarse sirven como puntos de entrada para el patógeno, que es transportado de un ciclo de cultivo a otro por los coleópteros (Pérez *et al.*, 2014).

➤ Enfermedades causadas por hongos

Carbón común (*Ustilago maydis*)

El hongo ataca las mazorcas, los tallos, las hojas y las espigas. Unas agallas blancas cerradas muy conspicuas sustituyen a los granos individuales. Con el tiempo las agallas se rompen y liberan masas negras de esporas que infectarán las plantas de maíz del siguiente ciclo de cultivo. La enfermedad causa daños más graves en plantas jóvenes en estado activo decrecimiento y puede producirles enanismo o matarlas (Pérez *et al.*, 2014).

En tal sentido Deras y Flor de Serrano (2018) afirman que esta enfermedad es endémica en todas las zonas donde se cultiva maíz. Puede atacar cualquier órgano de la planta, siendo frecuente en las inflorescencias. El hongo desarrolla en los tejidos afectados protuberancias de tamaño variable y de color verde a grisáceo (Figura 6). El interior de estas agallas es de color oscuro por la presencia de una masa de esporas de color negro, que constituyen la fuente de diseminación del patógeno.

Las plantas infectadas pueden ser observadas fácilmente en los bordes de las parcelas. La enfermedad es favorecida en condiciones de sequía y temperaturas entre 26 y 34 °C.



Figura 6. Carbón común (*Ustilago maydis*)

Fuente: Deras y Flor de Serrano (2018).

Roya común (*Puccinia sorghi* Schwein)

La roya común es más conspicua cuando las plantas se acercan a la floración. Se le puede reconocer por las pústulas pequeñas y pulverulentas, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Las pústulas son de color café claro en las etapas iniciales de la infección; más adelante la epidermis se rompe y las lesiones se vuelven negras a medida que la planta madura (Pérez *et al.*, 2014).

Enfermedad ampliamente difundida en todo el mundo que alcanza mayor importancia cuando las plantas se acercan a la floración. Se presenta en forma de pústulas pequeñas y pulverulentas de color pardo o amarillento, esparcidas sobre las hojas y cuando esporulan se tornan de color café rojizas y casi negras, tanto en el haz como en el envés de la hoja. Aunque puede afectar el tallo y la envoltura de la mazorca las postulas son errumpentes (Figura 7) (brota o nace rompiendo el tejido) en su fase final y emiten un polvillo de color ladrillo o café. La infección generalmente se inicia en las hojas bajas. Esta enfermedad es favorecida por temperaturas entre los 16 a 23 °C y alta humedad relativa (Deras y Flor de Serrano, 2018).



Figura 7. Síntomas de roya común en hojas de maíz

Fuente: Deras y Flor de Serrano (2018).

Los primeros síntomas aparecen como puntos cloróticos en la superficie de las hojas. En variedades susceptibles, se desarrollan pústulas uredinosóricas en ambas superficies de las hojas que presentan forma de circular a alargada, son de apariencia pulverulenta, con el interior de color pardo-canela. Las uredosporas son sustituidas por las teliosporas que se tornan de color negro, continúan su erupción y rompen la epidermis de las hojas a medida que la planta madura. En ataques severos, las pústulas formadas pueden provocar la necrosis del tejido foliar y dan un aspecto de mancha foliar. Las hojas infectadas severamente pueden morir (Estrada, 2021).

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. Cuando la infección se produce antes o durante la aparición de los estigmas, y si las condiciones son óptimas, esta puede ocasionar daños económicos considerables (Pérez *et al.*, 2014).

Félix-Gastélum *et al.* (2017) manifiestan que los primeros síntomas se manifiestan con manchas pequeñas ligeramente ovaladas y acuosas que se producen en las hojas

inferiores y prosiguen a las hojas superiores como lesiones foliares de forma elíptica y alargada de color ceniza, a veces verde-grisáceas o parda. En infecciones severas las lesiones en las hojas crecen y pueden provocar su muerte prematura y la de la planta.

Helminthosporium maydis (Durieu y Mont)

Cuando comienzan a formarse, las lesiones son pequeñas y romboides. A medida que maduran se van alargando, pero las nervaduras adyacentes restringen su crecimiento y la forma final de la lesión es rectangular, de 2 a 3 cm de largo. Las lesiones pueden llegar a fusionarse y producir la quemadura completa de extensas áreas foliares (Pérez *et al.*, 2014).

➤ Enfermedades virales

Virus del enanismo (*Maize rough dwarf virus, MRDV*)

Estos virus son transmitidos por varios géneros y especies de pulgones (por ejemplo, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch)) y rara vez por medio de la semilla. Al alimentarse de una planta enferma, los pulgones adquieren el virus y de inmediato comienzan a propagarlo. Este tipo de patógenos puede afectar a otros hospedantes, incluidos pastos y cereales como el sorgo, el zacate Johnson y la caña de azúcar, pero no atacan a las especies de hoja ancha. Las plantas infectadas desarrollan un mosaico característico (irregularidades en la distribución del color verde normal) en la base de las hojas más jóvenes.

Algunas veces la apariencia del mosaico se intensifica por las rayas cloróticas angostas que se forman a lo largo de las nervaduras. Posteriormente, las hojas más jóvenes muestran una clorosis general y las rayas son más grandes y abundantes (Pérez *et al.*, 2014).

Virus bandeado del maíz (*Maize stripe virus, M StV*)

En las hojas, los síntomas iniciales consisten en pequeñas manchas cloróticas que más tarde se convierten en bandas cloróticas angostas en las hojas más jóvenes. La anchura de las bandas cloróticas puede variar y extenderse desde la base hasta la punta de las hojas. Las plantas infectadas generalmente muestran enanismo y la espiga

queda torcida hacia abajo. El desarrollo normal de las mazorcas y el rendimiento disminuyen.

El virus es transmitido por chicharritas del maíz del género *Peregrinus maidis*, las cuales al alimentarse de una planta enferma adquieren el virus y propagan la infección hasta que mueren (Pérez *et al.*, 2014).

Virus del rayado fino del maíz (*Maize rayado fino virus, MRFV*)

El “rayado fino” es causado por un virus transmitido por la chicharrita *Dalbulus maidis*, que al alimentarse de una planta enferma adquiere el virus y propaga la infección hasta que muere. *Dalbulus maidis* es también un vector del espiroplasma del enanismo del maíz y del fitoplasma del enanismo arbustivo. Este virus se encuentra desde el sur de América del Norte hasta América del Sur, incluido el Caribe, y se ha observado que en varios países centroamericanos reduce el rendimiento hasta en un 43%.

Las chicharritas pueden ser portadoras de más de uno de estos patógenos a la vez y por eso son comunes las infecciones mixtas. Los síntomas se manifiestan unas dos semanas después de que las plantas han sido inoculadas. Las pequeñas manchas cloróticas y aisladas se pueden ver fácilmente colocando las hojas contra la luz. Más tarde, las manchas se vuelven más numerosas y se fusionan, formando rayas de 5 a 10 cm a lo largo de las nervaduras (Pérez *et al.*, 2014).

Conclusiones parciales

El maíz es afectado por hongos, bacterias y virus, capaces de provocar enfermedades de importancia agronómica en diferentes partes de la planta, la descripción de la sintomatología, resulta una información valiosa para desarrollar propuestas de programas de manejo integrado que contribuyan a la protección fitosanitaria del cultivo.

2.3 Complejo Mancha de Asfalto.

2.3.1 Antecedentes a nivel mundial.

El complejo mancha de asfalto es una enfermedad que se documentó por primera vez en 1904 en México y luego se diseminó hacia la mayoría de países latinoamericanos como Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, República

Dominicana, Panamá, Perú, Puerto Rico y Venezuela (Mottaleb *et al.*, 2018).

En Guatemala se registró por primera vez en 1974, donde se estimó que este complejo patológico producido por los hongos *Phyllachora maydis* Maubl., *Monographella maydis* Müller & Samuels y dentro de los estromas de *Phyllachora maydis* Maubl., el hiperparásito *Coniothyrium phyllachorae* Maubl., mostraron una incidencia que no evidenció riesgo alguno para la producción de maíz, dada la aparición tardía de las epidemias (Monterroso *et al.*, 1974).

A pesar de que la Mancha de Asfalto ha tenido históricamente un comportamiento endémico, las epidemias desarrolladas en Guatemala en 2006-2007, ocasionaron alarma entre productores y técnicos.

La selección y siembra de híbridos y variedades para aumentar la productividad, a partir de la década de 1980, no tomaron en cuenta la acumulación de la característica de resistencia general o de campo propiciada por la acumulación de múltiples genes, mediante el proceso de selección artesanal desarrollado ancestralmente, como en el caso del híbrido HB-83 liberado en Guatemala (Córdova *et al.*, 1994).

La enfermedad ha sido reportada en el Ecuador desde 1982 por el departamento de Fitopatología de la Estación Experimental Pichelingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). En 1984, 1987 y 1993 se han presentado de forma epidémica e intensa en las zonas maiceras localizadas en la provincia de Los Ríos en las vías de Quevedo-Santo Domingo y Quevedo-Mocache (Farinango, 2015).

También se ha encontrado en Bolivia, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Panamá, Perú, Puerto Rico, Venezuela, Ecuador, El Salvador y Haití (Hock *et al.*, 1992 citado por Ríos, 2017).

En el desarrollo y difusión de híbridos comerciales, no se tomó en cuenta la selección del Complejo Mancha de Asfalto en los nuevos materiales genéticos. Es decir, el desarrollo de la resistencia al mismo no fue la primera prioridad de los programas de mejoramiento de maíz.

Debido a la siembra continua de híbridos altamente susceptibles, la no alternancia del cultivo, el mal uso de los rastrojos, fechas inadecuadas de siembra, etc., es muy posible un incremento del potencial de inóculo ciclo tras ciclo y la consecuente explosión de la enfermedad. Otro problema concomitante al tema genético, es el comentario de

técnicos de campo, en cuanto a que han visto síntomas en épocas cada vez más tempranas, inclusive en maíces locales (Monterroso, 2014).

Por otro lado, el avance de la enfermedad a otras regiones de Centroamérica y el enfoque productivista del incremento de la siembra de maíz comercial, ha propiciado el uso desmedido de fungicidas sin tomar en cuenta la capacidad de variación y selección de los hongos *Phyllachora maydis* Maubl y *Monographella maydis* Müller & Samuels (Monterroso, 2014), posibilitando la aparición futura de poblaciones de estos hongos con capacidad de resistencia a ciertos ingredientes activos.

Los primeros reportes de la mancha de asfalto en Estados Unidos fueron en el 2015, en los estados de Indiana e Illinois y se ha identificado solamente *P. maydis* (Ruhl *et al.*, 2016; Wise *et al.*, 2016). Se desconoce la capacidad de este patógeno para sobrevivir las bajas temperaturas del invierno en Estados Unidos, pero las continuas apariciones de la enfermedad tras cada invierno sugieren que el patógeno consigue sobrevivir estas temperaturas extremas, siendo así altamente perjudicial para los agricultores en Estados Unidos (Mottaleb *et al.*, 2018).

2.3.2 Impacto económico del Complejo Mancha de Asfalto.

La FAO estima que las plagas y enfermedades de las plantas causan pérdidas de cultivos alimentarios de hasta un 40% y el daño que causan a la agricultura exacerba el problema existente del aumento del hambre en el mundo y amenaza los medios de vida rurales. Proteger las plantas de plagas y enfermedades es mucho más rentable que hacer frente a las emergencias fitosanitarias. Una vez establecidas, las plagas y enfermedades de las plantas a menudo son imposibles de erradicar, y su manejo lleva mucho tiempo y es costoso.

La incidencia del Complejo Mancha de Asfalto provoca severas pérdidas en rendimiento, deteriora la calidad del forraje (Pereyda *et al.*, 2009) y tiene el potencial de destruir algunas parcelas en su totalidad. En México la enfermedad se considera potencialmente importante en unas 800 mil hectáreas distribuidas en los Estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Guerrero (Gómez *et al.*, 2013).

La mancha de asfalto desde principios de la década de los 90's se ha convertido en el

principal factor limitante de la producción de maíz en zonas del trópico húmedo, subhúmedo y zonas de transición en diversas regiones de México y Centroamérica, principalmente en áreas con alta humedad relativa y altitudes de 1 300 a 2 300 msnm. La incidencia del complejo mancha de asfalto del maíz provoca severas pérdidas en rendimiento y deteriora la calidad del forraje (Hernández *et al.*, 2015).

En América Latina, llega a causar pérdidas de rendimiento hasta del 50%, pero se desconoce qué impacto tendría uno solo de esos patógenos en los rendimientos.

Uno de los dos patógenos fúngicos que causan el Complejo Mancha de Asfalto en el maíz se originó en América Latina y fue detectado por primera vez en Estados Unidos (*Monographella maydis* Müller & Samuels) en 2015, donde una pérdida del 1% de la producción de maíz podría reducir la producción en 1,5 millones de toneladas métricas de grano, con un valor aproximado de US\$ 2 316 millones. Dichas pérdidas no solo afectarían la industria de maíz estadounidense, sino también, la seguridad alimentaria en varios países de bajos ingresos que dependen fuertemente del maíz que se importa de Estados Unidos.

En países de Centroamérica, México y Colombia, por la aparición errática de la enfermedad, no se han medido con precisión los efectos económicos producidos, pero en los períodos en que la enfermedad se presenta en los países de la región, ha provocado pérdidas que, de acuerdo a las experiencias, han fluctuado de 30 a 100% en las áreas afectadas.

Debido a la siembra continua de híbridos altamente susceptibles, la no alternancia del cultivo, el mal uso de los rastrojos, fechas inadecuadas de siembra, etc, es muy posible un incremento del potencial de inóculo ciclo tras ciclo y la consecuente explosión de la enfermedad.

2.3.3 Taxonomía.

De acuerdo a Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2016), se indica la ubicación taxonómica de los hongos involucrados en el Complejo Mancha de Asfalto.

2.3.3.1 Clasificación taxonómica de *Phyllachora maydis* Maubl. (Ramírez, 2014).

Fase sexual (Teleomorfo)

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Orden: Phyllachorales
Familia: Phyllachoraceae
Género: Phyllachora
Especie: *Phyllachora maydis*. (Figura 8).

Fase asexual. (Anamorfo)

Reino: Fungi
Filo: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Orden: Phyllachorales
Familia: Phyllachoraceae
Género: Linochora = Leptostromella
Especie: Linochora sp. (F.vonHönel, 1910; Parbery, 1967)

2.3.3.2 Clasificación taxonómica de *Monographella maydis* (Müller & Samuels)

Fase sexual. (Teleomorfo)

Reino: Fungi
Filo: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Orden: Xylariales
Familia: Incertaesedis
Género: Monographella
Especie: *Monographella maydis* (Figura 8)

Fase asexual (Anamorfo) (Sydow, 1924)

Reino: Fungi
Filo: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Orden: Xylariales

Familia: Hyponectriaceae

Género: Microdochium

Especie: *Monographella maydis* (Figura 8)

2.3.3.3 Clasificación taxonómica de *Coniothyrium phyllachorae* Maubl.

Fase sexual (Telemorfo)

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

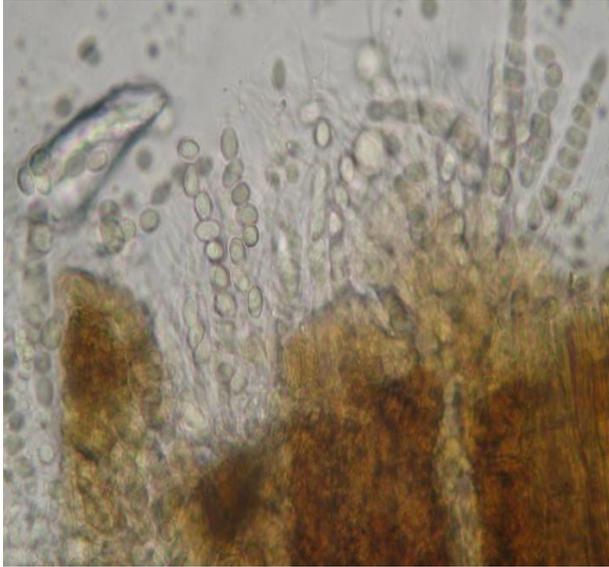
Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

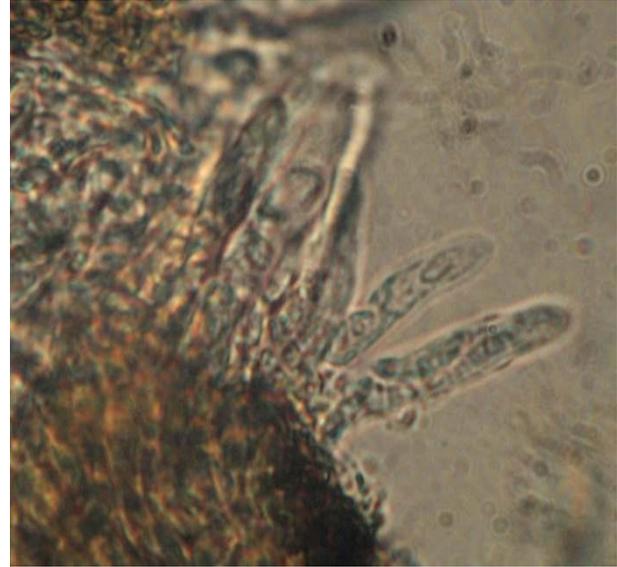
Familia: Leptosphaeriaceae

Género: Coniothyrium

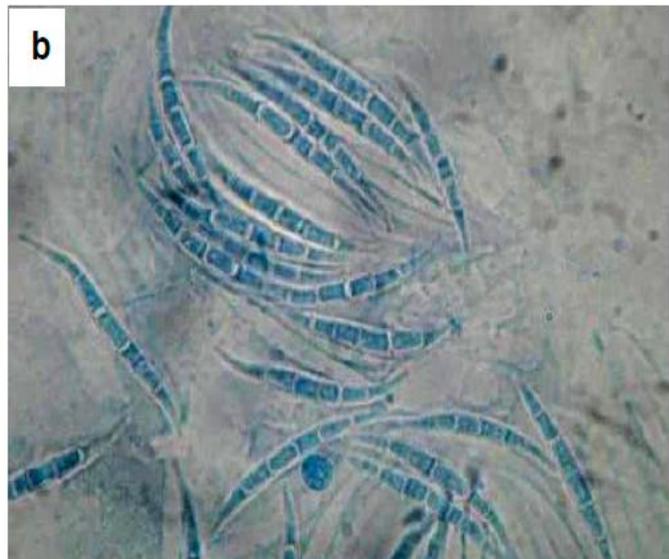
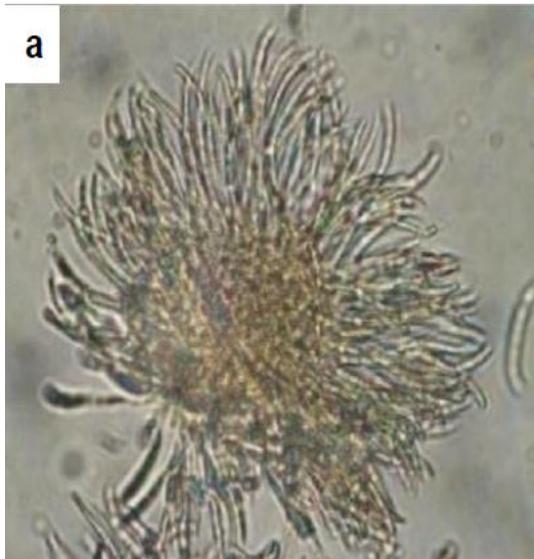
Especie: *Coniothyrium phyllachorae* (Figura 8)



Phyllachora maydis: Peritecios embebidos en estromas oscuros, ascas en serie con ocho ascosporas unicelulares, hialinas. (Fuente: Quiroga *et al.*, 2017)



Monographella maydis: Peritecio embebido en el tejido, ascas en serie con ocho ascosporas alargadas - ovoides, semi-transparentes, 1-3 septadas. (Fuente: Quiroga *et al.*, 2017)



Microdochium maydis. Fase asexual o imperfecta de *Monographella maydis*.
a Esporodoquio **b** Conidiosporas alargadas y curvadas de 4 a 7 septo

Figura 8. Estructura de los hongos involucrados en el Complejo Mancha de Asfalto.

Fuente: Quiroga *et al.* (2017).

En el complejo mancha de asfalto según Varon de Agudelo y Sarria (2007) están involucrados tres microorganismos fúngicos *Phyllachora maydis* Maublanc, *Monographella maydis* Muller & Samuels y *Coniothyrium phyllachorae* Maublanc, el cual

es un hiperparásito de los dos anteriores.

Pereyda *et al.* (2009), menciona que es una enfermedad producida por la interacción sinérgica de tres hongos: *Phyllachora maydis*, es el primero que se establece, luego se incorpora *Monographella maydis* Müller & Samuels. Finalmente, sobre los cuerpos fructíferos de *Phyllachora maydis* se asienta el hiperparásito *Coniothyrium phyllachorae* estos se alimentan de los azúcares de las plantas provocando la muerte de las hojas y finalmente de la planta.

2.3.4 Descripción del complejo de hongos que intervienen en la enfermedad complejo mancha de asfalto en maíz.

Phyllachora maydis es un parásito obligado, sus esporas se propagan por el viento y bajo condiciones ambientales favorables, varias de estas especies actúan en sinergia causando el síndrome Complejo Mancha de Asfalto (CMA) (Rodríguez, 2018).

Este parásito puede presentarse desde etapas tempranas del cultivo, en los estados V3 o V4, infectando las hojas bajas y posteriormente infectar las hojas superiores conforme van saliendo (Rodríguez, 2018).

El follaje puede ser atizonado en menos de ocho días, debido a coalescencia de lesiones inducidas por los distintos hongos y atribuido a la producción de una toxina y si la temperatura es adecuada el CMA puede atacar de 12 a 15 días de incubación y su liberación de esporas con alta humedad y temperatura constante de 17 a 24 horas siendo el principal factor las temperaturas entre los 17 y 22 °C y humedad relativa de 75% (Pereyda *et al.*, 2009).

Monographella maydis Müller & Samuels puede sobrevivir tres meses o más en tejido muerto, pero requiere de la presencia de *Phyllachora maydis* para ser patogénico (Cristino y Nopitsch, 2012).

Coniothyrium phyllachorae es un hongo hiperparásito, ocasiona que la mancha negra de *Phyllachora maydis* confiera una textura ligeramente áspera al tejido dañado (Vargas, 2012).

Ríos *et al.* (2017) al estudiar los hongos asociados a la mancha de asfalto en el cultivo de maíz en México, identificaron a *Phyllachora* sp. y *Curvularia lunata* como los agentes asociados al CMA en las muestras presentes del estado de Chiapas y Guerrero,

constituyendo este es el primer reporte de la presencia de *Curvularia lunata* asociada a la mancha de asfalto en el cultivo de maíz en la zona subtropical en México.

2.3.5 Diseminación de la enfermedad.

La severidad y facilidad de diseminación de *Phyllachora maydis*, la ubican como una enfermedad muy agresiva y si los factores climatológicos la favorecen puede ocasionar muerte prematura de la hoja y quemar el cultivo en corto tiempo (Vargas, 2012).

No se sabe que sean transmitidos por semillas, los dos hongos patógenos del CMA podrían ser transportados más allá de su distribución conocida en hojas o cáscaras de maíz frescas o secas, o productos hechos de ellas. Las ascosporas de *Phyllachora maydis* y los conidios de *Monographella maydis* Müller & Samuels tendrían que ser transportados por el viento o la lluvia contra el maíz. Para causar el daño grave que se produce en el rango nativo, los dos hongos deberían introducirse juntos para amenazar el cultivo, a menos que *Monographella maydis* Müller & Samuels ya estuviera presente o que otras especies interactúen con los mismos (Ríos, 2016).

Se requieren condiciones ambientales adecuadas de temperatura, humedad relativa y / o lluvia para la secuencia de infecciones que resultan en el tizón del maíz. El *Phyllachora maydis* por sí mismo generalmente causa un bajo nivel de necrosis, aunque este nivel podría ser económicamente significativo en algunas áreas (Silva, 2019).

2.3.6 Etapas de infección del Complejo Mancha de Asfalto. Sintomatología.

Esta enfermedad es producida según Yanez *et al.* (2013) por tres patógenos: *Phyllachora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*.

Coniothyrium phyllachorae es un hiperpasito (el hiperparásito es un parásito que vive sobre o dentro de otro organismo parásito) y su función poca conocida.

Los síntomas de *Phyllachora maydis* y *Monographella maydis*, se presentan en la figura

9

Phyllachora maydis

Produce pequeñas manchas negras y brillosas sobre la hoja. Las manchas son ovaladas o circulares de 0,5 a 2,0 mm de diámetro.

Monographella maydis

Aparece dos o tres días después de *Phyllachora maydis*, las manchas y estrías aparecen rodeadas de un halo. Causa necrosis y es más dañino.

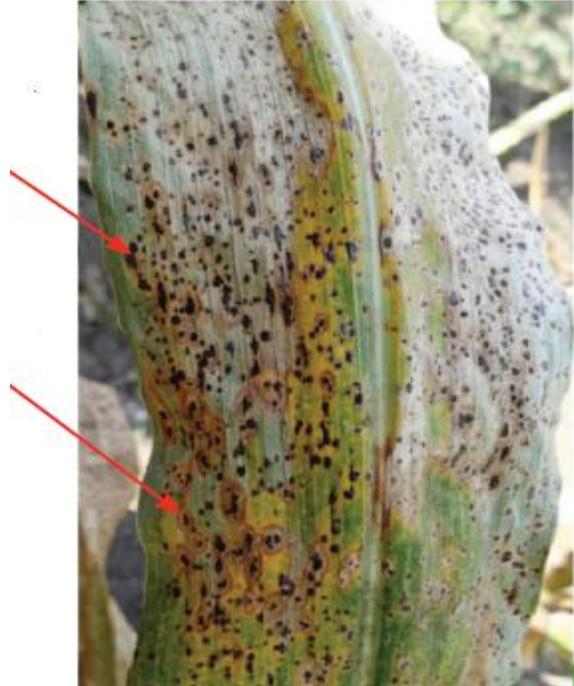


Figura 9. Síntomas de *Phyllachora maydis* y *Monographella maydis* en maíz

Fuente: Yanez *et al.* (2013)

El síntoma de ojo de pescado está siempre asociado con una mancha de asfalto negra y lustrosa, en el centro de la lesión; mientras del 12 al 20% del ascostroma de *Phyllachora maydis* permanece libre de *Monographella maydis* Müller & Samuels (Hock *et al.*, 1992). El anamorfo de este, *Microdochium maydis*, generalmente se reproduce en las lesiones, pero no es capaz de producir infecciones. Este síntoma aparece de 2 a 7 días después de la manifestación de *Phyllachora maydis*, donde *Monographella maydis* Müller & Samuels se vuelve predominante en las lesiones, se asocia con peritecios vacíos de *Phyllachora maydis* y es el hongo causante de la necrosis foliar.

Normalmente *Phyllachora maydis*, afecta al maíz en la etapa de plántula y en la etapa de floración y en condiciones climáticas propicias, pero también se pueden manifestar infecciones precoces cuando las plantas tienen de ocho a 10 hojas (Oleas, 2014).

Las lesiones que causan el complejo comienzan a desarrollarse en las hojas inferiores, la infección continúa hacia arriba, afectando incluso las hojas más jóvenes, ocasionando pérdidas que van de un 30 a 100%, esto se debe a que las lesiones

necróticas llegan a fusionarse y provocan quemadura completa del follaje (Martínez y Espinosa, 2014).

Los primeros síntomas visibles del complejo (Figura 10) corresponden a lesiones pequeñas, color verde o amarillentas, que son grupos de células donde ocurre la infección inicial de *Phyllachora maydis*, posteriormente en estas zonas se desarrollan abultamientos pequeños, circulares, ovales o ligeramente irregulares, de 0,5 a 2,0 mm de diámetro de color negro ligeramente elevados principalmente sobre el haz de la hoja, que se distribuyen por toda la lámina foliar, dos a tres días después de la infección por *Phyllachora maydis* el tejido adyacente es invadido por *Monographella maydis* Müller & Samuels donde los puntos negros se rodean de un halo color pajizo que es ya tejido necrótico; este hongo es el que ocasiona el mayor daño, provocando el aspecto quemado del follaje, puede aparecer dos a tres días después de *Phyllachora maydis*, si las condiciones ambientales son favorables la enfermedad puede volverse incontrolable (Figuroa *et al.*; 2015)

En campo siempre se ha observado esta secuencia de infección. Sin embargo, el maíz puede ser infectado primero, también por *Monographella maydis* Müller & Samuels sin la infección anterior de *Phyllachora maydis*.

Las mazorcas de las plantas afectadas son muy livianas y tienen granos flojos que no alcanzan a compactarse; muchos de los granos en la punta germinan prematuramente, mientras aún están en el olote (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], 2004).



Figura 10. Síntomas iniciales del CMA en la fase ojo de pescado, lesiones alargadas de 1 mm a 1 cm. Fuente: Quiroga *et al.* (2017)

La enfermedad de acuerdo con Deras y Flor de Serrano (2018) comienza con *Phyllachora maydis* con pequeños puntos negros brillosos y abultados, ovalados o circulares con un diámetro de 0,5 a 2 mm. Si las condiciones climáticas son favorables, los puntos negros se rodean de un halo color pajizo que es ya tejido necrótico, es la presencia de *Monographella maydisque* ocasiona el mayor daño, provocando el aspecto quemado del follaje. *Monographella* puede aparecer dos a tres días después de *P. maydis*.

P. maydis es un parasito obligado que no sobrevive en tejido muerto (rastrojo), necesitando de tejido vivo para desarrollarse. Mientras *Monographella maydis* puede sobrevivir tres meses o más, pero requiere la presencia de *P. maydis* para ser patogénico.

Se reporta un tercer hongo que forma el complejo mancha de asfalto, se desconoce cuál es su accionar en la enfermedad, se denomina *Coniothyrium phyllachorae*. Las mazorcas afectadas por la enfermedad pierden peso y los granos se “chupan” (flácidos y flojos) (Deras y Flor de Serrano, 2018).

Cuando la enfermedad se presenta en etapas tempranas del cultivo, los síntomas visibles son puntos negros ligeramente abultados en las hojas rodeados de un halo de color amarillo. El desarrollo de la infección se evidencia con la unión de todos los puntos que llegan a cubrir la hoja hasta secarla. Si la enfermedad aparece durante la floración, las mazorcas pierden peso y los granos se presentan flácidos, pero si la enfermedad emerge cuando los granos están maduros, no se afecta el rendimiento del cultivo. En general, la infección avanza rápidamente de las hojas inferiores hasta las hojas superiores. El follaje completo puede tener la apariencia de quemado debido a la rapidez del ascenso de la infección y de la unión de las lesiones de las hojas (Estrada, 2021).

2.3.7 Etapas de incidencia de la enfermedad.

➤ Etapa temprana.

Cuando la enfermedad se presenta en etapas muy tempranas a partir de los 35 días después de siembra, el daño inicia con pequeños puntos negros ligeramente abultados, en esta etapa se debe estar muy atentos porque la infección puede diseminarse a las

hojas superiores y al resto del cultivo; por lo que la enfermedad debe ser controlada con aplicación de fungicidas específicos para ella. A esta edad del cultivo se requiere de equipo especializado (de preferencia bomba motorizada) para la aplicación del fungicida, guardando todas las medidas de seguridad. Este es el momento más oportuno para su detección y manejo.

➤ Periodo de floración

Si la enfermedad aparece durante la floración, el rendimiento puede verse seriamente afectado si la variedad y/o híbrido es completamente susceptible. Las mazorcas pierden peso y los granos se “chupan” (flácidos y flojos) [Figura 11]. En esta etapa del cultivo un control químico no resulta práctico, es antieconómico y riesgoso para la salud del operador.



Figura 11. Síntomas en los granos y mazorca.
Fuente: Dardón (2013).

➤ Elote duro.

Cuando la enfermedad se presenta en etapa de elote duro, el rendimiento está asegurado.

2.3.8 Condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad.

➤ Climáticas.

El factor climático que más incide en el desarrollo de la enfermedad es la humedad relativa superior al 75%. Temperaturas entre los 17 a 22 °C favorecen el desarrollo de la enfermedad (Pereyda *et al.*, 2009).

El Complejo Mancha de Asfalto (*Phyllachora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*) según Deras y Flor de Serrano (2018) se presenta en zonas relativamente húmedas de los trópicos. Es favorecida por temperaturas entre los 17 y 22 °C, con una humedad relativa superior al 75%, la alta humedad sobre las hojas durante la noche y en la mañana facilita la infección y el establecimiento de los patógenos.

➤ Fertilización.

Las fertilizaciones excesivas con sulfato de amonio, urea o nitrato de amonio provocan que el cultivo sea muy susceptible a la enfermedad (Valencia, 2015). Los residuos de las cosechas anteriores también favorecen para que sea de hospedero para los hongos, se considera una enfermedad nueva, su severidad y facilidad de diseminación la ubican como una enfermedad muy agresiva y si los factores de clima lluvioso o húmedo la favorecen puede ocasionar muerte de la hoja y quemar el cultivo en corto tiempo (Ramírez, 2014).

➤ Densidad de siembra.

Se recomiendan utilizar una densidad de siembra menor a 75 000 plantas por hectárea pues una densidad más elevada favorece el desarrollo de la enfermedad. El efecto puede ser por aumento de la humedad relativa en el microclima generado por la alta densidad de plantación (Navarrete, 2018).

2.3.9 Escala de daños de la Mancha de Asfalto.

López *et al.* (2011) establece dos escalas para la identificación de la Mancha de Asfalto en campo.

➤ En hoja (Figura 12).



ESCALA 1

Aparecen pequeños puntos negros brillantes, ligeramente elevados (apariencia de asfalto) sobre el haz de las hojas inferiores. En esta fase la enfermedad puede pasar desapercibida.



ESCALA 2

Dos a tres días después de la aparición de las manchas negras se comienzan a observar alrededor de ellas unas manchas o halos de tejido muerto de color marrón



ESCALA 3

Las manchas de color marrón proliferan en las hojas y llegan a unirse entre sí, formando extensas áreas de tejido muerto. El tejido se necrosa desde el extremo superior de la hoja hacia su base.



ESCALA 4

Transcurridas las primeras dos a tres semanas de la aparición de los primeros puntos negros, las áreas de tejido muerto cubren toda la hoja.

Figura 12. Escala de daños en hoja de la Mancha de Asfalto.
Fuente: López *et al.* (2011)

➤ En planta.

Mientras las hojas siguen afectándose según la escala antes descrita, la infección avanza rápidamente desde las hojas inferiores hasta las superiores. El follaje completo puede ser quemado en menos de dos semanas, debido a la rapidez de su ascenso y a la unión de las lesiones en las hojas. Según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), si la enfermedad aparece en etapas muy tempranas de la floración, las mazorcas pierden peso y los granos se observan chupados, flácidos y flojos. Las mazorcas pueden germinar prematuramente en la punta (CIMMYT) [Figura 13].



PRIMERA FASE

Afectación muy leve en la escala 1 de las lesiones en las hojas y sólo en las hojas inferiores, el primer cuarto de la planta



SEGUNDA FASE

Se observan hojas inferiores en la Escala 4 de afectación. La enfermedad avanza hasta los dos primeros cuartos de la planta.



TERCERA FASE

La infección progresa rápidamente y se disemina hacia el tercer cuarto de la planta.



CUARTA FASE

La enfermedad ya cubre totalmente el follaje de la planta.

Figura 13. Escala de daños en planta de la Mancha de Asfalto.

Fuente: López *et al.* (2011)

Quiroga *et al.* (2015), definieron la siguiente escala de severidad para el Manejo integrado del complejo mancha de asfalto del maíz en México (Tabla 2).

Tabla 2. Clases en escala ordinal, índice de severidad y rango porcentual del CMA en planta completa.

Clase	Índice de severidad	Rango (%)	Observaciones complementarias
0	Sin daño	0	Sin mancha alguna. Posibles pecas iniciales en hojas inferiores, menores a 0,1 mm sin confirmar presencia de hongos.
1	Daño ligero	$0 < X \leq 10$	Manchas con puntos negros brillantes y comienzo del halo necrótico alrededor del punto negro. Hasta un 10% del tejido está dañado. En hojas inferiores solamente.
2	Daño moderado	$10 < X \leq 30$	Las manchas no alcanzan la hoja del punto de inserción de la mazorca. De 10 a 30% de severidad de tejido foliar dañado.
3	Moderadamente severo	$30 < X \leq 60$	Las manchas necróticas alcanzan y superan la hoja del punto de inserción de la mazorca, pero no alcanzan las hojas superiores. De 30 a 60% de severidad de daño del tejido foliar.
4	Severo	$60 < X \leq 85$	Las manchas necróticas se generalizan en la planta, excepto en dos a cuatro hojas superiores. De 60 a 85% de severidad de daño del tejido foliar
5	Muy severo	$85 < X \leq 100$	Necrosis generalizada de la planta. Hasta una o dos hojas superiores sin manchas o ninguna hoja (100% de daño). Dependiendo de la fenología de la planta, se observan mazorcas sin grano o muy poco grano.

Conclusiones parciales.

Según las investigaciones realizadas la Mancha de Asfalto es una enfermedad que afecta al maíz y es causada por el ataque de un complejo de hongos *Phyllacora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllacorae*.

Los factores físicos del medio, principalmente temperaturas entre 17 y 22 °C y humedad relativa del 75%, son determinantes en su desarrollo. Otros factores como niveles de fertilización nitrogenada altos, la siembra de varios ciclos de maíz por año en el mismo sitio, el uso de genotipos susceptibles, la baja luminosidad y la virulencia de los

patógenos involucrados, también favorecen su desarrollo (Pereyda *et al.*, 2009).

2.3.10 Reportes de estudios realizados sobre la Mancha de Asfalto en Cuba y en la provincia de Matanzas.

El Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal [INISAV] (2014) en visita a plantaciones de maíz de la provincia de Ciego de Ávila para la evaluación de las afectaciones producidas por la enfermedad conocida como Complejo de la Mancha de Asfalto del maíz, emitieron entre otras las siguientes conclusiones:

- La primera infección la causa *Phyllachora maydis*. Esta causa la mancha de asfalto, la cual está informada en Cuba (Seydel, 1976). El período de incubación es de 12 a 15 días (Hock *et al.*, 1995).
- En la empresa “La Cuba” hay fuerte incidencia de síntomas típicos del CMA y atizonamiento de las plantas en todos los campos visitados en los cuales van a afectar los rendimientos en diferentes proporciones.
- La enfermedad fue detectada a partir de los 30-40 días de edad de las plantas coincidente en la mayoría de los casos con el proceso de floración. El gran brote atizonamiento por el CMA fue detectado a mediados de junio. De acuerdo a los datos climáticos y las informaciones sobre el patógeno, la enfermedad debió comenzar su desarrollo intenso a partir del inicio de las lluvias y el aumento de la humedad relativa promedio por encima de 70% que ocurrió en la empresa “La Cuba” a finales de abril y mediados de mayo.
- La variedad Tuzón es altamente susceptible al CMA y si se sigue sembrando durante la época lluviosa, deberá ser protegida con aplicaciones de fungicidas.
- Las fuentes de inóculo primario y los posibles hospedantes secundarios del patógeno no se conocen bien. Sin embargo, como estos patógenos quedan en residuos de cosecha, la siembra repetida de maíz en las mismas áreas puede traer consigo aumento poliético del inóculo en los residuos. En grandes máquinas cosechadas con combinadas, es imposible quemar los restos de cosecha debido a que la combinada casi pulveriza los residuos. Sin embargo, para agricultores con áreas más pequeñas sería recomendable reunir los residuos y quemarlos para destruir las fuentes de inóculo.

- Debe notarse que no existen fungicidas autorizados en la lista de plaguicidas (salvo el Ortiva top 325 SC) para el uso en maíz. Protección de plantas y la oficina de registro de plaguicidas deberán tomar las medidas pertinentes para poder registrar y autorizar otros ingredientes activos para poder disponer de rotación de ingredientes activos y evitar problemas de resistencia del patógeno a los fungicidas ya informados en Centroamérica.

En la provincia de Matanzas esta enfermedad se detectó por primera vez en el año 2013, en el municipio de Perico el 19 de junio y en Jovellanos el 21 de agosto, en la variedad Tusón. A partir de lo cual se inició un estudio del comportamiento de la misma hasta el año 2021 (Tabla 3).

Tabla 3. Reportes de incidencia por año y territorios. (2013-2021).

Fuente: Laboratorio provincial de Sanidad Vegetal (LAPROPSAV)

Municipios	Años									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
U. de Reyes	0	1	0	6	0	4	8	0	0	19
Jovellanos	1	2	4	2	2	0	4	2	1	18
Colón	0	0	0	2	0	1	8	2	0	13
Perico	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3
J. Grande	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
Total	2	3	5	10	2	6	22	4	1	55

Como se aprecia los municipios de mayor incidencia corresponden a municipios del centro-sur de la provincia con valores de 19 (34,5%) en U. de Reyes, 18 (32,7%) en Jovellanos y 13 (23,6%) en Colón y el año 2019 destacó con 22 (40,0%) incidencias de la Mancha de Asfalto en la provincia.

Su incidencia se presentó fundamentalmente en los meses de verano, donde las temperaturas oscilaron entre los 28,5 a 32 °C, (meses junio-julio), no coincidiendo con lo reportado en la literatura sobre el rango óptimo para su desarrollo.

De acuerdo con Figueroa y Muñiz (2019) pasado dos días con condiciones favorables para el desarrollo del CMA (temperatura máxima entre 28,5 a 32 °C, humedad relativa media mayor o igual a 70% y mínima superior o igual a 48% y lluvias superiores a los 7,0 mm), aparecen los primeros síntomas de la enfermedad a los 10 días de este período favorable.

2.3.11 Manejo integrado del Complejo Mancha de Asfalto.

Para el manejo de la enfermedad, se ha encontrado que diversos fungicidas son eficaces; sin embargo, su uso es económicamente inviable debido a su alto costo, al equipo de aplicación y al personal que se requiere, aunado al bajo precio del grano en el mercado (Hock *et al.*, 1995). La resistencia del hospedante a través de la generación de genotipos resistentes parece ser la medida de control más segura, tanto económica como ambientalmente (Renfro, 1984). El desarrollo de nuevas variedades ha sido la solución más práctica para el control de diversas enfermedades. En tal sentido Figueroa *et al.* (2015) manifiestan que la generación de plantas resistentes al CMA parece ser la alternativa de control más efectiva y viable.

Como estrategia general, se recomienda el manejo integrado de enfermedades, es decir, el uso de métodos no químicos, tales como variedades resistentes y prácticas culturales (Brenty Hollomon, 2007).

Aragón *et al.* (2013) destacan como mejor control el uso de híbridos o líneas con resistencia al patógeno; aunque si el grado de susceptibilidad no es muy elevado puede ser manejado con aplicaciones de fungicidas del grupo de los triazoles en mezcla con strobilurinas; esto implica el diseño de una estrategia de aplicación y rotación de distintos ingredientes activos, antes del período crítico, el cual generalmente coincide con el inicio de formación de la panoja.

Para prevenir o controlar la enfermedad se recomiendan los siguientes métodos de control:

1. Control cultural.

El Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (2012) sugiere varios tipos de controles culturales:

- Rotación de cultivo.

- Eliminación o incorporación de los residuos de cosecha, donde la incidencia de la enfermedad ha sido muy alta.
- Uniformidad de siembra, lotes muy adelantados o atrasados son más afectados.
- No sembrar en lotes con antecedentes de prevalencia de la enfermedad y cercanos a las riberas de los ríos y con tendencia al encharcamiento.
- Realizar monitoreo frecuente en el cultivo desde su emergencia. Con mayor énfasis a partir de los 40 días, (8-12 hojas).

2. Control biológico

Para el control de la mancha de asfalto se recomienda *Trichoderma harzianum* que actúa mediante la ruptura de paredes de las hifas del hongo parásito, lo penetra con sus hifas y aprovecha nutrimentos de éste y lo rompe completamente. A su vez produce toxinas (tricodermin y harzianopiridona) que causa el antagonismo por fungistasis sobre hongos fitopatógenos (Vargas, 2014).

3. Control químico

Entre los fungicidas reportados como eficaces contra la enfermedad se encuentra el propiconazol, carbendazín, benzimidazol, una mezcla de proxiconazol + carbendazín, y benomil (González, 2005 citado por el Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], 2012).

Se recomienda utilizar fungicidas a partir de los 35 días después de siembra, la aplicación se debe realizar en cuanto se identifiquen los primeros síntomas de la enfermedad, realizando aspersiones preventivas o curativas con diversos fungicidas utilizando rotación de grupos químicos, entre los que se encuentran: Propiconazole 25 EC (0,5 L.ha⁻¹); Alto 10 SL (0,4 - 0,8 L.ha⁻¹); Atlas 25 EC (0,5 - 1,0 L.ha⁻¹); Antracol 70 WG (1,5 - 2,5 kg.ha⁻¹); Captan 50 WP (180 - 270 g.ha⁻¹); Silvacur combi 30 EC (0,3 - 0,75 kg.ha⁻¹) [Cruz, 2013].

En Cuba la firma Syngenta, en julio del 2016, lanzó una carpeta de productos para el cultivo del maíz donde se encontraba un grupo de plaguicidas para el control de malezas, insectos y enfermedades fungosas, de esta última recomendaban para el control del CMA el uso del fungicida Ortiva top, el cual posee un efecto preventivo, curativo y antiespurulante, cuyo ingrediente activo es 200 g azoxystrobin + 125 g de difenoconazol.

4. Control Genético

Se ha encontrado resistencia monogénica a esta enfermedad y se han obtenido variedades resistentes (Paliwal, 2001). El CIMMYT ha desarrollado poblaciones de maíz con resistencia a la Mancha de Asfalto, de donde se han derivado líneas, de las cuales, dos mostraron la presencia de un gen simple y dominante que confiere niveles de resistencia vertical cercanos a la inmunidad, sin embargo, también se observaron niveles de resistencia horizontal con efectos aditivos a partir de cruzamientos dialélicos entre ocho líneas parentales (Ceballos y Deutsch, 1992).

Varón de Agudelo *et al.* (2022) recomiendan varios métodos para el control de la mancha de asfalto: cultural (incorporación al suelo de residuos de cosecha), preventivo (tratamiento de semilla con Fludioxonil), preventivo biológico (*Trichoderma* en el suelo para bajar el inóculo), preventivo con protectantes (aplicaciones foliares en V3, ej.: mancozeb, azufre), preventivo curativo (aplicaciones foliares V6-V10 con benomil + triazol + estrobirulina) y curativo (aplicaciones foliares después de floración [R1, R2, R3] con Benomil + Triazol + Estrobirulina).

Conclusiones parciales.

La enfermedad se reporta en Cuba en el año 2014 en Ciego de Ávila, no obstante, los primeros síntomas en la provincia de Matanzas aparecen en el año 2013 en los municipios de Perico y Jovellanos, con temperaturas superiores a los 28 °C.

Se puede concluir que el mejor método de control de la enfermedad es a través de un manejo integrado de la misma, donde intervienen métodos culturales, agrotécnicos, genéticos y en última instancia con productos químicos, según la literatura consultada.

III. CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados expuestos en el presente trabajo monográfico se arriba a las siguientes conclusiones:

1. El cultivo del maíz requiere temperaturas entre los 21 °C y 32 °C, dependiendo de la humedad relativa del aire y del sub-período vegetativo de desarrollo en que se encuentre la planta para su crecimiento y desarrollo.
2. El maíz es afectado por hongos, bacterias y virus, capaces de provocar enfermedades de importancia agronómica en diferentes partes de la planta, la descripción de la sintomatología, resulta una información valiosa para desarrollar propuestas de programas de manejo integrado que contribuyan a la protección fitosanitaria del cultivo.
3. El Complejo Mancha de Asfalto en los últimos años ha venido afectando las plantaciones del cultivo del maíz en nuestro país, causando grandes afectaciones en el rendimiento.
4. La Mancha de Asfalto es causada por el ataque de un complejo de hongos *Phyllacora maydis* Maubl., *Monographella maydis* Müller & Samuels y *Coniothyrium phyllachorae* Maubl.
5. Temperaturas entre 17 y 22 °C y humedad relativa del 75%, son determinantes en el desarrollo de la enfermedad. En la provincia de Matanzas su incidencia se presentó en los meses de junio-julio, donde las temperaturas oscilaron entre los 28,5 a 32 °C, no coincidiendo con lo reportado por la literatura en tal sentido.
6. Para el control del Complejo Mancha de Asfalto se recomienda el manejo integrado donde intervienen métodos culturales, agrotécnicos, genéticos y en última instancia el uso de productos químicos.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, H. J. y Coral, J. V. 2017. Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la parroquia Malchinguí. Trabajo de titulación en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador.

Aragón, L.; Castillo, J. y Fernández-Northcote, E. N. 2013. Boletín técnico fitosanitario de maíz en apoyo a la toma de decisiones en bioseguridad. Proyecto LAC-Biosafety, Perú. Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 61 p.

Ayala, R. O.; Navarro, F. y Virla, E. G. 2013. Evaluation of the attack rates and level of damages by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), affecting corn-crops in the northeast of Argentina. Rev. Fac. Cienc. Agr. 45(2): 1-12

Barroso, F. R. 2017. Imágenes aéreas de muy alta resolución para la caracterización del maíz (*Zea mays* L.) de regadío en una zona semiárida. Albacete. Tesis en opción al grado científico de Doctor. Universidad Castilla-La Mancha

Blanco, Y. 2017. Manejo oportuno de los arvenses en sus relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz (*Zea mays* L.) del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en un sistema sucesional. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

Brent, K. J. y Hollomon D. W. 2007. Fungicide resistance: the assessment of risk. Fungicide Resistance Action Committee. FRAC Monograph No. 2, 2nd edition. Printed by Aimprint in the United Kingdom. 53 p.

Brieva, S. y Costa, A. M. 2013. Visión prospectiva de la cadena del maíz al 2030. En Serie de documentos de trabajo N° 19. Proyecto MINCYT-BIRF: Estudios del Sector Agroindustrial. 75 p.

Castañó, E. J. 2020. Respuesta a la eficiencia nutricional del maíz “Ilusión CPR” en tres cortes para ensilaje en la Comuna Río Verde, Santa Elena. Trabajo de titulación en opción al título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Estatal Península Santa Elena.

Ceballos, H. y Deutsch, J. A. 1992. Inheritance of resistance to tar spot complex in maize. *Phytopathology* 82(5): 505-512.

Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. Programa de Maíz del CIMMYT. México, D.F. 118 p.

Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2012. Complejo mancha de asfalto del maíz: Hechos y acciones [en línea]. Disponible en: <https://idp.cimmyt.org/publicacion/complejo-de-la-mancha-de-asfalto-del-maiz-hechos-y-acciones/> [Consulta: enero, 21 2022].

Collazo, G. M. 2009. Acercamiento de la cultura del maíz en Cuba [en línea]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM%2FAmbienta_2009_92_11_12.pdf [Consulta: enero, 8 2022].

Córdova H. S.; Barreto H. J. y Crossa J. 1994. Impacto del desarrollo de híbridos de maíz en Centro América. *Agronomía Mesoamericana*. 5: 78-87.

Cristino, M. J. y Nopitsch, A. 2012. Bases fisiológicas de respuesta a las manchas foliares (*Cochliobolus sativus*) en cebada cervecera. Tesis en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de la República.

Cruz, O. F. 2013. El cultivo del maíz. Manual para el cultivo del maíz en Honduras: Tercera Edición. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Tegucigalpa, Honduras. 27 p.

Dardón, D. N. 2013. Recomendaciones para el manejo de la mancha de asfalto (*Phyllacora maydis* Maublanc, *Monographella maydis* Muller y Samuels y *Coniothirium phyllacorae* Maublanc) en el cultivo del maíz. Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas (ICTA). Guatemala. p. 8.

Deras, H. R. y Flor de Serrano, R. 2018. Cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova (CENTA). Ministro de Agricultura y Ganadería. El Salvador. 32 p.

Estrada, M. E. 2021. Principales enfermedades del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. Científica Agroecosistemas. 9(2): 53-59.

FAO. 2019. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> [Consulta: enero, 21 2022].

Farinango, V. A. 2015. Evaluación fitosanitaria y potencial agronómico de la variabilidad de maíz de Cotacachi y Saraguro en las principales zonas maiceras de Imbabura y Loja. Tesis de grado en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador.

Félix-Gastélum, R.; Lizárraga, G. J.; Maldona, I. E.; Leyva, K. Y.; Herrera, G. y Espinoza, S. 2017. Confirmación de la identidad de *Exserohilum turcicum*, agente causal del tizón foliar del maíz en Sinaloa. Mexicana de Fitopatología. 36(3): 468 - 478.

Fernández, R.; Morales, L. A. y Gálvez, A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. Fitotecnia Mexicana. 36 (3-A): 275-283.

Figuroa, E.; Godínez, L. y Pérez, F. 2015. Ciencias de la biología y agronomía. Handbook T-I. Universidad Autónoma Chapingo, México. 174 p.

Figuroa, M. A. y Muñiz, M. 2019. Pronostico del complejo fúngico mancha de asfalto en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Descripción, efectividad y validación. En: Fórum Provincial de Ciencia y Técnica. Matanzas. 8 p.

Garcés, C. 2020. Caracterización socio-económica de las unidades productoras de maíz suave (*Zea mays* L) en la parroquia Santa Fe, Guaranda provincia Bolívar. Proyecto de investigación en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar.

García, M. T. 2015. Empleo de policultivos para el manejo de plagas en el maíz (*Zea mays* L.). Santa Clara. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2016. *Linochora* F. von Höhnelt, 1910 [en línea]. Disponible en: <http://www.gbif.org/species/108338370> [Consulta: noviembre, 11 2021].

Gómez, N. O.; González, M.; Cantú, M. A.; Sierra, M.; Coutiño, B. y Manjarrez, M. 2013. ‘H-563’ híbrido de maíz tropical tolerante a la enfermedad Mancha de Asfalto. *Fitotecnia Mexicana*. 36(1): 81-83.

González, A. y Reyes, L. 2014. El conocimiento agrícola tradicional, la milpa y la alimentación: el caso del Valle de Ixtlahuaca, Estado de México. *Geografía Agrícola*. 52-53: 21-42.

Grande, C. D. y Orozco, B. S. 2013. Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Científica Guillermo de Ockham*. 11 (1): 97-110.

Hatfield, J. L. y Prueger, J. H. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*. 10: 4-10

Hernández, A.; Estrada, B.; Rodríguez, R.; García, J. M.; Patiño, S. A. y Osorio, E. 2019. Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10(4): 803 - 813.

Hernández, L.; Sandoval, J. S.; Mahuku, G.; Benítez, I. y Cruz, S. 2015. Genética de la resistencia al complejo mancha de asfalto en 18 genotipos tropicales de maíz. Fitotecnia Mexicana. 38(1): 39 - 47.

Herrera, J.; Duarte, C.; González, F. y Cid, G. 2016. Efecto del exceso de humedad del suelo sobre el rendimiento en algunos cultivos de importancia agrícola en Cuba. Ingeniería Agrícola. 6 (2): 3-7.

Hochholdinger, F.; Yu, P. y Marcon, C. 2017. Genetic control of root system development in maize. Trends Plant Sci. 23: 79-88.

Hock, J.; Dittrich, U.; Renfro, B. y Kranz, J. 1992. Secuencial development of pathogens in the maize tar spot disease complex. Mycopathologia. 117: 157-161.

Hock, J.; Kranz, J. y Renfro, B. L. 1995. Studies on the epidemiology of the tar spot disease complex of maize in Mexico. Plant Pathology. 44(3): 490-502.

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). 2014. Informe de la visita a plantaciones de maíz en la provincia de Ciego de Ávila para la evaluación de las afectaciones producidas por la enfermedad conocida la enfermedad conocida como Complejo de la Mancha de Asfalto del maíz. La Habana, Cuba. 19 p.

López, C.; Salazar, O.; Dax, R.; Osorio, M.; Calderón, C.; Cabrera, H.; Ferrufino, A.; Viana, A.; Saavedra, D. 2011. Reconocimiento en campo de la Mancha de Asfalto en el cultivo de maíz. Proyecto Red de Innovación Agrícola, Red SICTA Ixcan. Guatemala. 8 p.

López, R. y Gil, V. 2011. Generalidades del Cultivo del Maíz. Editorial Feijóo. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Santa Clara, Cuba. 62 p.

MAGRAMA. 2017. Material vegetal - Maíz. [en línea]. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/app/materialvegetal/fichamaterialvegetal.aspx?idficha=1180> [Consulta: noviembre, 11 2021].

Maluenda, J. 2019. Maíz 2019/20. Producción record y descenso de stocks en campañas consecutivas [en línea]. Disponible en: <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2019/06/maiz201920c.pdf> [Consulta: marzo, 18 2022].

Martínez, J. y Espinosa, N. 2014. Sugerencias para el control de complejo mancha de asfalto del maíz en la Frailesca, Chiapas. Folleto para productores No. 13. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. México. 15 p.

Marcillo, J. B. 2014. Respuesta del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) DK-7088 a la fertilización con macro y microelementos, bajo riego por goteo en el cantón Balzar-Guayas. Tesis de grado en opción al título de Ingeniero Agrónomo Universidad de Guayaquil.

MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2009. Manejo integrado de plagas en el cultivo del maíz. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. 14 p.

MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2017. Análisis del cultivo del maíz. Directivas para el 2017. Dirección de agricultura. La Habana, Cuba. 27 p.

Monterroso, D. 2014. Manejo integrado de la mancha de asfalto del maíz: Manual para la capacitación de capacitadores. Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) y Consultoría Técnica

Internacional S.A. (COTINSA). Guatemala. 24 p.

Monterroso, D.; Gallardo, N. y Zúñiga, J. A. 1974. Informe del programa de investigación de maíz y frijol. Proyecto de Colaboración Ministerio de Agricultura-Facultad de Agronomía (FAUSAC). Mimeografiado. Guatemala, Guatemala. 80 p.

Morán, E. A. 2020. Estimación de curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de maíz híbrido (*Zea mays*), en tres zonas productoras de la provincia de Los Ríos. Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo.

Moreira, A.; Veintimilla, M.; Molina, V. y Chávez, R. 2018. Efecto del fertilizante foliar SOL-U-GRO 12-48-8 en diferentes dosis y aplicaciones en el cultivo de maíz (*Zea mays* L) en el cantón Babahoyo. AGRO-UTB. 2(3): 40-49.

Mottaleb, K. A.; Loladze, A.; Sonder, K.; Kruseman, G. y San Vicente, F. 2018. Threats of Tar Spot Complex disease of maize in the United States of America and its global consequences. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 24(2): 281-300.

Navarrete, R. F. 2018. Evaluación de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) cultivados con dos distancias de siembra sobre el rendimiento del cultivo en la zona de Daule. Trabajo de Titulación en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil.

Oleas, C. M. 2014. Control de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en la provincia de Bolívar, cantón San José de Chimbo. Sector Yacán. Tesis en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato.

ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). 2020. Anuario Estadístico de Cuba 2019. Capítulo 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. La Habana, Cuba. 37 p.

Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050 [en línea]. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf [Consulta: enero, 14 2022].

Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2012. El estado mundial de la agricultura y la alimentación [en línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/agrifood-economics/publications/detail/es/c/165926/> [Consulta: enero, 14 2022].

Ortigoza, J.; López, C. A. y González, J. D. 2019. Guía técnica cultivo de maíz. Universidad Nacional de Asunción. Facultad Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay. 48 p.

Paliwal, R. 2016. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción [en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos93/clasificacion-taxonomica-algunas-especies-interes-agropecuaria/clasificacion-taxonomica-algunas-especies-interes-agropecuaria.shtml#maiza>. [Consulta: marzo, 5 2022].

Paliwal, R. L.; Honor Renée Lafitte, G. G.; Violic, A. D. y Marathée, J. P. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 383 p.

Peláez, O. 2020. Tecnología cubana para aumentar producción de maíz [en línea]. Disponible en: <https://www.granma.cu/ciencia/2020-09-04/tecnologia-cubana-para-aumentar-produccion-de-maiz-04-09-2020-22-09-39> [Consulta: marzo, 18 2022].

Pereyda, J.; Hernández, J.; Sandoval, J. S.; Aranda, S.; León, C. y Gómez, N. 2009. Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*. 43(5): 511-519.

Pérez, P.; Rodríguez, E.; Grande, O.; Faure, B.; Benítez, R. y Torres, M. 2014. Guía Técnica para la producción de frijol común y maíz. Instituto de Investigaciones de Granos. La Habana, Cuba. 40 p.

Quiroga, R. R.; Garrido, E. R.; Rosales, M. A. y Salazar, W. M. 2015. Informe de proyecto de investigación año 2014: Identificar/Optimizar estrategias para el manejo sustentable del Complejo Mancha de Asfalto (CMA) del Maíz en América Central y Colombia. Universidad Autónoma de Chiapas-Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 46 p.

Quiroga, R. R.; Garrido, E. R.; Rosales, M. A. y Salazar, W. M. 2017. Manual técnico: Manejo integrado del complejo mancha de asfalto del maíz en México. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 39 p.

Ramírez, R. S. 2014. Identificación, incidencia y severidad de la Mancha de Asfalto, en Colatlan Ixhuathan de Madero. Veracruz. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Renfro B. L. 1984. Breeding methods and genetic control of disease resistance in tropical maize. *Tropical Plant Pathology*. 1: 225-244.

Reséndiz, R. Z.; López, S. J. A.; Osorio, H. E.; Estrada, D. B., Pecina, M. J. A.; Mendoza, C. M. C. y Reyes, M. C. A. 2016. Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 20(59): 3-14.

Ríos, E. N. 2016. Identificación y variabilidad genética de los fitopatógenos asociados a la mancha de asfalto en el cultivo de maíz. Tesis en opción al grado científico de Doctor

en Ciencias en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Ríos, E. N.; Ochoa, Y. M.; Cerna, E.; Landeros, J.; Cepeda, M. y Rodríguez, R. 2017. Hongos asociados a la mancha de asfalto en el cultivo de maíz en México. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(2): 457-462.

Rivas, A. y Rodríguez, J. 2020. Descripción de los estados de desarrollo de *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae) vector de enfermedades en maíz. Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 16 p.

Rodríguez, A.; Rodríguez, P. y Grande, O. 2013. Guía Técnica para la producción de maíz (*Zea mays* L.). Instituto de Investigaciones de Granos, La Habana, Cuba. 29 p.

Rodríguez, A. V. 2018. Comportamiento de híbridos de maíz ante una cepa de *Aspergillus flavus* en la provincia de Córdoba. La Plata. Tesis en opción al título de Magister Scientiae. Universidad Nacional de La Plata.

Román, A.; Monar, C.; Silva, D. y Rodríguez, E. 2018. Fitopatógenos asociados a enfermedades foliares de maíz en la provincia de Bolívar. *Investigación Talentos*. 1: 544–553.

Ruhl, G.; Romberg, M. K.; Bissonnette, S.; Plewa, D.; Creswell, T. y Wise, K. A. 2016. First report of tar spot on corn caused by *Phyllachora maydis* in the United States. *Plant Dis*. 100(7): 1496.

Saavedra, G. y González, M. 2014. El cultivo del maíz choclero y dulce. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Regional de Investigación La Platina. Boletín INIA. No 303. Santiago de Chile, Chile. 143 p.

Saenz, C. P. 2015. Potencial agronómico y variación económica de híbridos de maíz cristalino duro (*Zea mays* L) en tres zonas agroecológicas de litoral ecuatoriano. Proyecto de Investigación en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Sánchez, I. 2014. Maíz I (*Zea mays*). Reduca (Biología). 7 (2) : 151–171.

Seidel, D. 1976. Lista preliminar de hongos fitopatógenos de Cuba. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 186 p.

Serratos, J. A. 2012. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. 2da Edición. Greenpeace. México. 40 p.

Shim, D.; Lee, K. J. y Lee, B. W. 2017. Response of phenology and yield related traits of maize to elevated temperature in a temperate region. The Crop Journal. 5: 305-3016.

Silva, C. J. 2019. Manejo integrado de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Trabajo de Titulación en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo.

Simón, M. R. y Golik S. I. 2018. Cereales de verano. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 429 p.

Socorro, M. A. y Martín, D. S. 1998. Granos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p 240 - 247.

Urretabizkaya, N. 2018. Manejo integrado de plagas asociadas al cultivo de maíz. Estrategias de control. Protección Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 53 p.

Ustarroz, F.; Saavedra, A.; Errasquin, L.; Bragachini, M.; Casini, C. y Mendez, J. 2010. Maíz Cadena de Valor Agregado. Alternativas de transformación e industrialización. Actualización Técnica N° 54. Ediciones INTA PRECOP II. 33 p.

Valencia, G. M. 2015. Efecto de cinco niveles de nitrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) vía riego por goteo, utilizando dos fuentes de fertilizantes. Tesis de grado en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil.

Vargas, C. J. 2012. Efecto de la aplicación de varios fungicidas sobre el control de mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*), en el híbrido de maíz 2B-707 en la zona de Febres- Cordero, provincia de Los Ríos. Tesis de grado en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo.

Vargas, R. E. 2014. Antagonismo de *Trichoderma koningiopsis* y *Trichoderma harzianum* sobre *Fusarium oxysporum* F. SP. Cepae y *Phoma terrestris* in vitro. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Varón de Agudelo, F.; Rodríguez, J.; Villalobos, J. C. y Parody, J. 2022. Manual de enfermedades y plagas del maíz. Advanta Seed International, Latinoamérica Norte. 72 p.

Varón de Agudelo, F. y Sarria, G. A. 2007. Enfermedades del maíz y su manejo. Compendio Ilustrado. Instituto Colombiano Agropecuario. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. Palmira, Colombia. 55 p.

Wise, K.; Ruhl, G. y Creswell, T. 2016. Diseases of corn Tar Spot. Purdue extension. Purdue University, Indiana, EEUU [en línea]. Disponible en: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/BP/BP-90-W.pdf> [Consulta: marzo, 18 2022].

Yanez, C.; Zambrano, J. L.; Caicedo, M. y Heredia, J. 2013. Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Programa de Maíz. INIAP. Quito, Ecuador. 28 p.