



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

INDUCCIÓN DE RESISTENCIA A ROYA COMÚN (*Puccinia sorghi*), COMPLEJO DE MANCHA DE ASFALTO (*Phyllachora maydis* y otros) Y DIENTE DE CABALLO (*Claviceps gigantea*) EN MAÍZ (*Zea mays* L.)

FEDERICO DÍAZ MORALES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Federico Díaz Morales, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Carlos De León García De Alba, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis

Indicaciones de procedimiento a seguir cuando el beneficiario suscriba, completo de nombre de apellido, Domicilio completo y ciudad y estado de origen. Al otorgar pluma en este día hoy.

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 19 de julio de 2018



Firma del
Alumno (a)



Dr. Carlos De León García De Alba
Vo. Ba. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: Inducción de resistencia a roya común (*Puccinia sorghi*), complejo de mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* y otros) y diente de caballo (*Claviceps gigantea*) en maíz (*Zea mays*) realizada por el alumno: Federico Díaz Morales bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Carlos De León García De Alba

ASESOR



Dr. Cristian Nava Díaz

ASESORA



Dra. Ma. Del Carmen Mendoza Castillo

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2018

INDUCCIÓN DE RESISTENCIA A ROYA COMÚN (*Puccinia sorghi*), COMPLEJO DE MANCHA DE ASFALTO (*Phyllachora maydis* y otros) Y DIENTE DE CABALLO (*Claviceps gigantea*) EN MAÍZ (*Zea mays*)

Díaz-Morales, Federico

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

El uso indiscriminado de agroquímicos para el control de enfermedades ha causado serios problemas de salud y ambientales por lo que es necesario mejorar las estrategias de manejo de plagas, una de ellas es la inducción de resistencia. Para probar la eficiencia de productos reportados como inductores de resistencia a enfermedades en cultivos, en 2016 y 2017 se establecieron ensayos en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Toluca, con el híbrido de maíz comercial BG-1384W, donde se estudió la eficiencia como inductores de resistencia de seis agroquímicos a la roya común (*Puccinia sorghi* Schw.), el complejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl. y otros) y el diente de caballo (*Claviceps gigantea* Fuentes y otros), con dos formas de aplicación (vía suelo y vía foliar) y tres dosis (comercial recomendada, mitad de la recomendada y recomendada más 50%) para cada agroquímico. Los productos evaluados fueron Aliette, Actigard, Serenade, Consist Max, Messenger y Poncho Votivo. Se registraron datos agronómicos en un ensayo de rendimiento y la severidad de las mencionadas enfermedades. En 2016, la severidad no fue afectada por ninguno de los agroquímicos aunque se incrementó el rendimiento con las aplicaciones de Aliette y Actigard. En 2017, Serenade disminuyó la severidad de la roya, mientras que Aliette disminuyó la severidad del complejo mancha de asfalto, pero mostró el rendimiento más bajo.

Palabras clave: inductores, maíz, Fosetil-Al, *Bacillus subtilis*

RESISTANCE INDUCTION TO COMMON RUST (*Puccinia sorghi*), TAR SPOT COMPLEX (*Phyllachora maydis* and other) and HORSETOOTH (*Claviceps gigantea*) IN MAIZE (*Zea mays*)

ABSTRACT

The indiscriminate use of agrochemicals to control pests has caused serious health and environmental problems making it necessary to develop strategies for pest management, one of which is the induction of resistance. In order to prove the efficiency of products reported to induce disease resistance in crops, in 2016 and 2017, trials were established in the Experimental Station of the Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Toluca, with the commercial hybrid maize BG-1384W. The products evaluated were Aliette, Actigard, Serenade, Consist Max, Messenger and Poncho Votivo. Efficiency of disease resistance inducers was studied against common rust (*Puccinia sorghi* Schw.), tar spot complex (*Phyllachora maydis* Maubl. and others), and horse's tooth (*Claviceps gigantea* Fuentes *et al.*), in two methods of application (soil and foliar application), and three dosages (recommended commercial, half of the recommended one, and recommended plus 50%) for each chemical. Agronomic data was recorded in a yield trial and disease severity for each disease. In 2016, severity was not affected by none of the products evaluated but Aliette and Actigard increased grain yield. In 2017, Serenade decreased tar spot severity while Aliette increased grain yield.

Keywords: inductors, maize, Fosetil-Al, *Bacillus subtilis*

DEDICATORIA

A mi mamá

Natalia Morales López, por su amor incondicional.

A mis hermanos

Rufino, Aniceto, Ausencio, Arely, Fermín y Santiago.

A mi abuelita

Rosenda López Agustina, su amor siempre estará en nuestros corazones.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados, al programa de Fitosanidad-Fitopatología y a todo el personal que lo integra.

Al Dr. Carlos De León por su apoyo y su guía para llevar a cabo la presente investigación, sobre todo por su infinita paciencia durante mi estancia en la maestría. Por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Dr. Cristian Nava Díaz y la Dra. Ma. Del Carmen Mendoza Castillo por su colaboración, y sus valiosas aportaciones al proyecto.

A Julieta por su amistad y su apoyo, también por su paciencia.

Al Dr. Andrés y la Dra. Gloria, mis profes que me han brindado su amistad, su apoyo y sus consejos.

A Rosenda por estar siempre conmigo, en los momentos buenos y malos.

A Itzel, Edith y Alicia por brindarme su amistad.

A Isaí por su amistad y sus consejos para perder el miedo a los nuevos retos.

A Roberto y su familia por su amistad y por esos cafés en la noche.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Enfermedades.....	2
2.1.1. Roya.....	2
2.1.2. Complejo mancha de asfalto.....	3
2.1.3. Diente de caballo.....	3
2.2. Resistencia inducida.....	4
2.3. Inductores de resistencia.....	6
2.3.1. Fosetil-Al (Aliette® WDG).....	6
2.3.2. Acibenzolar-S-metil (Actigard®).....	6
2.3.3. Tebuconazole + Trifloxystrobin (Consist Max®).....	7
2.3.4. <i>Bacillus subtilis</i> cepa QTS 713 (Serenade®).....	8
2.3.5. <i>Bacillus firmus</i> + Clotianidin (Poncho Votivo®).....	9
2.3.6. Proteína Harpin (Messenger Gold®).....	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	10
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. General.....	10
4.2. Objetivos específicos.....	11
5. HIPÓTESIS.....	11
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
6.1. Tratamientos evaluados.....	12
6.2. Evaluación de la intensidad de las enfermedades.....	13
6.3. Variables agronómicas.....	13
6.4. Análisis de datos.....	14
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
7.1. Ciclo de siembra 2017.....	14
7.1.1. 50% Floración masculina.....	14

7.1.2.	50 % Floración femenina	15
7.1.3.	Relación floración masculina/femenina (ASI: Anthesis silking interval)	16
7.1.4.	Altura de planta y mazorca.....	17
7.1.5.	Índice de posición de mazorca	18
7.1.6.	Aspecto de mazorca	19
7.1.7.	Mazorcas podridas.....	19
7.1.8.	Rendimiento de grano ajustado.....	20
7.1.9.	Severidad de las enfermedades	23
7.1.9.1.	Severidad de complejo mancha de asfalto.....	23
7.1.9.2.	Severidad de roya común.....	23
7.2.	Ciclo de siembra 2017	25
7.2.1.	50% Floración masculina.....	25
7.2.2.	50% Floración femenina	26
7.2.3.	Relación floración masculina/femenina (ASI: Anthesis silking interval)	27
7.2.4.	Altura de planta	27
7.2.5.	Altura de mazorca.....	28
7.2.6.	Índice de posición de mazorca	29
7.2.7.	Aspecto de planta	30
7.2.8.	Aspecto de mazorca	31
7.2.9.	Número de mazorcas podridas	32
7.2.10.	Rendimiento de grano ajustado.....	32
7.2.11.	Severidad de las enfermedades	35
7.2.11.1.	Severidad de la roya, primera evaluación.....	35
7.2.11.2.	Severidad de la roya, segunda evaluación.....	36
7.2.11.3.	Mancha de asfalto.....	36
8.	CONCLUSIONES	38
9.	LITERATURA CITADA.....	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Agroquímicos evaluados.....	12
Cuadro 2. Agroquímicos y dosis a utilizar. TO-2016, 2017.....	13
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable floración masculina. TO-2016.....	15
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable floración femenina. TO-2016.....	15
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable relación floración femenina/masculina (ASI). TO-2016.....	16
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta. TO-2016.....	17
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca. TO-2016.....	17
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable índice de posición de mazorca. TO-2016.....	18
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable aspecto de mazorca. TO-2016.....	19
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable mazorcas podridas. TO-2016.....	20
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano (ajustada). TO-2016....	20
Cuadro 12. Agrupación de medias de agroquímicos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para las variables características agronómicas. TO-2016.....	22
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable severidad de mancha de asfalto (<i>Phyllachora maydis</i> Maubl.). TO-2016.....	23
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable severidad de roya común (<i>Puccinia sorghi</i> Schwein). TO- 2016.....	24
Cuadro 15. Agrupación de medias de agroquímicos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para la variable severidad de roya y complejo de mancha de asfalto. TO-2016..	25
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable floración masculina. TO-2017.....	25
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable floración femenina. TO-2017.....	26
Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable relación floración femenina/masculina (ASI). TO-2017.....	27
Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable altura de planta. TO-2017.....	27
Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca. TO-2017.....	29

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable índice de posición de mazorca en la planta. TO-2017.....	<u>29</u>
Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable aspecto de planta. TO-2017.....	<u>30</u>
Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable aspecto de mazorca. TO-2017.....	<u>31</u>
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable número de mazorcas podridas. TO-2017.....	<u>32</u>
Cuadro 25. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano ajustado.....	<u>33</u>
Cuadro 26. Agrupación de medias de tratamientos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para la variable variables características agronómicas. TO-2017.....	<u>34</u>
Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable severidad de roya, primera evaluación. TO-2017.....	<u>35</u>
Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable severidad de roya, segunda evaluación. TO-2017.....	<u>36</u>
Cuadro 29. Análisis de varianza para la variable severidad del complejo de mancha de asfalto. TO-2017.....	<u>37</u>
Cuadro 30. Agrupación de medias de agroquímicos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para la variable severidad de roya y complejo de mancha de asfalto. TO-2017..	<u>37</u>

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas) siendo la especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teocintle, son formas silvestres de *Zea mays* (FAO, 2010).

Por su producción, el maíz es el segundo cultivo más importante en el mundo, después del trigo. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia económica ya que se usa como alimento para humanos, como forraje para el ganado y en un gran número de subproductos industriales (FAO, 2016). Este cereal es una fuente de materia prima para producir almidón y derivados como edulcorantes, aceite, alcohol y otros que se utilizan como materia prima en la industria química.

México es centro de origen y diversidad de decenas de especies de plantas cultivadas, entre las que destaca el maíz. Este cereal no sólo constituye el alimento básico de países de Mesoamérica, pues además es una de las bases de la cultura de México. El maíz es, por mucho, el cultivo agrícola más importante de México, desde el punto de vista alimenticio, industrial, político y social (Saint y López, 1997).

La producción de este cereal está diseminada en todo el territorio nacional en donde las regiones Centro Occidente y Sureste del país aportan 57.5 % de la producción total. En 2014, la superficie total sembrada en el país fue de 7 426 412.19 ha, con un rendimiento promedio de 3.30 t/ha (SIAP, 2014).

El maíz, al igual que otros cultivos, tiene problemas fitosanitarios, entre los más importantes destacan los que afectan las inflorescencias, como el carbón de la espiga (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zaae*), que afecta la espiga y la mazorca; el carbón común (*Ustilago maydis*) que afecta principalmente a la mazorca, el diente de caballo (*Claviceps gigantea*) que afecta la mazorca y la roya común (*Puccinia sorghi*) y el complejo de mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* y otros) que atacan al follaje.

Para producir granos libres de residuos químicos y mejorar el ambiente, es necesario utilizar alternativas como el uso de inductores de resistencia que se han venido implementando para controlar enfermedades en otros patosistemas, especialmente en cultivos con alto valor, como son los cultivos hortícolas. En gramíneas existen pocos estudios sobre inducción de resistencia.

Está documentado que el tratamiento de plantas con varios agentes, incluyendo patógenos virulentos o avirulentos, no patógenos, fragmentos de pared celular, extractos de plantas, y químicos sintéticos, pueden inducir resistencia al ataque de patógenos (Walters y Fountaine, 2009).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Enfermedades

2.1.1. Roya

La roya común es una enfermedad fungosa que se encuentra ampliamente distribuida en climas subtropicales y templados. La roya común es más conspicua cuando las plantas están próximas a la floración. Se le puede reconocer por la presencia de pústulas pequeñas y pulverulentas alargadas, 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; la epidermis se rompe y las lesiones se vuelven negras, a medida que la planta madura. El hospedante alternativo (*Oxalis* spp.) es infectado frecuentemente donde con pústulas color anaranjado claro (CIMMYT, 2005). En *Oxalis* spp. se forman las ecidiosporas que darán inicio al proceso de infección sobre las de maíz.

Una de las herramientas para el manejo de roya común del maíz es el uso de híbridos resistentes. La mayor parte de los híbridos que se destacan por su rendimiento son susceptibles a roya común del maíz, por lo tanto la aplicación de fungicidas foliares es una alternativa válida para reducir las pérdidas de rendimiento causadas por esta enfermedad. En un estudio realizado por Couretot *et al.* (2012) las mezclas de triazoles y estrobilurinas resultaron en el control de la enfermedad.

La roya común es un parásito obligado que necesita tejido vivo para desarrollarse (biótrofico), es macrocíclica ya que presenta los cinco estados esporicos: espermogonio (fase O), aecio (fase I), uredo (Fase II), telio (Fase III) y basidio (Fase IV) y cada estado esporico es morfológica y funcionalmente diferente dentro del ciclo de vida. El hongo lleva a cabo su ciclo de vida en dos hospedantes (maíz y *Oxalis* spp.). En las plantas de maíz presenta las fases de uredospora (estado infectivo del patógeno), teliospora con estructuras de resistencia con pared gruesa en las que ocurre cariogamia y meiosis para originar basidiosporas que no son infectivas para el maíz, pero que infectan a *Oxalis* spp., su hospedante alternativo, en donde completa su ciclo biológico en estados de picnia y aecia (Zuluaga *et al.*, 2008).

2.1.2. Complejo mancha de asfalto

El Complejo Mancha de Asfalto (CMA) se reportó por primera vez en México por Maublanc (1904), posteriormente se determinó que el CMA es causado por varios hongos, donde *P. maydis* es el primero que se establece para luego llegar *Monographella maydis* (Müller and Samuels, 1984) y por último, dentro de los estromas de *P. maydis* se asienta el hiperparásito *Coniothyrium phyllachorae* Maubl. (Monterro *et al.*, 1974). Esta enfermedad puede llegar a causar pérdidas de 30 % a 100 % (Hock *et al.* 1989; Martínez y Espinosa, 2014).

Phyllachora maydis inicia con pequeños puntos negros brillosos y abultados, ovalados o circulares con un diámetro de 0.5 a 2mm. Posteriormente, *Monographella maydis* produce un halo color pajizo que rodea a los puntos negros, este hongo es el que ocasiona el mayor daño, provocando el aspecto quemado del follaje, puede aparecer a tres días después de *P. maydis* (Guzmán *et al.*, 2014). La sinergia de *P. maydis* y *M. maydis* origina áreas de tejido foliar necrosado cada vez más amplias, generalmente desde las hojas inferiores hacia la parte superior del follaje, donde la hoja de inserción de la mazorca, debido a su importancia en la asignación de fotosintatos que contribuyen al llenado de grano, es decisiva en el grado de severidad y daño ocasionado por el CMA (Quiroga *et al.*, 2017). Las mazorcas de las plantas afectadas son muy livianas y tienen granos flojos que no alcanzan a compactarse; muchos de los en la punta maduran germinan prematuramente mientras aún están en el olote (CIMMYT, 2004).

Es de suma importancia identificar las primeras manchas de asfalto, que aparecen regularmente entre los 40 y 50 días, para que la aplicación química interrumpa la producción de inóculo secundario y así disminuir la infección por *M. maydis* que es el responsable de los daños más severos en el CMA. Como estrategia general, se recomienda el manejo integrado, utilizando variedades resistentes o tolerantes, prácticas culturales que reduzcan la presión de la enfermedad y fungicidas. Dentro del catálogo de fungicidas que se utilizan para el control de CMA se encuentran los ingredientes activos tales como benomil, tebuconazol, Trifloxystrobin + tebuconazol, piraclostrobin + epoxiconazol y flutriafol (Quiroga *et al.*, 2017).

2.1.3. Diente de caballo

Esta enfermedad fue reportada por primera en el municipio de Amecameca, Estado de México (Fuentes *et al.* 1964). *Claviceps gigantea*, en su estado de desarrollo final, produce esclerocios de

color blanco a crema, pegajosos y huecos que reemplazan a los granos en la mazorca; en donde se encuentran desde uno a varios en cada mazorca (CIMMYT, 2005). Los esclerocios se van endureciendo a medida que se acerca la cosecha, al madurar los granos de maíz los esclerocios caen al suelo, germinan y desarrollan estípites que terminan en cabezuelas (estromas) en las que se forman peritecios con ascosporas delgadas y largas. Las ascosporas son liberadas coincidiendo con la emisión de estigmas de las plantas de maíz en el siguiente ciclo del cultivo (Osada, 1984).

2.2. Resistencia inducida

La inducción de resistencia se puede definir como un incremento de la expresión de mecanismos de defensa natural de las plantas que las incita a protegerse de las enfermedades e insectos, incluyendo tanto respuestas locales como sistémicas (Riveros, 2001; Edreva, 2004; Cavalcantil *et al.*, 2005).

Todas las plantas han evolucionado los mecanismos de defensa contra los patógenos, que van desde las barreras físicas hasta las reacciones bioquímicas que alertan las células entre sí, produciendo sustancias tóxicas que eliminan, o inhiben, la colonización por parte de la plaga (Riveros, 2001). La eficacia de estas reacciones de resistencia se modifica como una función del desarrollo ontogénico de las plantas y la influencia de factores ambientales bióticos y abióticos. Así, el contacto con microorganismos no patógenos, o infecciones limitadas, conduce a una disminución en la susceptibilidad de las plantas. Esta resistencia es incrementada por factores exógenos, sin alteración del genoma de la planta, la cual se conoce como resistencia inducida (Kilian *et al.*, 2000).

La resistencia inducida es la capacidad de aumentar las defensas de una planta cuando se estimula apropiadamente (Choudhary *et al.*, 2007). La resistencia inducida puede desencadenarse tanto mediante la pre-inoculación con agentes no patógenos, patógenos, simbiontes y saprófitos como mediante la aplicación de los llamados inductores abióticos, como el ácido salicílico o los metabolitos microbianos (Schönbeck *et al.*, 1993). La inducción de resistencia ha sido descrita y discutida como una habilidad de los microorganismos. Se supone que la resistencia mejorada de las plantas se debe a la expresión génica alterada debido a que las plantas poseen los genes necesarios para responder a la agresión. Esta respuesta puede ser en forma constitutiva, al estar presentes de una manera permanente en la planta o no constitutiva e inducida. En muchos casos, la inducción de resistencia se acompaña de la inducción de varias proteínas llamadas PR (proteínas

relacionadas con la patogénesis). Algunas de éstas son 1,3 - \ beta - glucanasas y quitinasas, que tienen la capacidad de lisar las paredes de las células fúngicas. Otras proteínas PR no están bien caracterizadas o exhiben actividades antimicrobianas (Van Loon y Van Strien, 1999). Las proteínas PR se consideran marcadores de resistencia inducida, pero también estas proteínas parecen estar implicadas en incrementar la resistencia de las plantas (Kilian *et al.*, 2000).

Las moléculas inductoras de resistencia hacen referencia a varios compuestos que pueden ser derivados de plagas, de plantas o de otros microorganismos, así como a partir de preparados biológicos de origen vegetal o de análogos producidos sintéticamente (Riveros, 2001), los cuales estimulan a la planta para producir sustancias naturales de defensa contra patógenos (Quintero y Castaño, 2012). Cuando son reconocidas por moléculas endógenas, tienen la función de activar o aumentar el nivel de resistencia de los vegetales tanto a nivel local en puntos distantes al sitio de infección, así como de participar de otras actividades fisiológicas (Schreiber y Desveaux, 2008).

El interés en las moléculas estimuladoras de los mecanismos naturales de defensa de la planta, de aplicación exógena, surgió por su contribución al control de patógenos y plagas, ya que presentan el potencial de disminuir y/o evitar el riesgo de emergencia de poblaciones de patógenos o plagas resistentes a productos químicos, contrarrestar parcialmente los daños químicos ocasionados a la planta por los pesticidas y finalmente originar aumento del rendimiento de las cosechas (Guimarães *et al.*, 2008).

La resistencia inducida ha emergido como una alternativa importante en el control de patógenos (Guimarães *et al.*, 2008), por lo que deberá acoplarse dentro de los programas de protección de cultivos y utilizarlo en conjunción con dosis apropiadas de fungicidas. La aplicación va a depender del patógeno o patógenos a los que afectan, de la etapa de crecimiento del cultivo que afecten y de los problemas más frecuentes que se presenten. Los productores necesitan ser convencidos que la resistencia inducida realmente proveerá un método útil, práctico y sostenible para tratar con sus problemas causados por enfermedades (Walters *et al.*, 2005).

El primer químico activador de resistencia, Probenazole, fue registrado en Japón en 1975 como Oryzmate y desde entonces muchos otros activadores químicos y biológicos han sido desarrollados, como el Acibenzolar-s-metil (ASM), registrado como Actigard (Syngenta), proteína Harpin como Messenger (Plant Health Care), entre otros (Walters *et al.*, 2013).

2.3. Inductores de resistencia

2.3.1. Fosetil-AI (Aliette® WDG)

En plantas de fresa este producto indujo resistencia, al disminuir la severidad de la pudrición de la corona (*P. cactorum*) y pudrición de las raíces (*Phytophthora fragariae*) (Eikemo *et al.*, 2003) y en tubérculos de papa al aplicarlo para el control de *Phytophthora infestans* mostró una mayor acumulación e incremento de proteínas β -1,3-glucanasas, proteasas, fitoalexinas y compuestos fenólicos (Andreu *et al.*, 2006), las cuales están relacionadas con las defensas de las plantas.

Arias (1999), registró una disminución significativa del número de nemátodos en raíces de plantas de banano con la aplicación de Fosetil-AI y un aumento del 15% de las raíces funcionales con respecto a las no tratadas.

Este producto actúa como fungicida sistémico, con capacidad de translocación ascendente por el xilema y descendente por el floema. Al aplicarlo en la planta penetra en menos de una hora y se transloca con el flujo de la savia. Ejerce su acción en dos vías: a) vía directa, por bloqueo de la esporulación del hongo impidiendo la formación de esporangios, esporocistos, oosporas y clamidosporas, y b) vía indirecta, por estimulación en las defensas naturales del hospedante (Terralia, 2018).

2.3.2. Acibenzolar-S-metil (Actigard®)

El ASM fue originalmente comercializado para el control de *Oidium* (mildiu polvoriento) en trigo y cebada en Europa (Gorlach *et al.*, 1996) y en la actualidad es ampliamente utilizado para inducir resistencia contra un extenso espectro de patógenos en muchas especies de plantas. Por ejemplo, el ASM demostró inducir SAR contra roya (*Uromyces fabae*) y quemadura por ascochyta (*Ascochyta fabae*) en haba, en condiciones de invernadero y campo. El nivel de control logrado no fue completo para ambos patógenos ya que, para la quemadura de *Ascochyta*, el ASM solamente redujo la severidad entre 45 y 66 % en condiciones de campo (Sillero *et al.*, 2012). La reducción de severidad que proporciona ASM va de 4 a 80 % (Vallad y Goodman, 2004).

En el cultivo de pera, ASM redujo significativamente la severidad de la roña de la pera (*Venturia nashicola*) con una eficiencia en el control de 42 % (Faize *et al.*, 2004) y en plátano Dominico-Hartón (Musa AAB) mostró una eficiencia en reducir la severidad de las sigatokas negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y amarilla (*M. musicola*) en 80 % (Márquez y Castaño-Zapata, 2007).

ASM tiene efecto en aplicaciones tanto al suelo como foliar. En un estudio en arroz, contra el tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn), ambas formas de aplicación inhibieron el desarrollo y la diseminación de la enfermedad. Estos efectos inhibitorios podrían ser resultado del oscurecimiento de las células epidérmicas infectadas y la degeneración de las hifas intracelulares que colonizan las células epidérmicas y mesófilas (Rohilla, 2001).

Hay muchos reportes de inducción de resistencia que no proveen un control de la enfermedad. La resistencia inducida es una respuesta de la planta al intento de una infección. Así, es razonable pensar que la expresión de una respuesta se verá afectada por una serie de factores, incluyendo el genotipo, el medio ambiente, la nutrición del cultivo y la sincronización y forma de aplicación (Walters *et al.*, 2005; Walters *et al.*, 2013). Todos los inductores de resistencia necesitan ser probados en un ambiente agrícola, ya que muchos tratamientos sólo han demostrado tener éxito en condiciones controladas (Alexandersson *et al.*, 2016).

Es un activador de las defensas naturales de las plantas, protegiéndolas contra el ataque de enfermedades como el moho azul en tabaco y bacteriosis en tomate y chile. Actigard 50 GS es absorbido por las hojas y tallos y transportado en forma acropétala y basipétala. La traslocación sistémica en floema y xilema permite que los crecimientos nuevos se activen. Actigard 50 GS no mata a los hongos ni a las bacterias, pero activa la autoprotección de la planta (Syngenta, 2018).

2.3.3. Tebuconazole + Trifloxystrobin (Consist Max®)

Las mezclas de triazoles y estrobirulinas generaron incrementos en el rendimiento en el cultivo de maíz respecto al testigo (Couretot *et al.*, 2013). Estudiando el efecto de la aplicación de inductores de resistencia en plántulas de Dominico-Hartón contra sigatokas, Propiconazol, del grupo de las estrobirulinas, demostró reducir significativamente el tamaño de las lesiones y presentó los más bajos índices de severidad de las sigatokas debido al efecto directo sobre el patógeno (Mogollón y Castaño, 2011), esto debido a la inhibición de la demetilación del C-14 del lanosterol, un precursor del ergosterol de la membrana celular del patógeno (Koller, 1992).

Es un producto sistémico con actividad fungicida preventivo, curativo y erradicativo, combinado con la actividad del Trifloxystrobin, sistémico, de contacto y traslaminar. Fungicida con actividad sistémica y de contacto presentado en forma de suspensión concentrada para aplicar en aspersión

al follaje o al suelo. Resulta eficaz en el control preventivo y curativo de cenizas, royas y otras enfermedades de origen fúngico (Terralia, 2018).

2.3.4. *Bacillus subtilis* cepa QTS 713 (Serenade®)

De acuerdo con Van Loon et al. (1998), las bacterias promotoras del crecimiento, como *Bacillus* sp., constituyen uno de los diversos grupos de microorganismos asociados a las plantas con el potencial de inducir mecanismos de defensa. Algunas especies de *Bacillus* presentan características que directamente o indirectamente contribuyen a la productividad de los cultivos. Los miembros del género *Bacillus* son frecuentemente considerados como factores microbianos para la producción de una vasta colección de moléculas biológicamente activas, algunos son potencialmente inhibidores del crecimiento de hongos (Schallmeyer *et al.*, 2004).

Bacillus subtilis es un organismo formador de esporas, extremadamente tolerante a estrés ambiental, pH, factores del suelo y almacenamiento a largo plazo (Brannen and Kenney, 1997).

La bacteria *Bacillus subtilis* es predominante en suelos y se ha encontrado en una variedad de hábitats con distribución cosmopolita. La cepa QTS 713 de *B. subtilis*, es conocida por ser antagonista de muchos hongos fitopatógenos. Este antagonismo se puede lograr de varias maneras como son la competencia por nutrientes, la exclusión del sitio, la colonización y la unión de las bacterias al hongo patógeno. Esta bacteria puede detener la germinación de las esporas de fitopatógenos, interrumpir el crecimiento del tubo germinativo e inhibir la unión del patógeno de la planta a la hoja (EPA, 2006). Maget y Peypoux (1994), mencionan que Iturinas, son generadas por numerosas cepas de *B. subtilis*, compuestos que muestran una fuerte actividad fungicida contra varios hongos fitopatógenos y varias especies de bacterias fitopatógenas. Iturinas, una clase especial de lipopéptidos formadores de poros: propiedades biológicas y fisicoquímicas. En adición, AgraQuest, reporta que la cepa QST 713 de *B. subtilis* ha demostrado inducir resistencia sistémica natural de las plantas o resistencia sistémica adquirida (SAR) contra bacterias fitopatógenas. Han sido utilizadas para inducir resistencia sistémica contra enfermedades producidas por diferentes hongos, bacterias, nemátodos y virus en cultivos como jitomate, pepino, chile y cacahuete (Vallad y Goodman, 2004).

Es un fungicida biológico preventivo que se utiliza para combatir enfermedades en cultivos de fresa, zanahoria, lechuga, tomate, pimiento y berenjena. Serenade® ASO contiene la bacteria

Bacillus subtilis cepa QST 713, microorganismo que está presente también en la naturaleza y que previene el crecimiento de agentes patógenos al competir con ellos por su espacio vital y por los nutrientes sobre la superficie de la planta. La bacteria, sintetiza sustancias que actúan sobre la permeabilidad de la membrana celular de los hongos favoreciendo además la resistencia de las plantas frente a enfermedades como botritis, esclerotinia, alternaria y oídio (Bayer, 2018).

2.3.5. *Bacillus firmus* + Clotianidin (Poncho Votivo®)

El control de nematodos utilizando *Bacillus firmus* es un proceso complejo basado en varias interacciones, aún no entendido completamente. Es posible que estén involucradas la acción enzimática, degradación de exudados de raíz y producción de la fitohormona ácido indol-acético (EFSA, 2012).

Las bacterias del género *Bacillus* controlan poblaciones patógenas, favorecen la absorción de nutrientes en las plantas e influyen en la expresión de genes relacionados con las vías de señalización de resistencias del ácido salicílico, ácido jasmónico y etileno, producen sideróforos, enzimas detoxificadoras y líticas con actividad antimicrobiana (Gámez *et al.*, 2017).

Clotianidin es muy efectivo contra una amplia variedad de especies de insectos y ha demostrado eficiencia en el control de Hemípteros, Coleópteros, Thysanópteros, Lepidópteros y Dípteros. Se ha demostrado que los neonicotinoides actúan como agonistas en los receptores de acetilcolina nicotínicos.

Se utiliza en el tratamiento de semillas en formulación concentrada que protege a los cultivos de maíz, sorgo, algodón, frijol y soya contra plagas del suelo con protección adicional contra nematodos, permitiendo la nacencia uniforme de plantas sanas y vigorosas con mínimas dosis, sustituyendo la aplicación de insecticidas granulados a la siembra (Bayer, 2018)

2.3.6. Proteína Harpin (Messenger Gold®)

Esta proteína fue descubierta por Wei *et al.* (1992), en la Universidad de Cornell, quien lo reportó como un elicitador de la respuesta de hipersensibilidad provocada por *Erwinia amylovora*. Actualmente, el producto Messenger, de la empresa Planth Health, con base en la proteína Harpin, activa un mecanismo natural de defensa en las plantas, referido como resistencia sistémica adquirida (EPA, 2006).

La proteína Harpin, elicitó la respuesta de hipersensibilidad y resistencia a enfermedades en muchas plantas. Dong *et al.* (1999) reportaron que Harpin elicitó resistencia sistémica contra *Peronospora parasitica* y *Pseudomonas syringae* pv. tomato en plantas silvestres de *Arabidopsis thaliana*.

Es una combinación de dominios activos de 4 diferentes proteínas harpin autóctonas: HrpN (*Erwinia amylovora*), HrpW (*Pseudomonas syringae*), HrpZ (*Pseudomonas syringae*) y PopA (*Ralstonia solanacearum*).

La proteína Harpin $\alpha\beta$ activa rápidamente reacciones en la planta después de ser reconocida por los receptores de la misma. Estos receptores envían respuestas Hipersensitivas (HR por su siglas en inglés) o mensaje a través de la planta, iniciando una secuencia de reacciones bioquímicas y fisiológicas. Estas reacciones activan a la vez en la planta vías innatas de desarrollo, de defensa y de resistencia frente al estrés, resultando por ello cultivos más sanos y más productivos. Los receptores se han identificado en todas las plantas investigadas hasta ahora, lo cual explica que Messenger Gold® sea activo sobre cultivos muy diferentes. Las respuestas Hipersensitivas (HR por sus siglas en inglés), son un mecanismo común mediante el cual las plantas se defienden por si mismas. Debido a una respuesta Hipersensitiva (HR), una planta restringirá la proliferación de patógenos causando necrosis localizada (Cuarentena), o muerte de tejidos, dentro de un área pequeña alrededor del sitio de infección. Además de la respuesta de defensa local, HR induce la Resistencia Sistémica Adquirida (SAR por sus siglas en inglés) previniendo de infecciones subsecuentes causadas por otros patógenos (Planth Health Care De México, 2018).

3. JUSTIFICACIÓN

La mayoría de los estudios sobre resistencia inducida involucran plantas dicotiledóneas como *Arabidopsis*, tabaco o tomate. A pesar de la importancia económica que representa el cultivo de maíz, sus estudios sobre sus defensas son menos comunes. En la literatura no hay reportes de estudios de inducción de resistencia.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Determinar el efecto de inductores de resistencia para el control de diente de caballo, roya común y complejo mancha de asfalto en maíz de los Valles Altos de México

4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de seis productos como inductores de resistencia para el control de enfermedades de maíz.

Determinar el (los) producto (os) con mayor eficiencia de control.

Evaluar tres dosis y dos diferentes vías de aplicación de los productos para el control de enfermedades

5. HIPÓTESIS

La severidad de las enfermedades causadas por los hongos *Claviceps gigantea* Fuentes y otros, *Puccinia sorghi* Schwein y el complejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl. y otros) es reducida significativamente por los productos inductores de resistencia.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

El primer ciclo de siembra se hizo el 7 de abril de 2016, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma del Estado de México, en Toluca (19° 24' 44.3' N y 99° 41' 35.7' W). Se utilizó un diseño experimental de parcelas sub-sub divididas, en donde las parcelas mayores incluyeron seis agroquímicos: Actigard, Aliette, Consist Max, Messenger, Poncho Votivo y Serenade) y un testigo absoluto; como sub-parcelas se incluyeron dos métodos de aplicación, vía foliar y vía suelo; la aplicación vía suelo se hizo por aspersión al fondo del surco al momento de la siembra y para la aplicación vía foliar se hizo una aspersión foliar en estado vegetativo V5-6, aproximadamente a 50 d de emergidas las plantas. Las sub-subparcelas incluyeron tres dosis de los productos. Las dosis que se utilizaron fueron: 1. La dosis recomendada en la etiqueta del producto, 2. Una dosis baja con 50 % de la dosis recomendada y, 3. Una dosis alta que fue la dosis recomendada más 50 % de ésta (Cuadro 2). Los tratamientos testigo incluyeron tratamientos con agua. La unidad experimental fue de dos surcos de 3.0 m de largo y 0.80 m entre surcos, con un área de 4.8 m², con tres repeticiones. Se sembraron dos semillas por mata, 11 matas por cada 3 m de largo del surco, aproximadamente 25 cm de distancia entre cada. Posteriormente, se realizó un raleo de planta para dejar una planta por mata. La siembra se realizó con punta de riego. El material vegetal que se utilizó fue semilla del híbrido de maíz comercial BG-1384W (Biogene), el cual de acuerdo al Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale “el material vegetal es susceptible a las enfermedades

diente de caballo, roya común y complejo mancha de asfalto”. (J. R. Sánchez, comunicación personal, agosto de 2015). La infección de las enfermedades foliares fue de incidencia natural.

Para el segundo ciclo de siembra (5 de abril de 2017) se usó el mismo campo experimental. Se presentó una baja emergencia debida al ataque del gusano de la semilla del maíz (*Hylemya* sp.) por lo que se hizo una nueva siembra el 10 de mayo, usando el mismo diseño experimental que el ciclo anterior. En la siembra de 2017 y debido a que no hubo infección del diente de caballo, las plantas en el experimento se inocularon artificialmente con el hongo causante de la enfermedad. El inóculo se preparó a partir de una muestra proveniente del municipio de Toluca. El micelio de se tomó de cajas Petri con medio de cultivo T2-agar, se raspó con una espátula y se preparó una suspensión de conidios en agua estéril con sacarosa 10% a una concentración de 1×10^6 conidios ml.

La suspensión de conidios se llevó al campo experimental, para inocular en plantas de maíz en etapa de floración (a los 107 días después de la siembra), inyectando 2 ml de la suspensión en cada mazorca. Se inocularon todas las plantas incluyendo los testigos.

6.1. Tratamientos evaluados

Se evaluaron 6 agroquímicos que se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Agroquímicos evaluados.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Empresa
Aliette® WDG	Fosetil-Al, concentración 80% en peso	Bayer
Actigard® 50 GS	Acibenzolar s metil, concentración 50% en peso	Syngenta
Consist Max® SC	Tebuconazole + Trifloxystrobin, concentración 22.63% + 22.63% (262 g + 262 g por litro)	Bayer
Poncho Votivo®	Cloatinidin + <i>Bacillus firmus</i> , concentración 508g de i.a./l, + 102g de i.a./l, min. 2×10^9 cfu/ml.	Bayer
Serenade® ASO	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713, concentración 13.68 g/l, 1×10^9 UFC	Bayer
Messenger Gold®	Proteína Harpin $\alpha\beta$, concentración al 1.0%	Planth Health Care De México

Cuadro 2. Agroquímicos y dosis a utilizar. TO-2016, 2017.

Producto	Baja (B)	Media (M)	Alta (A)
1. Aliette	0.625 kg/ha	1.25 kg/ha	1.875 kg/ha
2. Actigard	30 g/ha	60 g/ha	90 g/ha
3. Consist Max	125 mL/ha	250 mL/ha	375 mL/ha
4. Poncho Votivo	40 mL/ha	80 mL/ha	120 mL/ha
5. Serenade	2.5 L/ha	5 L/ha	7.5 L/ha
6. Messenger	75 g/ha	150 g/ha	225 g/ha
7. Testigo	0	0	0

6.2. Evaluación de la intensidad de las enfermedades

Para registrar los datos de severidad de las enfermedades, se utilizaron escalas para cada enfermedad: roya común (*Puccinia sorghi*), CMA (*Phyllachora maydis* y otros) y diente de caballo (*Claviceps gigantea*). Para roya y mancha de asfalto, la severidad se evaluó usando una escala 1 a 5, en donde: 1 = Resistente, 2 = Moderadamente resistente, 3 = Moderadamente susceptible (40-50 %), 4 = Susceptible y 5 = Muy susceptible.

Para *Claviceps gigantea* la evaluación se realizó al momento de la cosecha de forma visual buscando la presencia o ausencia de esclerocios.

6.3. Variables agronómicas

Se tomaron todos los datos agronómicos (CIMMYT, 1985; IBPGR, 1991), incluyendo:

Días a 50 % de floración masculina: días que transcurren desde la siembra hasta la aparición de 50 % de plantas con anteras.

Días a 50% de floración femenina: días que transcurren desde la siembra hasta cuando los estigmas han emergido en el 50% de las plantas.

Altura de planta: se mide desde el suelo hasta la base de la espiga.

Altura de mazorca: Se mide desde el suelo hasta el nudo de la mazorca más alta.

Número de mazorcas podridas: por cada parcela (unidad experimental) contar mazorcas podridas por *Fusarium* spp.

Aspecto de planta: se tomó cuando las plantas están verdes aproximadamente 45 días después de floración. Se consideró uniformidad y vigor de las plantas. Se utilizó la escala 1 a 5, en donde 1 = Muy buenas, 2 = Buenas, 3 = Regular, 4 = No aceptable y 5 = Muy malo.

Aspecto de mazorca: después de la cosecha, las mazorcas de cada unidad experimental se extendieron delante de la parcela para observar características tales como daños por enfermedades e insecto, tamaño de mazorcas, llenado y uniformidad de grano y mazorcas. Se utilizó la escala 1 a 5, en donde 1 = Muy buenas, 2 = Buenas, 3 = Regular, 4 = No aceptable y 5 = Muy malo.

Rendimiento: el peso fresco de grano se registró al momento de la cosecha tomando el peso de las mazorcas de ambos surcos. Con el peso de mazorca registrado en campo se estimó el rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$) ajustado al 15 % de humedad, aplicando la fórmula:

$$\text{Rendimiento ajustado} \\ = \text{peso campo} \times \frac{\text{promedio de plantas en la parcela}}{\text{No. actual de plantas en la parcela}} \times \left(\frac{100 - \% \text{ hum}}{85} \right) \times 0.8 \times \frac{10000}{\text{superficie de la parcela}}$$

6.4. Análisis de datos

Las variables registradas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANAVA). Los datos obtenidos se sometieron a una prueba de comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) y separación de medias por Tukey, utilizando el paquete estadístico SAS v.9.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Ciclo de siembra 2017

7.1.1. 50% Floración masculina

Con los datos obtenidos para días a 50 % de floración masculina se realizó un análisis de varianza y se llevó a cabo una prueba de comparación de medias de tratamientos, empleando los DMS con un nivel de confianza de 95 %.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable floración masculina. TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	51.020	0.739	1.77	0.0151
Error	54	22.527	0.417		
Total	123	73.548			
Agroquímicos					0.2647
Vía de aplicación					0.8030
Dosis					0.4074

Los resultados del análisis de la varianza para la variable floración masculina no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos de agroquímicos, dosis, ni vías de aplicación y no hubo diferencias significativas en la interacción agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.4480$), agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.8712$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.9293$), ni agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.1754$) (Cuadro 3).

En la prueba de comparación de medias se probó que los resultados del análisis de varianza no presentaron diferencias estadísticas. Tanto las medias de tratamientos como de vías de aplicación y dosis se agruparon en el mismo grupo estadístico “A” (Cuadro 12). La floración masculina fue uniforme en todas las unidades experimentales.

7.1.2. 50 % Floración femenina

Con la información de días a 50% floración femenina, se hizo el análisis de varianza (Cuadro 4) y se llevó a cabo una prueba de comparación de medias de tratamientos con DMS, con un nivel de confianza de 95 %.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable floración femenina. TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	81.987	1.188	1.90	0.0075
Error	54	33.722	0.624		
Total	123	115.709			
Agroquímicos					0.0006
Vía de aplicación					0.6507
Dosis					0.4832

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas, en donde los días a floración femenina fueron diferentes entre agroquímicos.

El análisis de varianza también mostró diferencias significativas para la interacción agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.0005$), mientras que en las demás interacciones no las hubo, con agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.5637$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 9527$) y agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 7777$).

El Cuadro 12 muestra que Actigard (110.35), Consist Max (110.27) y Serenade (110.22) retrasaron la floración femenina comparada con el testigo (110.05), en cambio las parcelas tratadas con Alette (110.05) y Poncho Votivo (109.38) mostraron una aceleración en la floración femenina. La floración masculina fue uniforme en todas las unidades experimentales. La diferencia en días entre floración masculina y femenina fue de dos días lo que, de acuerdo a López (1991), un desfase mínimo entre la emisión de polen y la aparición de los estigmas garantizan una buena polinización y el buen llenado de grano.

7.1.3. Relación floración masculina/femenina (ASI: Anthesis silking interval)

El Cuadro 5 muestra el análisis de varianza de la variable ASI del ciclo 2016. De acuerdo al análisis de varianza, existen diferencias significativas para agroquímicos ($Pr > F = 0.0322$), mientras que no hubo diferencias para vía de aplicación y dosis.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable relación floración femenina/masculina (ASI). TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	0.0097	0.0001	2.54	0.0003
Error	54	0.0030	0.00005		
Total	123	0.0127			
Agroquímicos					0.0322
Vía de aplicación					0.4876
Dosis					0.7321

Hubo diferencias significativas para las interacciones agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.0049$), pero no las hubo para las interacciones agroquímicos*dosis, vía de aplicación*dosis y

agroquímicos*vía de aplicación*dosis, con valores de $Pr > F$ de 0.2641, 0.8998 y 0.1220, respectivamente.

En la separación de medias por DMS para agroquímicos (Cuadro 12), Aliette mostró el valor más bajo de ASI, aun cuando todas las medias tienden a valor de uno, de acuerdo a Uribe et al. (2002), ésta es una característica deseable ya que un valor alto de ASI significa una disminución del rendimiento debido a fallas en la polinización.

7.1.4. Altura de planta y mazorca

Con los datos obtenidos de las variables altura de planta y mazorca se realizó un análisis de varianza y se llevó a cabo una prueba de comparación de medias de tratamientos, empleando el método DMS con un nivel de confianza de 95 %.

El análisis de varianza de la variable altura de planta (Cuadro 6) y altura de mazorca (Cuadro 7) mostró que estadísticamente existen diferencias significativas entre agroquímicos.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta. TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	39734.459	575.861	4.57	<0.0001
Error	54	6799.500	125.916		
Total	123	46533.959			
Agroquímicos					<0.0001
Vía de aplicación					0.8344
Dosis					0.7138

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca. TO-2016

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	18333.382	265.701	2.10	0.0026
Error	54	6821.2222	126.318		
Total	123	25154.604			
Agroquímicos					<0.0001
Vía de aplicación					0.3792
Dosis					0.1961

En las interacciones para altura de planta, el análisis de varianza mostró diferencias significativas en la interacción agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = < 0.0001$), pero no para agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.4692$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.2651$), ni agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.3082$).

Para altura de mazorca, hubo diferencias significativas para la interacción agroquímicos*vía de aplicación, el valor de $Pr > F$ fue de 0.0078, para las demás interacciones no mostraron diferencias significativas y los valores de $P > F$ fueron 0.2840 para agroquímicos*dosis, 0.1026 para vía de aplicación*dosis y 0.5459 para agroquímicos*vía de aplicación*dosis.

La agrupación de medias, separó a los agroquímicos en cinco grupos estadísticos, tanto en la variable altura de planta como en la altura de la mazorca (Cuadro 12), donde Aliette mostró un incremento en alturas de planta y mazorca, mientras que Messenger las disminuyó. La prueba de DMS no mostró diferencias significativas en vías de aplicación ni dosis.

La relación de altura de planta/mazorca en ambos casos fue aproximado a 0.5, una característica deseable para evitar el acame.

7.1.5. Índice de posición de mazorca

En el análisis de varianza para la variable balance de planta (Cuadro 8) se puede observar que hubo diferencias significativas solamente en agroquímicos, mientras que para las vías de aplicación y dosis no hubo. Tampoco para las interacciones agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.1989$), agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.3934$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.1252$), agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.5416$).

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable índice de posición de mazorca. TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	0.3377	0.0048	1.37	0.1168
Error	54	0.1933	0.0035		
Total	123	0.5311			
Agroquímicos					0.0144
Vía de aplicación					0.2684
Dosis					0.1663

De acuerdo a la separación de medias por DMS (0.05), los agroquímicos Poncho Votivo y Messenger tuvieron efectos positivos en los valores de posición de la mazorca en la planta, los más cercanos a 0.50 (Cuadro 12), característica deseable en el cultivo para tener un balance adecuado de planta que evite el acame. El valor del tratamiento testigo fue de 0.47.

7.1.6. Aspecto de mazorca

El Cuadro 9 muestra el análisis de varianza para la variable aspecto de mazorca en donde se encuentran diferencias significativas para agroquímicos y vía de aplicación, pero no para dosis. Con respecto a las interacciones, solamente agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.0151$) mostró diferencias significativas, y no las hubo en las interacciones agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.3366$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.7326$) y agroquímicos*vía aplicación*dosis.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable aspecto de mazorca. TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	46.8529	0.6790	2.23	0.0014
Error	53	16.1388	0.3045		
Total	122	62.9918			
Agroquímicos					0.0240
Vía de aplicación					0.0096
Dosis					0.2766

Los datos se sometieron a una prueba de comparación de medias por DMS (Cuadro 12). Los resultados mostraron que estadísticamente las medias son iguales en agroquímicos, vía de aplicación y dosis. Sin embargo, Aliette presentó el valor más bajo de 1.94, debajo de la media de 2.32, lo que indica que las parcelas tratadas con Aliette tuvieron una tendencia a presentar las mazorcas con mejor aspecto con respecto a la uniformidad.

7.1.7. Mazorcas podridas

El Cuadro 10 muestra el análisis de varianza de la información colectada para el número de mazorcas podridas (*Fusarium* spp.) por parcela, de donde se concluye que solo hubo diferencias significativas para agroquímicos.

Para interacciones, hubo diferencias significativas para vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.0279$), y no las hubo para las interacciones de agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.3787$), agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.6062$) y agroquímicos*vía de aplicación*dosis (0.3971).

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable mazorcas podridas. TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	53.5453	0.7760	1.80	0.0136
Error	53	22.8611	0.4313		
Total	122	76.4065			
Agroquímicos					0.0019
Vía de aplicación					0.3262
Dosis					0.3646

En la prueba de separación de medias por DMS (0.05%) (Cuadro 12), se obtuvo que entre los tratamientos (agroquímicos), el testigo (las parcelas sin tratar) tuvo mejores resultados con el valor más bajo de número de mazorcas podridas, mientras que parcelas tratadas con Aliette presentaron el mayor número de mazorcas podridas.

7.1.8. Rendimiento de grano ajustado

Los resultados obtenidos del análisis estadístico (Cuadro 11), muestran diferencias significativas al menos en uno de los tres niveles (tratamiento, vía de aplicación y dosis). Se obtuvieron diferencias altamente significativas en la interacción agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F < 0.0001$), pero no para agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.7485$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.9790$), ni para agroquímicos*vía de aplicación*dosis.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano (ajustada). TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	447.5469	6.4861	3.74	<0.0001
Error	53	91.8530	1.7330		
Total	122	539.4000			
Agroquímicos					<0.0001
Vía de aplicación					0.1569
Dosis					0.6532

Los resultados de la prueba DMS (con nivel de confianza de 95 %), confirman las diferencias significativas en al menos uno de los tres niveles. En este caso, al separar los agroquímicos con base en sus medias (Cuadro 12), éstos se agruparon en cinco grupos estadísticos en los que el mayor rendimiento se obtuvo en las parcelas tratadas con Actigard y Aliette, con 5.88 y 5.74 tha^{-1} , respectivamente. El rendimiento más bajo se obtuvo con Messenger.

Cuadro 12. Agrupación de medias de agroquímicos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para las variables características agronómicas. TO-2016.

Factor	50% días a flor. masc	50% días a flor. fem	ASI	Alt. plta cm	Alt. maz cm	Índice posición maz.	Asp. maz	Maz podr.	Rend. grano t ha⁻¹
Aliette	108.16 a*	109.38 b*	1.012 b*	178.66 a*	94.00 a*	0.52 ab*	1.94 a*	1.11 a*	5.74 a*
Serenade	108.44 a	110.22 a	1.017 a	159.05 bc	81.55 abc	0.51 abc	2.23 a	0.35 ab	4.70 abc
Poncho Votivo	108.00 a	109.38 b	1.013 a	174.38 ab	87.11 abc	0.50 bc	2.33 a	0.66 ab	5.63 ab
Messenger	108.38 a	110.00 ab	1.016 a	153.27 c	74.55 c	0.48 bc	2.55 a	0.38 ab	3.29 c
Actigard	108.41 a	110.35 a	1.019 a	171.94 abc	88.29 ab	0.51 abc	2.41 a	0.70 ab	5.88 a
Consist Max	108.44 a	110.27 a	1.018 a	154.27 c	84.72 abc	0.54 a	2.55 a	0.50 ab	3.36 bc
Testigo	108.17 a	110.05 ab	1.018 a	165.17 abc	78.05 bc	0.47 c	2.23 a	0.11 b	4.74 abc
Al Suelo	108.30 a	109.91 a	1.016 a	165.32 a	83.17 a	0.50 a	2.19 a	0.50 a	4.64 a
Foliar	108.27 a	109.98 a	1.017 a	165.08 a	84.93 a	0.51 a	2.45 a	0.60 a	4.96 a
Dosis alta	108.30 a	110.02 a	1.017 a	165.42 a	86.65 a	0.52 a	2.22 a	0.57 a	4.84 a
Dosis media	108.19 a	109.83 a	1.016 a	164.11 a	82.09 a	0.49 a	2.42 a	0.64 a	4.90 a
Dosis baja	108.38 a	110.00 a	1.016 a	166.07 a	86.65 a	0.50 a	2.31 a	0.43 a	4.66 a
CV (%)	0.5964	0.7187	0.7341	6.7924	13.3709	11.7453	23.7322	118.7974	27.402
Media	108.29	109.95	1.0166	165.20	84.05	0.50	2.32	0.55	4.80

*Valores seguidos de la misma letra no son diferentes entre ellos.

7.1.9. Severidad de las enfermedades

7.1.9.1. Severidad de complejo mancha de asfalto

Con los datos obtenidos de severidad de CMA (*P. maydis* y otros), se realizó un análisis de varianza (Cuadro 13) y se llevó a cabo una prueba de comparación de medias de tratamientos, empleando el método DMS con un nivel de confianza de 95 %.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable severidad de mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.). TO-2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	13.2349	0.1918	1.95	0.0059
Error	54	5.3194	0.0985		
Total	123	18.5544			
Agroquímicos					0.0006
Vía de aplicación					0.1276
Dosis					0.8328

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas al menos en uno de los tres niveles (tratamientos, vía de aplicación y dosis), indicando que la severidad de la enfermedad fue diferente entre las unidades experimentales. El análisis de varianza mostró diferencias significativas sólo en la interacción agroquímico*vía de aplicación ($Pr > F = 0.0119$). Las interacciones agroquímicos*dosis (0.6963), vía de aplicación*dosis (0.3744) y agroquímicos*vía de aplicación*dosis (0.3730) no mostraron diferencias. Ninguna de las interacciones tiene mejor efecto en la severidad de las enfermedades.

Los resultados de la prueba DMS confirmaron las diferencias significativas en los agroquímicos con base en sus medias. De acuerdo a la agrupación de medias (Cuadro 15), las parcelas tratadas con Poncho Votivo y Aliette presentaron mayor severidad, mientras que las parcelas no tratadas presentaron menor severidad de la enfermedad.

7.1.9.2. Severidad de roya común

Los resultados obtenidos del análisis estadístico (Cuadro 14), mostraron diferencias significativas, al menos en uno de los tres niveles (agroquímicos, vía de aplicación o dosis). La prueba de separación de medias se hizo por el método de DMS ($\alpha=0.05$). El ANAVA no mostró diferencias significativas en ninguna de las interacciones: agroquímicos*vía de

aplicación ($Pr > F = 0.1208$), agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.5221$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.0537$) ni agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.1614$).

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable severidad de roya común (*Puccinia sorghi*). TO- 2016.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	11.8587	0.1718	2.70	0.0001
Error	54	3.4375	0.0636		
Total	123	15.2963			
Agroquímicos					0.0124
Vía de aplicación					0.8592
Dosis					0.0855

Los resultados de la prueba de DMS confirmaron las diferencias significativas (Cuadro 15) entre los agroquímicos y dosis, con base en sus medias, separando 4 grupos estadísticos en donde la mayor severidad se dio con el producto Poncho Votivo, mientras que las parcelas no tratadas (testigo) presentaron una menor severidad. Las parcelas tratadas con dosis altas presentaron menor severidad de roya común mientras que las parcelas que fueron tratadas con dosis bajas tuvieron una mayor severidad.

De acuerdo a la escala utilizada para evaluar la severidad, en el caso de las dos enfermedades foliares, roya común y el CMA, las plantas mostraron resistencia. Para mancha de asfalto, el producto Poncho Votivo mostró la mayor severidad (1.61) comparado con la media de 1.38 y el testigo con 1.17. De igual manera, para la severidad de la roya, las plantas de las parcelas tratadas con Poncho Votivo mostraron, estadísticamente, un valor de severidad más alto (1.30), comparado con la media de 1.18 y el testigo de 1. El Cuadro (15) indica que a pesar de esta observación, las parcelas tratadas con Poncho Votivo mostraron mayor rendimiento comparado con el testigo, que tuvo el menor valor de severidad. Esto se puede atribuir a las características de *Bacillus*, que como lo mencionan Schallmeyer *et al.* (2004), éstos organismos contribuyen a la productividad de los cultivos al ser omnipresentes con la rizósfera y poder colonizar las raíces de las plantas, promoviendo el crecimiento de las rizobacterias que contribuyen a una mayor absorción de nutrientes.

Cuadro 15. Agrupación de medias de agroquímicos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para la variable severidad de roya y complejo de mancha de asfalto. TO-2016.

Factor	Mancha de asfalto	Roya
Aliette	1.58 a*	1.25 ab*
Testigo	1.17 b	1.00 b
Serenade	1.27 ab	1.13 ab
Poncho Votivo	1.61 a	1.30 a
Messenger	1.30 ab	1.13 ab
Actigard	1.32 ab	1.26 ab
Consist Max	1.38 ab	1.22 ab
Al suelo	1.33 a	1.18 a
Foliar	1.42 a	1.19 a
Dosis alta	1.37 a	1.12 b
Dosis media	1.36 a	1.20 ab
Dosis baja	1.40 a	1.23 a
CV (%)	22.6931	21.2106
Media	1.38	1.18

*Valores seguidos de la misma letra no son diferentes entre ellos.

7.2. Ciclo de siembra 2017

7.2.1. 50% Floración masculina

Para la variable días a 50% de floración masculina hubo diferencias significativas solamente entre agroquímicos ($Pr > F = 0.0331$). No las hubo para vías de aplicación y dosis, como se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable floración masculina. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	96.6031	1.4000	1.72	0.0185
Error	56	45.5555	0.8134		
Total	125	142.1587			
Agroquímicos					0.0331
Vía de aplicación					0.1722
Dosis					0.7402

Las interacciones no mostraron diferencias significativas. Para la interacción agroquímicos*vía de aplicación se obtuvo un valor de $Pr > F = 0.4632$, agroquímicos*dosis

$Pr > F = 0.9885$, vía de aplicación*dosis $Pr > F = 0.186$ y para la interacción agroquímicos*vía de aplicación*dosis $Pr > F = 0.4277$.

En la prueba de separación de medias, los agroquímicos se agruparon en 3 grupos estadísticos, en donde se observó que Aliette aceleró la floración, mientras que Actigard y Consist Max la retrasaron (Cuadro 26). En vía de aplicación ni en dosis hubo diferencias, quedando en el mismo grupo estadístico.

7.2.2. 50% Floración femenina

Para la variable días a 50% de floración femenina, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas entre agroquímicos, dosis, ni vías de aplicación (Cuadro 17).

De igual manera, ninguna de las tres interacciones agroquímicos*vía de aplicación, agroquímicos*dosis, vía de aplicación*dosis y agroquímicos*vía de aplicación*dosis presentaron diferencias significativas con valores de $Pr > F$ fueron 0.1107, 0.8947, 0.1474 y 0.8339, respectivamente.

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable floración femenina. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	78.8888	1.1433	1.30	0.1531
Error	56	49.1111	0.8769		
Total	125	128.0000			
Agroquímicos					0.3631
Vía de aplicación					0.5704
Dosis					0.8275

Con la prueba de comparación de medias se comprobó que los resultados del análisis de varianza de la variable floración femenina no presentaron diferencias estadísticas, en donde las medias de agroquímicos, vías de aplicación y dosis se agruparon en el mismo grupo estadístico (Cuadro 26). Estadísticamente la floración femenina fue uniforme en todas las unidades experimentales.

7.2.3. Relación floración masculina/femenina (ASI: Anthesis silking interval)

El análisis de varianza para la variable relación entre floración femenina y masculina se muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable relación floración femenina/masculina (ASI). TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	0.0066	0.000096	1.05	0.4300
Error	56	0.0051	0.000092		
Total	125	0.0118			
Agroquímicos					0.2245
Vía de aplicación					0.4607
Dosis					0.7864

El análisis de varianza prueba que no hubo diferencias significativas, con $Pr > F = 0.4290$ mayor que 0.05. Tampoco hubo diferencias significativas en las interacciones agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.4513$), agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.6150$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.6410$) y agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.7260$).

En la separación de medias por DMS (0.05) para la variable ASI (Cuadro 26) se observa que para agroquímicos no hubo diferencias significativas, con Aliette mostrando el valor más cercano a 1, indicando un desfase mínimo entre la emisión de polen y la aparición de los estigmas garantizando el buen llenado del grano (López, 1991). Estadísticamente, Consist Max presentó el valor de ASI más bajo.

7.2.4. Altura de planta

En el Cuadro 19 se muestra el análisis de varianza para la variable altura de planta.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable altura de planta. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	77547.24	1123.8731	4.56	<0.0001
Error	56	13788.22	246.2182		
Total	125	91335.46			
Agroquímicos					<0.0001
Vía de aplicación					0.3085
Dosis					0.1722

El ANAVA indica que hubo diferencias altamente significativas ($Pr > F = < 0.0001$) en el experimento. Para comprobarlo, se realizó la prueba DMS con una confiabilidad de 95 % (Cuadro 26).

Para las interacciones, hubo diferencias significativas para agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F < 0.0001$), pero no en las interacciones, agroquímicos*dosis ($PR > F = 0.9961$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.1469$) y agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.7102$).

La prueba de DMS indica que no hubo diferencias significativas en agroquímicos, aun cuando el ANAVA haya mostrado diferencias. El promedio general de la variable altura fue 162.62 cm.

Para los agroquímicos, con la aplicación de Actigard se registró la mayor altura de planta del maíz, con 173.50 cm, seguido de Consist Max con 172.28 cm., mientras que Serenade presentó la menor altura con 152.39 cm.

7.2.5. Altura de mazorca

El análisis de varianza para la variable altura de mazorca mostró un valor altamente significativo de $Pr > F (> 0.0001)$. El Cuadro 20 muestra diferencias significativas entre agroquímicos.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	29243.944	423.825	2.92	<0.0001
Error	56	8139.555	145.349		
Total	125	37383.500			
Agroquímicos					0.0016
Vía de aplicación					0.4073
Dosis					0.4101

El análisis también mostró diferencias significativas en las interacciones agroquímicos*vía de aplicación, al tener un valor de $Pr > F = 0.0005$. Para las interacciones agroquímicos*dosis, vía de aplicación*dosis y agroquímicos*vía de aplicación*dosis no hubo diferencias significativas, valores de $Pr > F = 0.9060, 0.3213$ y 0.7999 , respectivamente.

En la separación de medias por DMS (0.05) no hubo diferencias estadísticas en ninguno de los tres niveles, a pesar de que el ANAVA mostró diferencias significativas para agroquímicos. Al igual que en la altura de planta, la tendencia de los agroquímicos fue similar, en donde Actigard registró la mayor altura de mazorca (80.50 cm) y Serenade la menor (67.72 cm) (Cuadro 26).

7.2.6. Índice de posición de mazorca

Los datos de altura de planta y mazorca se analizaron para obtener el índice de posición de mazorca en la planta (Cuadro 21).

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable índice de posición de mazorca en la planta. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	0.2294	0.0033	1.31	0.1471
Error	56	0.1449	0.0025		
Total	125	0.3713			
Agroquímicos					0.4495
Vía de aplicación					0.8602
Dosis					0.9017

En el ANAVA se puede mostrar que no hubo diferencias significativas $Pr > F$ (0.1471), ni tampoco las hubo para las interacciones agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.0706$), agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.7511$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.0074$), ni agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.7827$).

En la prueba de separación de medias por DMS, con una confiabilidad del 95%, se comprobó que los resultados del análisis de varianza no presentaron diferencias estadísticas ya que las medias de agroquímicos, vía de aplicación y dosis se agruparon en el mismo grupo estadístico. El Cuadro 26, muestra que Consist Max presentó la media (0.465) más cercana al 0.5, mientras que Serenade fue el más alejado. Los resultados son congruentes ya que éste agroquímico mostró los valores más bajos de altura de planta y de mazorca.

Al realizar el índice de posición de la mazorca en la planta utilizando la separación de medias por la prueba de DMS para altura de planta y mazorca, estadísticamente ninguno de los tratamientos fue mejor, aunque Actigard mostró un valor de 0.46, cercano al 0.5, una característica deseable para evitar el acame mayor que el testigo con un valor de 0.45 (Cuadro 26).

7.2.7. Aspecto de planta

En la variable aspecto de planta, el análisis de varianza detectó alta significancia estadística (Cuadro 22), aunque solamente fue para agroquímicos con un valor de $Pr > F$ igual a 0.0026.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable aspecto de planta. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	61.8571	0.8964	3.25	<0.0001
Error	56	15.4444	0.2757		
Total	125	077.3015			
Agroquímicos					0.0026
Vía de aplicación					0.8659
Dosis					0.6201

Para ésta variable, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas para las interacciones agroquímicos*dosis con $Pr > F = 0.7522$, vía de aplicación*dosis con $Pr > F =$

0.2919 y agroquímicos*vía de aplicación*dosis $Pr > F = 0.6624$. Solamente la interacción agroquímicos*vía de aplicación tuvo diferencias significativas con $Pr > F$ de 0.0003.

En la prueba de separación de medias usando DMS (0.05), los resultados se muestran en el Cuadro 26, confirman diferencias significativas entre agroquímicos. De acuerdo a esta separación de medias, las parcelas tratadas con Aliette presentaron plantas con aspecto poco deseable debido a la falta de uniformidad de las plantas con respecto al vigor, mientras que las plantas de las parcelas no tratadas presentaron el mejor aspecto por tener uniformidad en el vigor.

7.2.8. Aspecto de mazorca

El Cuadro 23 presenta el ANAVA con diferencias altamente significativas para agroquímicos ($Pr > F = 0.014$). No muestra diferencias para vía de aplicación ($Pr > F = 0.7403$) ni dosis (0.7293). Hubo diferencias significativas para la interacción agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.0009$), pero no para las interacciones agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.7692$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.0670$) ni agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.7115$).

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable aspecto de mazorca. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	132.9365	1.9266	2.99	<0.0001
Error	56	36.0555	0.6438		
Total	125	168.9920			
Agroquímicos					0.0014
Vía de aplicación					0.7403
Dosis					0.7293

En la prueba de separación de medias por DMS (0.05) (Cuadro 26), se obtuvo que no hay diferencias significativas entre las medias de los agroquímicos y que, estadísticamente, el aspecto de las mazorcas es igual en todas las parcelas, el tamaño de la mazorca no fue uniforme, algunos están podridas, mazorcas con poco grano, a pesar de que algunas tengan o no plantas con aspecto deseable.

7.2.9. Número de mazorcas podridas

En el Cuadro 24 se muestra el ANAVA obtenido para el número de mazorcas podridas (*Fusarium* spp.). Para esta variable no hubo diferencias significativas para ninguno de los factores en consideración (agroquímicos, vía de aplicación ni dosis). De igual manera, no hubo diferencias significativas para las interacciones agroquímicos*vía de aplicación ($Pr > F = 0.7525$), agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.9476$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.6823$) y agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = Pr > F$).

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable número de mazorcas podridas. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	F c	Pr>F
Modelo	69	66.3571	0.9616	0.76	0.8563
Error	56	70.4444	1.2579		
Total	125	136.8015			
Agroquímicos					0.8987
Vía de aplicación					0.6928
Dosis					0.2928

En la prueba de DMS al 95% de confiabilidad se obtuvo que, efectivamente, no hubo diferencias significativas como se mostró en el ANAVA (Cuadro 26). Aun cuando estadísticamente no hubo diferencias, Actigard mostró una tendencia al mayor número de mazorcas podridas mientras que Aliette tuvo menor número de mazorcas podridas.

7.2.10. Rendimiento de grano ajustado

En el Cuadro 25 se muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento de grano ajustado ($t\ ha^{-1}$); hubo diferencias altamente significativas para agroquímicos ($Pr > F < 0.0001$). Lo mismo para la interacción vía de aplicación*dosis que también mostró diferencias significativas $Pr > F = 0.0090$. No fue así en las interacciones agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.1615$) ni agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.1435$).

Cuadro 25. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano ajustado.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr > F
Modelo	69	457.5805	6.6316	5.53	< 0.0001
Error	56	67.1298	1.1987		
Total	125	524.7104			
Agroquímicos					< 0.0001
Vía de aplicación					0.4188
Dosis					0.5438

En la separación de medias por DMS con una confiabilidad de 95 %, (Cuadro 26), Consist Max® presentó el mayor rendimiento, con 5.75 t ha⁻¹, estadísticamente superior por 0.46 t ha⁻¹ al testigo, mientras que Aliette alcanzó un rendimiento de solamente 3.59 t ha⁻¹

Cuadro 26. Agrupación de medias de tratamientos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para la variable variables características agronómicas. TO-2017.

Factor	50 % Flor mas	50 % Flor fem	Rel Florac fem/mas	Alt. plta Cm	Alt. maz cm	Índice Posición maz	Asp. plta	Asp. maz	Maz podr.	Rend. grano t/ha
Aliette	103.38 a	104.22 a	1.008 a	152.61 a	68.77 a	0.448 a	2.63 a	3.63 a	0.72 a	3.59 b
Serenade	102.94 ab	104.00 a	1.010 a	152.39 a	67.72 a	0.436 a	2.33 ab	3.16 a	0.94 a	4.31 ab
Poncho Votivo	102.77 ab	103.88 a	1.011 a	160.67 a	70.88 a	0.438 a	2.11 ab	2.88 a	1.11 a	4.85 ab
Messenger	102.66 ab	103.61 a	1.009 a	155.89 a	69.66 a	0.442 a	2.11 ab	3.22 a	1.11 a	5.18 ab
Actigard	102.55 b	103.88 a	1.013 a	173.50 a	80.50 a	0.461 a	2.08 ab	2.91 a	1.16 a	5.29 ab
Consist Max	102.38 b	104.00 a	1.016 a	172.28 a	80.33 a	0.465 a	2.13 ab	2.61 a	1.05 a	5.75 a
Testigo	103.05 ab	104.33 a	1.012 a	171.06 a	78.94 a	0.458 a	1.86 b	2.5 a	1.16 a	5.29 ab
Suelo	102.93 a	104.04 a	1.011 a	164.06 a	74.73 a	0.449 a	2.17 a	2.96 a	1.00 a	4.81 a
Foliar	102.71 a	103.95 a	1.012 a	161.19 a	72.93 a	0.451 a	2.19 a	3.01 a	1.07 a	4.97 a
Alta	102.88 a	103.95 a	1.010 a	159.95 a	72.23 a	0.450 a	2.20 a	2.96 a	0.95 a	4.94 a
Media	102.85 a	103.97 a	1.012 a	166.26 a	75.73 a	0.452 a	2.11 a	2.94 a	1.26 a	5.00 a
Baja	102.73 a	104.07 a	1.011 a	161.66 a	73.52 a	0.447 a	2.22 a	3.07 a	0.90 a	4.74 a
CV (%)	0.8771	0.9004	0.9483	9.64	16.33	11.28	24.06	26.81	107.87	22.35
Media	102.8	104.0	1.0117	162.62	73.83	0.450	2.18	2.99	1.03	4.89

*Valores seguidos de la misma letra no son diferentes entre ellos.

7.2.11. Severidad de las enfermedades

7.2.11.1. Severidad de la roya, primera evaluación

El Cuadro 27 muestra el ANAVA de la primera evaluación (29 de agosto de 2017) para severidad de la roya, en el que observan diferencias significativas para agroquímicos con valor de $Pr > F$ de 0.0019. No hubo diferencias para vía de aplicación ni dosis, ya que los valores de $Pr > F$ son 0.0679 y 0.4350, respectivamente.

Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable severidad de roya, primera evaluación. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr > F
Modelo	69	25.7998	0.3734	2.01	0.0038
Error	56	10.3888	0.1855		
Total	125	36.1587			
Agroquímicos					0.0019
Vía de aplicación					0.0679
Dosis					0.4350

Ninguna de las tres interacciones mostró diferencias significativas para agroquímicos*dosis con valor de $Pr > F$ de 0.7374, vía de aplicación*dosis $Pr > F$ de 0.0670 y para agroquímicos*vía de aplicación*dosis el valor de $Pr > F$ de 0.7115.

En la prueba de separación de medias por DMS (0.05), los resultados se muestran en el Cuadro 30, en donde Serenade presentó la media más baja de severidad con 1.41, mientras que el testigo tuvo 1.55. Aun cuando la tendencia de las medias indica que las plantas de los tratamientos van de resistentes a moderadamente resistentes, estadísticamente Serenade (*Bacillus subtilis*) tuvo mayor efecto para reducir la severidad de la roya, lo que coincide con lo reportado por la compañía AgraQuest quienes indican que *B. subtilis* induce resistencia natural de las plantas. También Dana *et al.* (1994) mencionan que compuestos denominados Iturines, generados por este organismo, muestran actividad antifúngica contra muchos hongos fitopatógenos. La literatura también menciona que esta bacteria puede detener la germinación de las esporas de los patógenos, al interrumpir el crecimiento del tubo germinativo e inhibir la unión del patógeno a la hoja de planta (EPA, 2006).

7.2.11.2. Severidad de la roya, segunda evaluación

El ANAVA de la variable severidad de la roya, segunda evaluación (19 de septiembre) (Cuadro 28) no mostró diferencias significativas en ninguno de los tres niveles (agroquímicos, vía de aplicación y/o dosis), tampoco para las interacciones agroquímicos*dosis ($Pr > F = 0.8299$), vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.1416$) ni agroquímicos*vía de aplicación*dosis ($Pr > F = 0.9686$).

Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable severidad de roya, segunda evaluación. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	23.2698	0.3372	1.05	0.4242
Error	56	17.9444	0.3204		
Total	125				
Agroquímicos					0.8661
Vía de aplicación					0.6387
Dosis					0.9816

El Cuadro 30 muestra la comparación de medias por la prueba DMS (0.05). Serenade®, que en la primera evaluación demostró ser mejor con el menor valor de severidad, se encuentra en el mismo grupo estadístico con los otros productos. Posiblemente, para mantener el efecto previamente observado sea necesario realizar otra aplicación, tal como menciona Rohilla *et al.* (2001), quienes indican que el grado de protección que proporciona la aplicación de un fungicida, ya sea al suelo o foliar, disminuye con el tiempo. También, existen varios reportes de elicitors de resistencia que no proporcionan un control significativo de la enfermedad, comparado con el testigo (Mogollón y Castaño, 2011), debido a que en campo, la expresión de la resistencia inducida está influenciada por el ambiente, el genotipo y la nutrición (Walters *et al.*, 2005).

7.2.11.3. Mancha de asfalto

El Cuadro 29 muestra el ANAVA de la variable severidad del complejo mancha de asfalto, que indica que solamente hubo diferencias significativas entre agroquímicos. Las interacciones no mostraron diferencias significativas para agroquímicos*dosis $Pr > F$ con 0.8051, vía de aplicación*dosis $Pr > F$ con 0.4958 y agroquímicos*vía de aplicación*dosis con $Pr > F$ de 0.1053.

Cuadro 29. Análisis de varianza para la variable severidad del complejo de mancha de asfalto. TO-2017.

FUENTE	G. L.	S. C	C. M.	Fc	Pr>F
Modelo	69	58.1936	0.8433	1.97	0.0051
Error	56	23.5900	0.4289		
Total	125	81.7836			
Agroquímicos					0.0047
Vía de aplicación					0.8383
Dosis					0.3236

En la prueba de separación de medias por DMS al 95% de confiabilidad (Cuadro 30), se obtuvo que el producto Aliette ® mostró el mayor efecto en disminuir la severidad de la enfermedad al presentar el valor más bajo, comparado con el testigo que tuvo el valor más alto de severidad. El ingrediente activo de este producto está reportado como inductor de resistencia en varios cultivos; por ejemplo en fresa indujo resistencia disminuyendo la severidad de la pudrición de la corona (*P. cactorum*) y pudrición de las raíces (*Phytophthora fragariae*) (Eikemo *et al.*, 2003) y en tubérculos de papa mostró una mayor acumulación e incremento de proteínas β -1,3-glucanasas, proteasas, fitoalexinas y compuestos fenólicos (Andreu *et al.*, 2006).

Cuadro 30. Agrupación de medias de agroquímicos, vía de aplicación y dosis por el método DMS ($\alpha=0.05$) para la variable severidad de roya y complejo de mancha de asfalto. TO-2017.

Factor	Roya E1	Roya E2	Mancha de asfalto
Actigard	2.05 a*	2.02 a*	2.61 ab*
Consist Max	1.77 ab	1.86 a	2.51 ab
Poncho votivo	1.72 ab	1.83 a	2.13 ab
Messenger	1.61 ab	1.80 a	2.38 ab
Aliette	1.58 ab	1.97 a	1.88 b
Serenade	1.41 b	1.86 a	2.22 ab
Testigo	1.55 ab	1.80 a	2.72 a
Suelo	1.74 a	1.90 a	2.36 a
Foliar	1.60 a	1.85 a	2.35 a
Alta	1.69 a	1.89 a	2.34 a
Media	1.60 a	1.88 a	2.46 a
Baja	1.72 a	1.86 a	2.26 a
CV (%)	25.7	30.09	27.76
Media	1.67	1.88	2.35

*Valores seguidos de la misma letra no son diferentes entre ellos.

8. CONCLUSIONES

De las tres enfermedades a evaluar solamente dos se presentaron en ambos ciclos de siembra, la roya común y el complejo de mancha de asfalto. La enfermedad del diente de caballo, causada por *Claviceps gigantea* no se presentó, a pesar de haber realizado inoculación artificial en el ciclo TO-2017.

Para el ciclo TO-2016, ninguno de los agroquímicos mostró reducir la severidad de las enfermedades. Para el ciclo TO-2017, Serenade fue el mejor agroquímico para reducir la severidad de *P. sorghi*, mientras que Aliette fue el mejor para reducir la severidad del complejo de la mancha de asfalto.

Para la severidad de las enfermedades, una aspersion foliar en los dos ciclos de siembra, dio los mismos resultados que realizar una aplicación al suelo.

La severidad de la roya disminuyó al utilizar dosis alta de los agroquímicos.

9. LITERATURA CITADA

- Alexandersson, E., Mulugeta, T., Lankinen, A., Liljeroth, E., and Andreasson, E. 2016. Plant resistance inducers against pathogens in *Solanaceae* species-From molecular mechanisms to field application. *Int. J. Mol. Sci.* 17, 1673.
- Andreu, A., Guevara, M. G., Wolski, E., Daleo, G., and D. Caldiz. 2006. Enhancement of the natural disease resistance of potatoes by chemicals. *Pest Manegmt. Sci.* 2006, 62, 162-170.
- Arias, O. 1999. Desarrollo del método de in-plant con biorroot en el cultivo de banano. Mem. XI Cong. Nal. Agron. y de Rec. Nat.. Vol. 2. Manejo de cultivos. San José (Costa Rica). 367p.
- Bayer, 2018. Folleto Productos fitosanitarios: Poncho Votivo®. Disponible en línea: <https://www.micultivo.bayer.com.mx/docbase/.../Poncho-Votivo-Ficha-tecnica.pdf> Consultado el 03-sep-2018.
- Bayer, 2018. Cropscience: Serenade® ASO. Disponible en línea: <https://www.cropscience.bayer.es/Productos/Fungicidas/Serenade-ASO.aspx>. Consultado el 03-sep-2018.
- Brannen, P. M., and Kenney, D. S. 1997. Kodiak®—a successful biological-control product for suppression of soil-borne plant pathogens of cotton. *J. Indust. Microbiol. Biotechnol.* 19:169-171.
- CIMMYT, 1985. Managing Trials and Reporting Data for CIMMYT's International Maize Testing Program, Mexico, D.F.
- CIMMYT, 2004. Enfermedades del maíz. Una guía para su identificación en campo. México. 118 p.
- Choudhary, D. K., Prakash, A., and Johri, B. N. 2007. Induced systemic resistance (ISR) in plants: mechanism of action. *Indian J. Microbiol.* 47:289-297.

- Couretot L., Ferraris, G. y Magnone, G. 2012. Respuesta a la aplicación de fungicidas foliares en maíz pisingallo y tradicional, efectos sobre el rendimiento y sus componentes. Inst. Nal. Tecnol. Agrop.. Est. Exptl. Agrop. Pergamino. 7 p.
- Couretot, L., Parisi, L., Hirsch, M., Suárez, M. L., Magnone, G. y Ferraris, G. 2013. Principales enfermedades del cultivo de maíz en las últimas campañas y su manejo. 7 pp. <http://inta.gob.ar/documentos/principalesenfermedades-del-cultivo-de-maiz-en-las-ultimas-campanas-y-su-manejo>.
- Dong, H., Delaney, T. P., Bauer, D. W., and Beer, S. V. 1999. Harpin induces disease resistance in *Arabidopsis* through the systemic acquired resistance pathway mediated by salicylic acid and the NIM1 gene. *The Plant J.* 20:207-215.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2006. *Bacillus subtilis* Strain 713 (006479) Biopesticide. (Consultado en línea: http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/ingredients/tech_docs/tech_006479.html)
- European Food Safety Authority, 2012. Conclusión on the peer review of the pesticide risk assesment of the active substance *Bacillus firmus* I-1582. *EFSA J.* 10(10):2868.
- Edreva, A. 2004. A novel strategy for plant protection: Induced resistance. *J. Cell Molec. Biol.* 3:61-69.
- Eikemo, H., Stensvand, A., and Tronsmo, A. M. 2003. Induced resistance as a possible means to control diseases of strawberry caused by *Phytophthora* spp. *Plant Dis.* 87:345-350.
- Faize, M., Faize, L., Koike, N., Ishizaka, and M., Ishii, H.2004. Acibenzolans-methyl-induced resistance to Japanese pear scab is associated with potentiation of multiple defense responses. *Phytopathology* 94:604-612.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2010. En línea: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s10.html>. Consultado el 28 de marzo de 2016.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2016. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>. Consultado el 15 de marzo de 2016.

- Fuentes, S. F., De La Isla, M. L., Ullstrup, A. J., and Rodríguez, A. E. 1964. *Claviceps gigantea*, a new pathogen of maize in México. *Phytopathology* 54:379-381.
- Gómez, S.B.Y., Reyes, R.A., Moreno, V.O.A y Tun, S.J.M. 2017. Resistencia sistémica inducida contra virus fitopatógenos mediada por la inoculación con la rizobacteria *Bacillus* spp. *Rev. Prot. Veg.* 32(1):10-22.
- Gorlach, J., Volrath, S., Knauf-Beiter, F., Hengy, G., Beckhove, U., Kogel, K. H., Oostendorp, M., Staub, T., Ward, E., Kessmann, H., and Ryals, J. 1996. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. *Plant Cell* 8:629-643.
- Guimarães B., Laranjeira, M. A., and D. Barbosa. 2008. Physiological cost of induced resistance in cotton plants at different nitrogen levels. *Summa Phytopathol.* 34(4):338-342.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center. México city. 88p.
- Kilian, M., Steiner, U., Krebs, B., Junge, H., Schmiedeknecht, G., and Hain, R. 2000. *FZB24 Bacillus subtilis* - mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. *Pflanzen.-Nachricht. Bayer* 1:72-93.
- Köller, W.1992. Antifungal agents with target sites in sterol functions and biosynthesis. p.119-206. *In: Köller, W. Target Sites of Fungicide Action.* CRC Press. Boca Raton, Florida. 328 p.
- López, L. 1991. Cultivos herbáceos “Cereales”. Vol IV. Edic. Mundi-Prensa. España. 539 p.
- Márquez, C. y Castaño, Z. J. 2007. Inducción de resistencia a sigatokas en plántulas de plátano Dominico-Hartón. *Agronomía* 15(2):49-57.
- Mogollón O. A. y Castaño Z. J. 2011. Efecto de inductores de resistencia en plántulas de plátano dominico hartón (*Musa balbisiana* AAB) contra *Mycosphaerella* spp. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 35(137):463-471.

- Müller, E. and Samuels, J. G. 1984. *Monographella maydis* sp. nov. and its connection to the Tar-spot disease in *Zea mays*. Nova Hedwegia Band 40, Braunschweig J. Cramer.
- Osada, S. K. 1984. Estudio sobre la germinación del cornezuelo del maíz e interacción-hospedante parásito (*Zea mays* L.-*Claviceps gigantea* Fuentes *et al.*) Tesis doctoral. Fitosanidad-Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 86p.
- Planth Health Care de México. 2018. Messenger Gold®. Disponible en línea: www.phcmexico.com.mx/pdfs/biopesticidas/Messenger%20Gold.pdf. Consultado el 11 de septiembre de 2018.
- Quiroga, M. R., Garrido, R. E., Rosales, E. M. y Salazar, P. W. 2017. Manual técnico: Manejo integrado del complejo mancha de asfalto del maíz en México. Univ. Autón. de Chiapas. México. 39 p.
- Quintero, V. C. y Castaño, Z. J. 2012. Evaluación de inductores de resistencia para el manejo de nemátodos fitoparásitos en plántulas de plátano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 36(141):575-586
- Riveros, A. S. 2001. Moléculas activadoras de la inducción de resistencia, incorporadas en programas de agricultura sostenible. Manejo integrado de plagas. Costa Rica. 61: 4-11.
- Rohilla, R., Singh, U. S., and Singh, R. L. 2001. Mode of action of Acibenzolar-S-methyl against sheath blight of rice, caused by *Rhizoctonia solani* Kühn. Pest Manag. Sci. 58:63-69.
- Sain, G. y López, P. 1997. Producción de maíz y políticas agrícolas en Centro América y México. CIMMYT. Costa Rica. 67 p.
- Schallmey, M., Singh, A., and Ward, O. P. 2004. Developments in the use of *Bacillus* species for industrial production. Canad. J. Microbiol. 50:1-17
- Schreiber, K., and Desveaux, D. 2008. Message in a bottle: Chemical biology of induced resistance in plants. Plant Pathol. J. 24:245-268.

- Schönbeck, F., Steiner, U., and Kraska, T. 1993. Induzierte Resistenz: Kriterien, Mechanismen, Anwendung und Bewertung. *J. Plant Dis. Prot.* 100:541-557.
- SIAP-SAGARPA. 2014. Servicio de información agroalimentaria y pesca- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Sillero, J. C., Rojas, M. M., Avila, C.M., and Rubiales, D. 2012. Induction of systemic acquired resistance against rust, ascochyta blight and broomrape in faba bean by exogenous application of salicylic acid and benzothiadiazole. *Crop Protect.* 34:65–69.
- Syngenta. 2018. Actigard® 50 GS. Disponible en: <https://www.syngenta.com.mx/product/crop-protection/regulador-de-crecimiento/actigardr-50-gs>. Consultado el 11 de septiembre de 2018.
- Terralia, 2018. Fosetil-Al. Productos fitosanitarios y nutricionales. Disponible en: https://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/view_composition?book_id=1&composition_id=523. (Consultado el 11/09/2018).
- Terralia, 2018. Consist Max® SC. Disponible en: https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_trademark?book_id=3&trademark_id=9399. (Consultado el 01/09/2018).
- Uribelarrea, M., Cárcova, J., Otegui, M. E., and Westgate, M. E. 2002. Pollen production, pollination dynamics, and kernel set in maize. *Crop Sci.* 42:1910-1918.
- Vallad, G. E., and Goodman, R. M. 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Sci.* 44:1920-1934.
- Van Loon, L. C., Bakker, P. A. H., and Pieterse, C. M. J. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Ann. Rev. Phytopathol.* 36:453–83
- Walters, D., Walsh, D., Newton, A., and Lyon, G. 2005. Induced resistance for plant disease control: maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Amer. Phytopathol. Soc.* 95(12):1368-1373.

- Walters, D.R., and Fountaine, J. M. 2009. Practical application of induced resistance to plant diseases: An appraisal of effectiveness under field conditions. *J. Agric. Sci.* 147:523–535.
- Walters, D.R., Ratsep, J., and Havis, N.D. 2013. Controlling crop diseases using induced resistance: Challenges for the future. *J. Exp. Bot.* 64:1263–1280.
- Wei, Z., Laby R., Zumoff, C., Bauer, D., Ho, S.Y., Collmer, A. and Beer, S. 1992. Harpin, elicitor of the hypersensitive response produced by the plant pathogen *Erwinia amylovora*. *Science* 2(57):85-87.