



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



Centro Universitario UAEM Tenancingo

**FOSFITOS DE POTASIO EN EL MANEJO DE *Peronospora sparsa* Berkeley
EN EL CULTIVO DE *Rosa L.* variedad. Samourai BAJO INVERNADERO**

T E S I S

QUE

P R E S E N T A

Mauricio González Millán

Director

Dr. Rómulo García Velasco

Asesora

Dra. Martha Elena Mora Herrera

Tenancingo, Estado de México

Agosto 4 de 2017

ÍNDICE

II. RESUMEN	6
2.1 Importancia del cultivo del rosal	9
2.2 Temperaturas requeridas por el cultivo.	11
2.3 Desarrollo fenológico del tallo floral de rosa Var. Samourai.	12
2.4 Norma de calidad para tallos de rosa.	13
2.5 Complejo de hongos fitopatógenos que dañan al cultivo del rosal.	16
2.6 <i>Peronospora esparsa</i> Berkeley causante del mildiu vellosa.	17
2.7 Condiciones de temperatura y HR requeridas por <i>P. sparsa</i>	18
2.8 Morfología del Oomyceto <i>Peronospora sparsa</i>	18
2.9 Síntomas de la enfermedad.....	18
2.10 Resistencia a fungicidas.	20
2.11 Fungicidas utilizados para el manejo de <i>P. sparsa</i>	22
2.12 Importancia del fosforo y potasio en la planta.	23
2.13 Fosfitos como fuente de fosforo en las plantas.	24
2.14 Especies reactivas de oxígeno.	25
2.15 Origen de los fosfitos.....	27
2.16 Efecto de la aplicación de fosfitos en plantas.....	28
III. JUSTIFICACIÓN	32
IV. OBJETIVOS.....	33
4.1 Objetivo General.	33
4.2 Objetivos Específicos.	33
V. HIPÓTESIS.....	34
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
6.1 Sitio experimental.	34
6.2 Diseño experimental.	35
6.3 Inducción de brotes (tallos florales).	35
6.4 Manejo agronómico del cultivo.	36
6.5 Productos formulados a base de fosfito utilizados como tratamientos.	38
6.6 Aplicación de los tratamientos.	39
6.7 Inducción de la enfermedad.....	40

6.8 Variables de incidencia y severidad.....	41
6.9 Análisis de datos.....	43
6.10 Variables agronómicas.....	44
6.11 Estimación de costos por tratamiento.....	45
6.12 Descripción del desarrollo del tallo floral de rosa Var. Samourai.....	45
VII. RESULTADOS.....	46
7.1 Efecto de los fosfitos sobre el pH.....	46
7.2 Efecto fitotóxico del producto Defence Ax.....	46
7.3 Incidencia.....	47
7.4 Severidad.....	49
7.5 Efectividad biológica de los tratamientos.....	50
7.6 Daño en botones florales.....	51
7.7 Efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas.....	52
7.8 Costos de aplicación de los tratamientos.....	53
7.9 Desarrollo fenológico del tallo floral en plantas de rosal var. Samourai.....	55
VIII. DISCUSIÓN.....	58
IX. CONCLUSIONES.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comportamiento de la producción de rosa del año 2005 al 2014.....	10
Tabla 2. Códigos de tamaño para la clasificación de tallos de rosa.....	15
Tabla 3. Concentración en porcentaje de fosforo y potasio de los tratamientos para su evaluación biológica en el manejo de <i>P. sparsa</i>	40
Tabla 4. Porcentaje de incidencia causado por <i>Peronospora sparsa</i> en plantas de rosa variedad Samourai.....	51
Tabla 5. Porcentaje de severidad causado por <i>Peronospora sparsa</i> en plantas de rosa variedad Samourai.....	53
Tabla 6. Efectividad biológica de los tratamientos a base de fosfito de potasio.....	54
Tabla 7. Análisis estadístico de la variable longitud y diámetro de tallo y botón floral.....	56
Tabla 8. Costos de aplicación de los productos utilizados a base de fosfito de potasio, estimado para una hectárea de cultivo de rosal, basándose a la dosis utilizada en este	59
Tabla 9. Variables cuantitativas que ocurren durante las etapas fenológicas del tallo floral de rosa var. Samourai.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Síntomas de mildiu veloso en hojas, tallos y flores de rosa.....	20
Figura 2. Estimulación de brotes homogéneos en plantas de rosa var. Samourai mediante la técnica de pinzamiento.....	37
Figura 3. Escala de severidad de <i>Peronospora sparsa</i> en rosa propuesta por Chavarro (2013).....	44
Figura 4. Efectos fitotóxicos del producto Defence Ax.....	50
Figura 5. Daño de <i>P. sparsa</i> en botones florales de rosa var. Samourai en el tratamiento testigo.....	55
Figura 6. Registro de las variables agronómicas en tallos florales.....	57
Figura 7. Crecimiento fenológico del botón floral de rosa var. Samourai.....	61
Figura 8. Etapas fenológicas de tallo floral de rosa var. Samourai.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Riesgo de desarrollo de resistencia de acuerdo a la clase química.....	22
Cuadro 2. Productos utilizados para el manejo de las plagas y enfermedades presentadas durante el experimento.....	39

RESUMEN

El Estado de México produce el 95 % de rosa bajo invernadero y el mildiu vellosa (*Peronospora sparsa*) puede causar pérdidas del 100 % de la producción si no se controla oportunamente. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad biológica de formulaciones a base de fosfato de potasio en el control de *P. sparsa*. Y determinar el efecto de la aplicación de estos sobre el largo y diámetro de tallos y botones florales. Se probaron cinco tratamientos [Defence Ax (1 ml L⁻¹), Atlante (2.5 ml L⁻¹), FosfiMAX 40-20 (3 ml L⁻¹), Phos-K (2.5ml L⁻¹), y Multi-ProteK (5 g L⁻¹)] y un testigo. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, la unidad experimental fueron 28 plantas con seis repeticiones. Los productos se aplicaron vía foliar cada 15 días durante un ciclo de producción (60 ± 10 días). Se evaluó la incidencia (%) y severidad (%) de la enfermedad en 10 tallos al azar por unidad experimental cada 8 días, las variables de calidad se midieron en 60 tallos por tratamiento. La incidencia de la enfermedad fue del 100 % en el caso del testigo y del 18.3 % para el tratamiento con FosfiMax 40-20, 21.6 % para Phos-K, 28.3 % para Atlante, 25.0 % para Multi-ProteK y 25.0 % para Defence Ax. En el caso de la severidad, no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos a base de FosfiMAX 40-20 (3.06 %), Phos-K (3.98 %), Multi-ProteK (3.98 %) y Defence Ax (7.13 %); pero si con Atlante (14.12 %) el cual presentó la mayor severidad de todos los tratamientos. El testigo presentó una severidad de 94.66 %. Solo el tratamiento con Defence Ax® mejoró las variables diámetro y largo de botón floral siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos con un incremento de 3.21% y 4.65%, respectivamente en relación al testigo. El Tratamiento con Defence Ax tuvo un costo por aplicación por hectárea de \$ 248.00 con una buena efectividad biológica del 87.1%, aunque tres tratamientos más, presentaron una mayor efectividad biológica los costos fueron elevados.

I. INTRODUCCIÓN

Hacia finales de siglo XVIII intrépidos coleccionistas de plantas regresaron del Lejano Oriente con rosas portadoras de los genes más deseados como la capacidad de florecer más de una por año, estas primeras importaciones fueron cruzadas con sus primas europeas para producir los antecesores directos de las rosas modernas (Mattock *et al.*, 1993). Hoy día se cultivan comercialmente en varios países del continente americano, especialmente en Estados Unidos de Norteamérica, México, Colombia, Ecuador, Costa Rica y Guatemala (Yong, 2004a). En el Estado de México el valor de producción de rosas es de \$ 989,518.57 miles de pesos (SIAP 2014). La enfermedad conocida como mildiu veloso causada por el Oomycete *Peronospora sparsa* en *Rosa* L. particularmente predominante en producción bajo invernadero, es una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo del rosal (Alfieri, 1968). Para el manejo químico de *Peronospora sparsa* en rosa algunos de los fungicidas utilizados son dimetomorf, fosetil de aluminio, metalaxil, mancozeb (Quiroga y Arbeláez, 2004), fluazinam, cymoxanil, oxadixil, siendo la combinación de metalaxil + mancozeb una de las más ampliamente utilizadas para el control de Oomycetes (Cardona y Zapata, 2011). Algunos de estos compuestos de acuerdo con el comité de acción de resistencia a fungicidas (FRAC), poseen un alto riesgo en el desarrollo de resistencia. Los fosfitos son compuestos resultantes de la reacción del ácido fosforoso con iones de metales alcalinos como el potasio (Velandia *et al.*, 2012). De acuerdo con Lovatt y

Milkkelsen (2006), el interés por estos compuestos se reactivó cuando se demostró que el fosetyl-AI se movía desde las hojas hacia la raíz en forma de fosfito proporcionando control sobre patógenos de la raíz. Igualmente se ha demostrado que la aplicación de fosfito en medio de cultivo en el que se desarrolla *Pythium* spp. inhibe la esporulación (Kromann *et al.*, 2012), y en *Penicillium expansum* Link., inhiben la germinación de esporas (Amiri y Bompeix, 2011), de igual manera Cerioni y colaboradores (2013), demostraron que el fosfito de potasio inhibe desde un 50 a un 99 % la germinación de esporas de *Penicillium digitatum*. También es conocido que aplicados de manera exógena sobre plantas generan una Resistencia Sistémica Adquirida (SAR). La SAR de acuerdo con Camarena y de la Torre (2007), se da cuando algún daño protege a la planta contra infecciones posteriores, lo cual indica que el primer patógeno infectante indujo la expresión de reacciones de resistencia contra subsecuentes infecciones, la SAR se activa primero de manera local y después sistémicamente y está acompañada de un incremento endógeno del ácido salicílico (SA) (Molina y Rodríguez, 2008). Silva y colaboradores (2011), mencionan que la activación de este sistema de defensa envuelve una síntesis y transporte de metabolitos secundarios denominados fitoalexinas. Jankiewicz (2003), menciona que algunas tienen la capacidad de inhibir tres veces más el crecimiento del micelio que la germinación de las esporas. Estas propiedades hacen de los fosfitos compuestos muy interesantes para ser evaluados de manera práctica en el manejo de enfermedades causadas por patógenos principalmente del grupo Oomycetes en cultivos de importancia económica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de rosal

El género *Rosa* comprende un grupo de arbustos espinosos, algunos trepadores, caducifolios o siempre verdes que cuenta con alrededor de 100 a 150 especies, muchas de las especies han sido modificadas durante los dos últimos siglos por medio de la selección y la hibridación estimándose que existen alrededor de 20,000 cultivares, debido a esta enorme cantidad de cultivares generados por la selección e hibridación los sistemas de clasificación se han complicado (Sánchez de Lorenzo, 2001). Hacia finales de siglo XVIII intrépidos coleccionistas de plantas regresaron del Lejano Oriente con rosas portadoras de los genes más deseados como la capacidad de florecer más de una vez cada año, estas primeras importaciones fueron cruzadas con sus primas europeas para producir los antecesores directos de las rosas modernas; sin embargo, de las rosas antepasadas o llamadas también “rosas de la especie” son solamente 15 o 20 las que han contribuido a la obtención de la rosa moderna (Mattock *et al.*, 1993).

Clasificación taxonómica de la rosa. Fuente: Trópicos (2017).

Clase..... Equisetopsida
Subclase..... Magnoliidae
Superorden..... Rosanae
Orden..... Rosales
Familia.....Rosaceae

Las rosas (*Rosa* sp.) son cultivadas por sus hermosas flores, y consideradas originaria de china, hoy día se cultivan comercialmente en varios países del continente americano, especialmente en Estados Unidos de Norteamérica, México, Colombia, Ecuador, Costa rica y Guatemala (Yong, 2004a). En nuestro país fue en la segunda mitad de la década de 1970 que se inició y concentro en el Estado de México la actividad en la producción de flor de corte para el mercado de exportación con la introducción de túneles e invernaderos de rosas principalmente (SAGARPA, 2009). Hoy día el Estado de México es el principal productor de rosa en condiciones de invernadero, concentra el 95% de la producción nacional, lo que significa un valor de producción de \$ 989,518.57 miles de pesos (SIAP, 2014) como se muestra en la Tabla 1, sin embargo esta producción ha tenido variaciones de 2005 a 2014 como además de la variación en producción, se tienen dificultades en la interpretación de los datos por las unidades de medida que reporta la parte oficial (SIAP), debido a que la producción de rosa la reporta en gruesas y toneladas, cuando esta ornamental la manera correcta de cómo se mide el rendimiento es por número de paquetes por hectárea, y, un paquete está conformado por 25 tallos. Por otra parte, también se reporta la producción de “rosa de invernadero (planta)” sin aclarar a que se refiere este rubro; lo que dificulta un claro entendimiento de los datos que reporta el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En el mercado nacional de flores se capta el 85% de la producción nacional total, y es la Central de Abastos de la Ciudad de México quien funge como principal

acopiador de la producción florícola del Estado de México, Morelos y Puebla (Orozco, 2007).

Tabla 1. Comportamiento de la producción de rosa del año 2005 al 2014.

Cultivo	Sup. Sembrada Ha	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ Ha)	Valor Producción (Miles de pesos)
2005				
Rosa (gruesa)	427	3563027	8344.33	632705.01
Rosa de invernadero (planta)	5	1200000	240000	8400
2006				
Rosa (gruesa)	35	285500	8157.14	33800
Rosa de invernadero (gruesa)	440	3665795	8331.35	719862.45
Rosa de invernadero (planta)	6	1440000	240000	11520
2007				
Rosa (gruesa)	6	43500	7250	6652.5
Rosa de invernadero (gruesa)	624	5359550	8589.02	966627
Rosa de invernadero (planta)	6	1398000	233000	11184
2008				
Rosa de invernadero (gruesa)	646	5255380	8135.26	801425.1
Rosa de invernadero (planta)	6.7	1594600	238000	12756.8
2009				
Rosa de invernadero (gruesa)	663	5347625	8252.51	905707.3
Rosa de invernadero (planta)	6.7	1608000	240000	14472
2010				
Rosa de invernadero (gruesa)	668	5302996	8133.43	761129.7
Rosa de invernadero (planta)	8.5	2042975	240350	18999.67
2011				
Rosa de invernadero (gruesa)	673	5377706	8210.24	1013500.43
Rosa de invernadero (planta)	10	2160000	240000	22680
2012				
Rosa de invernadero (gruesa)	680	5415680	8230.52	1177886.23
Rosa de invernadero (planta)	10	2160000	216000	21600
2013				
Rosa (gruesa)	683	5416650	8346.15	1100386.26
2014				
Rosa (gruesa)	680	5527700	8299.85	989518.57

Fuente SIAP (2014).

2.2 Temperaturas requeridas por el cultivo.

Las temperaturas óptimas de crecimiento para el rosal son de 17 a 25°C, con temperaturas elevadas $\geq 30^\circ\text{C}$, las flores son pequeñas, teniendo pocos pétalos y color más pálido, la temperatura nocturna continuamente por debajo de 15°C también afecta seriamente a la planta, el crecimiento se atrasa, las flores

desarrollan un gran número de pétalos, se deforman y aplanan. Aunque en ciertas etapas el rosal exige temperaturas elevadas (31 °C), una de estas etapas es el inicio y crecimiento de los brotes, donde la falta de estos niveles de temperatura puede originar tallos ciegos. Las temperaturas óptimas se sitúan por los 21 y 24 °C durante el día y de 15 a 16 °C durante la noche. Las altas temperaturas provocan una rápida y temprana apertura del botón floral, de manera que se desarrollan rápidamente nuevos brotes, por lo que se obtendrá una mayor producción, al contrario de las bajas temperaturas que reducen la producción y tardan más en florecer (Yong, 2004b).

2.3 Desarrollo fenológico del tallo floral de rosa.

En promedio el ciclo de un tallo floral es de 11 a 12 semanas (77 a 84 días), la mitad de este periodo es de crecimiento vegetativo y el resto la etapa reproductiva. La etapa vegetativa se subdivide en inducción del brote y desarrollo del tallo floral, en esta etapa las hojas falsas están cerradas presentando en la mayoría de los casos un color rojizo. El periodo reproductivo inicia con la inducción del primordio floral “**palmiche**” que coincide con una variación parcial del color de tallo y hojas de rojo a verde. Seguido de los estadios fenológicos llamados “**arroz**” en donde el diámetro de botón es menor a 0.4 cm, “**arveja**” con un diámetro de 0.5-7 cm que presenta hojas totalmente abiertas y el botón se observa más redondeado, “**garbanzo**” con diámetro de 0.8-1.2 cm de diámetro y en donde pierde el color rojizo “**rayar color**” diámetro de 1.8-2.9 cm indica el momento cuando se separan

ligeramente los sépalos por efecto del crecimiento del botón dejando ver el color de los pétalos. Por último el estado de “**corte**” en donde el botón presenta un diámetro de 3.0 cm o más es el momento en que la flor llega a un punto de apertura comercial mas no fisiológico (Rodríguez y Flórez, 2006). La mayoría de los cultivares de tonalidades rosa y rojos se cortan cuando el cáliz se dobla en una posición inferior que la horizontal (mayor que 90°) y cuando los dos primeros pétalos comienzan a separarse del botón floral mientras que los tallos de las variedades amarillas se cosechan en un punto más cerrado y las blancas en uno posterior comparado con los tallos de rosas rojas y rosas (De la Cruz *et al.*, 2015).

2.4 Norma de calidad para tallos de rosa.

Para su comercialización las rosas deben cumplir con ciertas características cualitativas y cuantitativas, estos aspectos tienen tal importancia que para establecer las especificaciones mínimas y el método de prueba que deben cumplir los tallos comerciales de rosa tanto para el mercado nacional como internacional, se creó la norma mexicana NMX-FF-069-SCFI-2002 Productos hortícolas-flores cortadas en estado fresco rosa (*Rosa spp.*) especificaciones y método de prueba. La cual establece que una rosa de calidad debe cumplir con las especificaciones que a continuación se enlistan:

Los tallos comerciales de rosa deben:

- a) Estar sanos y frescos.
- b) Estar completos, enteros y turgentes.
- c) Estar limpios y exentos de materia extraña visible (tierra y materia orgánica).
- d) Estar exentos de manchas.
- e) Estar exentos de daños por frío.
- f) Estar exentos de daños o necrosamiento provocado por microorganismos o entomofauna.
- g) Estar exenta de daños mecánicos causados por el mal manejo del producto, y
- h) Estar sanas y cumplir con las normas fitosanitarias vigentes para la importación de este producto.

De la flor

- a) Ser de tamaño, forma, turgencia y color homogéneo o el característico del cultivar.
- b) Estar exentas de manchas, daños mecánicos, estrías o cicatrices producidas por enfermedades o plagas y exenta de daños causados por frío.

De las hojas

- a) Ser del color, tamaño, grosor y longitud característico del cultivar o especie.
- b) Estar exentas de machas y daños, estrías o cicatrices producidas por enfermedades, plagas o daños causados por frío.

Del tallo

- a) Ser firme y soportar el peso de la flor.
- b) Exento de curvaturas muy pronunciadas en el mismo.
- c) Exento de manchas.
- d) Estar exento de estrías producidas por microorganismos o entomofauna.
- e) Estar exento de reblandecimientos provocado por exceso de humedad, microorganismos o entomofauna.

Para su comercialización, los tallos florales deben clasificarse con base en los códigos de tamaño en longitud que se especifican en la Tabla 2.

Tabla 2. Códigos de tamaño para la clasificación de tallos de rosa.

Código de tamaño	Longitud del tallo (en centímetros)
1	80 a 90
2	70 a 79
3	60 a 69
4	50 a 59
5	40 a 49

Fuente: NMX-FF-069-SCFI, 2002.

2.5 Complejo de hongos fitopatógenos que dañan al cultivo del rosal.

El cultivo de rosa es afectado por enfermedades que de manera individual o conjunta causan daños y afectan su calidad, algunas son enfermedades bien conocidas como la agalla de corona causada por *Agrobacterium tumefaciens* Smith y Townsend, la mancha negra cuyo agente en sus dos formas es *Diplocarpon rosae* Wolf. (sexual) y *Marsonnina rosae* Lib. (asexual), la roya del rosal causada por el *Phragmidium mucronatum* Pers., el moho gris causado por *Botrytis cinerea* Pers., y el oídio cuyo agente causal principal es su estado imperfecto *Oidium leucoconium* Desmaz. su teleomorfo *Spharoteca pannosa* Wallr. (Cabrera *et al.*, 2006). El oídio conocido también como mildiu polvoso, es probablemente una de las enfermedades en invernadero, jardín y campo más extensamente distribuida y seria en el cultivo del rosal. Otras enfermedades en rosa son la marchitez causada por *Verticillium albo-atrum* Reinke y Berthier., la cancrrosis causada por *Coniothyrium wernsdorffia* Laubert., el cancro común causado por el estado asexual de *Diapleella coniothyrium* Fuckel, *Coniothyrium fuckelii* Sacc., el cancro marrón causado por *Cryptosporella umbrina* Jenk y Wehmer., el moho negro causado por el hongo *Chalaropsis thielavioides* Peyronel., el cancro de caña causado por *Nectria cinnabarina* Tode., manchas de la hoja causadas por diversas especies como *Alternaria alternata* Keissl., *Alternaria brassicae* Berk., *Pseudocercospora puderi* B.H. Davis ex Deighton., *Cercospora rosicola* Pass. (Horst y Cloyd, 2007).

2.6 *Peronospora esparsa* Berkeley causante del mildiu vellosa.

La enfermedad conocida como mildiu vellosa causada por el Oomycete *Peronospora sparsa* en *Rosa* sp. es particularmente predominante en producción bajo invernadero (Alfieri, 1968). Algunos trabajos señalan a *Peronospora sparsa* como el agente asociado al mildiu vellosa en la zona sur del Estado de México el cual puede causar pérdidas de hasta el 100% cuando no se controla oportunamente (García *et al.*, 2011; Alvares, 2014). De acuerdo con Agrios (2008), los mildius verdaderos se deben a un grupo de Oomycetes que pertenecen a la familia peronosporaceae, todas las especies de esta familia son parásitos obligados que ocasionan epidemias catastróficas lo que ha llevado a pérdidas importantes.

Una característica común de todos los Oomycetes es su habilidad para absorber nutrientes directamente de su hospedero por lo que se les considera como osmótrofos, motivo por el cual se agrupaban con los hongos verdaderos, con los cuales comparten varias características tales como el desarrollo de hifas y la dispersión por medio de esporas, los Oomycetes se reproducen tanto sexual como asexualmente, el ciclo sexual genera oosporas de pared celular gruesa que están adaptadas para sobrevivir bajo condiciones ambientales adversas, mientras que el ciclo asexual se caracteriza por la producción de esporangios (Castro *et al.*, 2012).

2.7 Condiciones de temperatura y HR requeridas por *P. sparsa*.

Las condiciones óptimas para el desarrollo del patógeno bajo invernadero corresponden a temperaturas que oscilan entre 15 y 20 °C y de 20 a 25 °C para la colonización del patógeno, la infección es influenciada por la presencia de una lámina de agua libre sobre la superficie del tejido por un período mínimo de dos horas, la esporulación del patógeno ocurre principalmente cuando se presenta una humedad relativa superior al 85% y temperaturas que oscilan entre 18 y 22 °C (López y Castaño, 2011).

2.8 Morfología del Oomyceto *Peronospora sparsa*.

Los mildius producen esporangióforos y esporangios, estos últimos se encuentran en las puntas de las ramas, cada uno de los géneros de los mildius tienen una forma característica de ramificación de sus esporangióforos, en un principio casi siempre son largos y blancos (Agrios, 2008). Para el caso del mildiu vellos se reportan esporangios como estructuras hialinas, con formas subglobosas ovoides a elipsoides, con medidas de 12.5-20 µm de largo x 10-17.5 µm de ancho y esporangióforos hialinos de 200-250 x 9.5-10 µm en la variedad Samourai (Álvarez, 2014).

2.9 Síntomas de la enfermedad.

Los primeros síntomas se manifiestan como un moteado clorótico visible a trasluz en los folíolos más jóvenes, posteriormente se desarrollan los síntomas típicos que

corresponden manchas color rojizo de forma angular en la mayoría de las hojas, posterior a la aparición de los síntomas en hojas se manifiestan los síntomas iniciales en tallos que se caracterizan por abultamientos blancos de la corteza, acompañados de algunos casos de moteados color marrón claro, los síntomas posteriores corresponden a moteados púrpura típicos de la enfermedad seguidos del rajado longitudinal de la corteza en los sitios de la lesión en los tallos maduros; en los botones florales se presentan momificaciones o manchas púrpura en los sépalos de la flor (Figura 1).

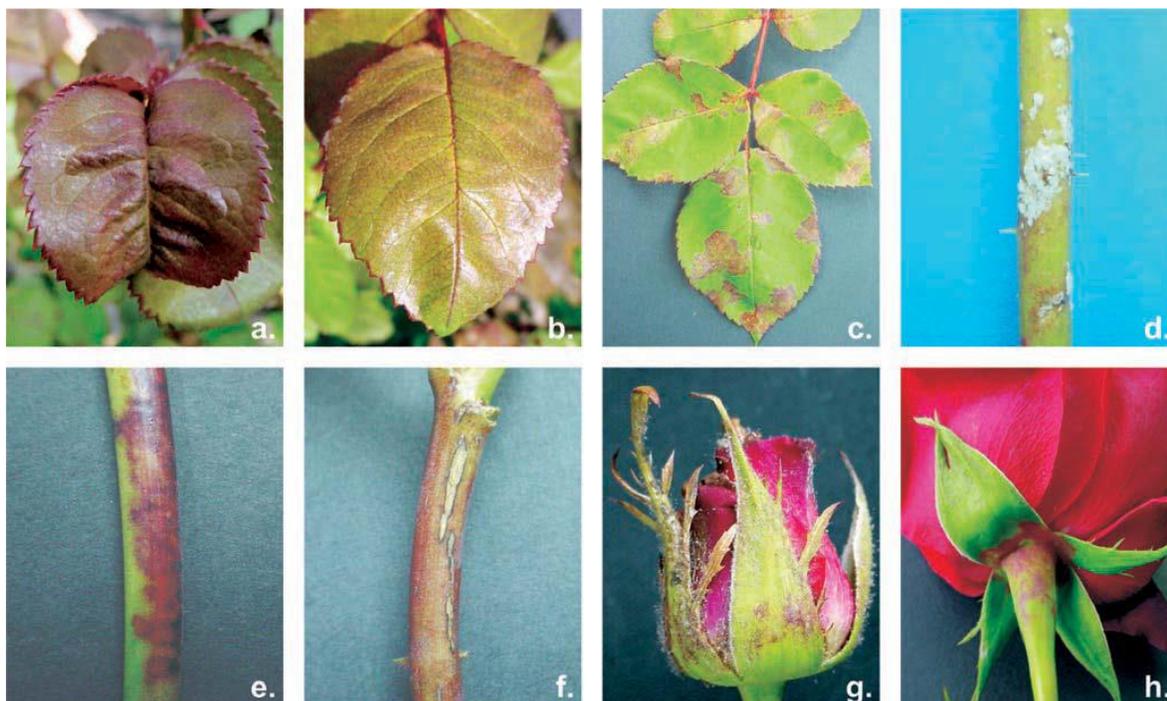


Figura 1. Síntomas de mildiu veloso en hojas, tallos y flores de rosa.

a) En folíolo joven; **b)** inicial en folíolo; **c)** en hojas maduras; **d)** abultamientos blancos en la corteza en tallos jóvenes con lesiones color pardo oscuro; **e)** manchas púrpura sobre tallos afectados; **f)** tallos maduros rajados con manchas pardas; **g)** síntomas en sépalos del botón floral y **h)** en pedúnculos de flores (Gómez y Arbeláez, 2005).

2.10 Resistencia a fungicidas.

Los Oomycetes presentan diversidad genética que les permite rápidamente adaptarse y desarrollar resistencia a fungicidas y a la resistencia genética que presentan las plantas (Castro *et al.*, 2012).

Las condiciones que favorecen el desarrollo de la resistencia son:

- **El número de aplicaciones.** Mientras más frecuentemente se use un compuesto en particular a una población de patógenos, más rápida será la selección de resistencia.
- **Uso exclusivo de un compuesto con modo sencillo de acción.** Mientras más se utilice este tipo de compuestos mayor será la presión de selección para la resistencia.
- **La dosis del fungicida usado.** Aplicación de una dosis inferior a la recomendada en la etiqueta del producto puede aumentar la presión de selección de la resistencia.
- **La extensión de las poblaciones del patógeno expuestas al fungicida.** Si la incidencia de la enfermedad dentro de una región en particular es relativamente baja, esporádica, o irregular de una estación a otra, la selección de resistencia se reduce.

- **Tamaño de las parcelas tratadas y proporción del área o región tratada.**

Mientras más grande sean las parcelas tratadas mayor será la proporción del área total donde el fungicida se usará, y la selección se ampliará.

- **La dependencia y uso exclusivo de fungicidas químicos, sin incorporar un**

manejo integrado; Resultará en una presión de selección aumentada de la resistencia al fungicida.

- **El aislamiento de las poblaciones de patógenos** (p.ej. en invernaderos o

túneles de polietileno o en regiones agronómicas aisladas) es un factor que disminuye la entrada de nuevas poblaciones del patógeno que puedan presentar cepas sensibles, esto puede favorecer el desarrollo de poblaciones resistentes (FAO, 2012).

Clasificación de la resistencia de acuerdo a los grupos químicos.

De acuerdo con Brent y Hollomon (2007), el riesgo de desarrollo de resistencia de acuerdo a los grupos químicos se puede clasificar de manera relativa como alta, moderada y baja, esta clasificación se muestra en el cuadro 1, en donde se clasifica el riesgo relativo de resistencia de la mayoría de los compuestos fungicidas.

Cuadro 1. Riesgo de desarrollo de resistencia de acuerdo a la clase química.

RIESGO RELATIVO DE RESISTENCIA	CLASE QUÍMICA (Algunos son representados por un único compuesto)
Alta	Benzimidazoles, dicarboxamidas, fenilamidas, análogos de estrobyrulinas, acilalaninas
Moderado	Amino-pirimidinas, aminas (incluye morfolinias), anilinopyrimidinas, hidrocarburos aromáticos, carboxanilidas, amidas de ácidos carboxílicos, carpropamid, ximoxanil, fenhexamida, kasugamicina, fenilpirroles, fosforotiolates, quinoxifeno
Baja	Clorotalonil, cobres, ditiocarbamatos, fosetyl-Al, piroquilon, ftalimidas, probenazol, azufres, triciclazol

2.11 Fungicidas utilizados para el manejo de *P. sparsa*.

Para el manejo químico de *Peronospora sparsa* en rosa, algunos de los fungicidas utilizados son dimetomorf (amidas del ácido cinámico), fosetil de aluminio (fosfonatos etílicos), metalaxil (acilalaninas), mancozeb (ditiocarbamatos) (Quiroga y Arbeláez, 2004), fluazinam (dinitro-alanina), cymoxanil (oxima cianoacetamida), oxadixil (oxazolidinonas), siendo la combinación de metalaxil + mancozeb una de las más ampliamente utilizadas para el control de Oomycetes (Cardona y Zapata, 2011)

2.12 Importancia del fosforo y potasio en la planta.

La nutrición es un proceso universal de todos los seres vivos que tiene como función la construcción de estructuras y la obtención de energía a través de procesos celulares que consisten en una serie de reacciones metabólicas complejas que se realizan en las células y que integra a la respiración y la fotosíntesis, la nutrición vegetal (organismo autótrofo) es compleja, y se caracteriza por síntesis de materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas sencillas a través de la fotosíntesis proceso en el cual el fosforo es importante (González *et al.*, 2014). El fosforo es disponible para la planta como ion fosfato y dentro de la planta no se encuentra en forma reducida si no que permanece como fosfato ya sea en forma libre o como un compuesto orgánico principalmente como Ester fosfórico con grupos hidroxilos o formando enlaces anhídridos como es el caso del ATP o ADP por lo tanto desempeña una función importante en la fotosíntesis, la respiración y en todo el metabolismo energético, además el fosforo tiene una función importante en la formación de muchas moléculas y estructuras celulares, acumulándose en hojas jóvenes, en las flores y en las semillas, en el caso del potasio, este es el catión más abundante en la vacuola y el citoplasma, participa en la osmoregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierre estomáticos, el K de igual forma es activador de más de cincuenta sistemas enzimáticos entre los que destacan oxidorreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetisas y quinasas, su

deficiencia en los cultivos se traduce en una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos en la raíz y a una debilidad en los tallos (Azcón y Talón, 2000).

2.13 Fosfitos como fuente de fósforo en las plantas.

Diferentes trabajos se han realizado para demostrar la eficiencia como suplemento de fósforo de los fertilizantes compuestos a base de fosfito en la nutrición de las plantas, los resultados son variados. En fresa (*Fragaria ananasa*) se evaluó el fosfito en solución nutritiva a diferentes concentraciones 0, 20, 30, 40 y 50%, tomando como fuente el ácido fosfónico (H_3PO_3); las variables evaluadas fueron rendimiento, longitud y diámetro de frutos, y la concentración de antocianinas en frutos, reportando que la concentración de 20% mejoró el rendimiento y longitud de los frutos, mientras que el tratamiento con 30% de fosfito incrementó la concentración de antocianinas en frutos, sin embargo estos resultados no tuvieron diferencia significativa en relación al testigo quien mostró valores más altos para el diámetro de frutos, en cuanto a las concentraciones 40 y 50% mostraron valores más bajos que el testigo para todas las variables, mostrando un efecto negativo de los fosfitos a mayor concentración (Estrada *et al.*, 2013). Un trabajo similar realizado por Moor y colaboradores (2009), señalan que la fertilización con fosfito en fresa no suprime el crecimiento del fruto, pero incrementa la concentración de antocianinas en estos proporcionándoles un sabor más ácido; no encontrando ventaja alguna en comparación a la fertilización tradicional de fósforo, salvo la activación de los

mecanismos de defensa en las plantas. En frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) William y colaboradores (2013), evaluaron la aplicación de fosfito como fuente de fosforo midiendo las enzimas catalasa y fosfatasa, crecimiento y llenado de granos, y la acumulación de fosforo en raíz y brotes. Los resultados revelaron que el fosfito aun a diferentes concentraciones no suplen la función del fosforo al no darse el llenado de grano. La concentración y acumulación de fosforo en los brotes y raíces de las plantas incrementó con el aumento de los niveles del fosfito, pero esta concentración no se reflejó en un aumento del crecimiento o el llenado de grano; respecto a la actividad de la fosfatasa y catalasa se vieron disminuidas. Adicionalmente las diferentes concentraciones del fosfito mostraron una fitotoxicidad sobre las bayas del frijol.

2.14 Especies reactivas de oxígeno.

Las especies reactivas de oxígeno o radicales libres son grupos químicos que tienen un electrón no apareado, por lo que son muy reactivos, estos se forman de manera continua por las células tanto de manera accidental a partir de los productos del metabolismo, por ejemplo, a causa de la inducción biológica mediante una infección, o química, mediante la aplicación de plaguicidas o la presencia de contaminantes atmosféricos como el humo de cigarrillo, los radicales libres son capaces de oxidar las biomoléculas e inducir daño en las membranas celulares por lo que pueden constituir un mecanismo de defensa en las plantas (Hicks, 2007).

Machinandiarena y colaboradores (2012), realizaron un trabajo con el objetivo de comprobar si la aplicación de fosfitos en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) infectadas con *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary., inducían la producción y acumulación de súper oxido O_2^- y peróxido de hidrogeno H_2O_2 dos especies reactivas de oxígeno; para ello aplicaron tres tratamientos, en el primero aplicaron fosfito de potasio sin la inoculación de las plantas con *P. infestans*, en el segundo inocularon a las plantas sin aplicación de fosfito y en el tercero inocularon a la planta y posteriormente aplicaron fosfito de potasio. Los resultados mostraron que la aplicación de fosfito de potasio y la inoculación de *P. infestans* por si solos no inducían a la acumulación de H_2O_2 ni de O_2^- . Sin embargo, la aplicación de fosfito después de la inoculación de *P. infestans* indujo notablemente la acumulación de estos dos radicales, lo que sugiere un efecto sinérgico por la inoculación con el patógeno y la aplicación de fosfito en la planta.

Anteriormente se mencionó un efecto fitotóxico de la aplicación de fosfitos en plantas de *Phaseolus vulgaris*, este efecto fitotóxico es descrito de mejor manera en el trabajo realizado por Bertch y Henríquez (2009), quienes evaluaron los efectos del suministro de fósforo en forma de fosfito tanto vía foliar como vía radical en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y banano (*Musa paradisiaca* L.) trabajo en el cual se reporta una clara toxicidad de los fosfitos en las plantas de lechuga, las cuales presentaron un severo deterioro en las hojas, mientras que en tomate se presentó una coloración morada en las hojas que atribuyeron a un síntoma característico de la deficiencia de fósforo, además las

flores no se llegaron a abrir o lo hicieron tardíamente y las hojas del brote presentaron una disposición erecta particular, visiblemente diferente al convencional brote de tomate que tiende más bien a dejar caer sus hojas hacia abajo, lo que les sugirió que el fosfito pudo estar actuando como un inhibidor de la transpiración, ya que el ángulo de la hoja depende de su turgencia, así mismo en raíces de banano se tuvo un deterioro más una coloración morada en los ápices.

2.15 Origen de los fosfitos.

Los fosfitos son compuestos resultantes de la reacción del ácido fosforoso con iones de metales alcalinos como el potasio (Velandia *et al.*, 2012). El particular interés por los fosfitos de acuerdo con Lovatt y Milkelsen (2006), se retomó cuando se demostró que el Fosetyl-Al se movía desde las hojas hacia la raíz en forma de fosfito proporcionando control sobre patógenos de la raíz. Actualmente existen varios productos químicos de uso agrícola a base de fosfito, que han sido presentados como fertilizantes para suplemento de fósforo (P) principalmente vía foliar, sin embargo, para que este fósforo sea aprovechado por las plantas se tiene que dar un proceso previo de oxidación, es por ello que Velandia y colaboradores (2012), mencionan que la aplicación de los fosfitos como fuente de fósforo no es la indicada, ya que la planta absorbe el fósforo y lo incorpora al tejido vegetal en forma de fosfato y no de fosfito. No obstante, se encontró que la aplicación de los fosfitos como suministro de fósforo en fresa tienen efectos positivos en la formación de

clorofila, aminoácidos libres totales y proteínas solubles totales (Estrada *et al.*, 2011). Por otra parte, aunque comercialmente la gran mayoría de los fosfitos no son presentados como fungicidas, autores como Kromann y colaboradores (2012), señalan que la sal de aluminio del ácido fosforoso conocido como Fosetyl-Al, se ha utilizado como fungicida durante décadas; estos mismos autores destacan el efecto de los fosfitos en el control de enfermedades causadas por el género *Peronospora* ya que demostraron que la aplicación de solo fosfito en cebolla de bulbo redujo en un 25% la incidencia del patógeno en relación al testigo mientras que para la severidad, el mejor resultado lo obtuvieron con tres aplicaciones de fosfito alternadas con una del fungicida metalaxil, de este modo la severidad se redujo en un 14.7% en relación al testigo.

2.16 Efecto de la aplicación de fosfitos en plantas.

Los fosfitos han demostrado tener una alta solubilidad y translocación sistémica en las plantas tanto en sentido ascendente como en sentido descendente (Silva *et al.*, 2011). De esta manera proporcionan dos efectos sobre el desarrollo de los organismos fitopatógenos. El primero se ha descrito como un efecto directo sobre los patógenos ya que inhiben la fosforilación oxidativa en el metabolismo de Oomycetes, mecanismo por el cual, la disminución de energía libre que acompaña a la transferencia de electrones a lo largo de la cadena respiratoria se acopla a la formación de los grupos fosfato de contenido energético elevado de ATP, proceso

fundamental para todos los aspectos de la vida celular en los organismos aeróbicos (Lehninger, 1997). Además se ha comprobado que la aplicación de fosfito en medio de cultivo en el que se desarrolla *Pythium spp.* inhibe la esporulación (Kromann *et al.*, 2012), y en *Penicillium expansum* Link., inhiben la germinación de esporas (Amiri y Bompeix, 2011), de igual manera Cerioni y colaboradores (2013), demostraron que a concentraciones de 1500 mg L⁻¹ de fosfito de potasio inhiben desde un 50% a un 99% la germinación de esporas de *Penicillium digitatum*; misma concentración que es señalada por Silva y colaboradores (2011) que se requiere para tener un efecto fungistático.

El segundo efecto considerado como un efecto indirecto sobre el patógeno se debe a la activación de mecanismos de defensa en las plantas tratadas con estos productos, en sí, las plantas han desarrollado diferentes sistemas de defensa que básicamente se han clasificado en dos categorías:

La primera es el tipo de defensa constitutiva la cual está asociada a condiciones preexistentes en la planta mediante características estructurales como cutinas, suberinas, ceras y tricomas denominadas respuestas no activas, por otra parte existen las defensas constitutivas activas, que son aquellas sustancias asociadas a productos del metabolismo secundario, sintetizados de forma relativamente constante y ofrecen defensa al ataque de patógenos siendo el caso de algunos terpenos, fenoles, flavonoides, isoflavonoides, glucosinolatos, glicosidos, cianogénicos, aminoácidos no proteicos y algunas proteínas (Dotor y Cabezas 2014).

La segunda categoría corresponde a la Resistencia Sistémica Inducida (ISR) y a la Resistencia Sistémica Adquirida (SAR). La activación de la ISR depende de la activación local y posteriormente sistémica de las rutas reguladas por las hormonas etileno (ET) y ácido jasmónico (JA) activadas por determinadas cepas bacterianas del suelo (Molina y Rodríguez, 2008). La SAR de acuerdo con Camarena y de la Torre (2007), se da cuando algún daño inmuniza a la planta contra infecciones posteriores por patógenos homólogos, lo cual indica que el primer patógeno infectante indujo la expresión de reacciones de resistencia contra subsecuentes infecciones. Molina y Rodríguez (2008), mencionan que la SAR al igual que la ISR se activa primero de manera local y después sistémicamente, la SAR está acompañada de un incremento endógeno del ácido salicílico (SA).

Para la activación y ejecución tanto de la ISR y de la SAR es necesario que en el interior de la planta se detecte el patógeno, situación que ocurre a través de un proceso que incluye la presencia de un elicitor, como elicitores funcionan carbohidratos específicos de la pared celular del hongo, enzimas microbianas, lípidos del hongo entre otros, de esta manera se activa un reconocimiento específico del patógeno generado por proteínas de reconocimiento (PR) específicas de la célula vegetal (Dotor y Cabezas, 2014). Mogollón y Castaño (2011), mencionan que la inducción del SAR no solo se da por el ataque de agentes patógenos, ya que de manera similar el tratamiento con inductores de resistencia producen el mismo efecto, a esto se le clasifica como reconocimiento no específico activado por factores abióticos como el choque térmico, la sequía, la luz ultravioleta

y diversas sustancias químicas (Madriz, 2002). 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, por esto, los inductores abióticos de tipo químicos actualmente constituyen una nueva clase de pesticidas llamados “fungicidas de cuarta generación” por su efecto completamente diferente al de los fungicidas conocidos hasta el momento, las ventajas reconocidas en el uso de inductores químicos son el aumento del nivel de resistencia por la activación de los mecanismos latentes sin alteración del genoma, no imponen presión de selección sobre el patógeno dificultando la quiebra de la resistencia, son efectivos contra virus, bacterias, hongos, nematodos e insectos, tienen efecto sistémico, de protección prolongada, son soluciones estables, seguros desde el punto de vista ambiental para el uso agrícola entre otras características (Gómez y Reis, 2011). Silva y colaboradores (2011), mencionan que la presencia de los fosfitos activa los sistemas de defensa de la planta, los cuales envuelven una síntesis y transporte de metabolitos secundarios tal como las fitoalexinas, estos compuestos de igual forma se producen en las plantas como respuesta al ataque de patógenos o bajo la influencia de factores de estrés como las heladas y los rayos ultravioleta, ahora se conocen más de 250 fitoalexinas de las cuales muchas tienen la capacidad de inhibir tres veces más el crecimiento del micelio que la germinación de las esporas, sin embargo, éstas pueden ser tóxicas también para los tejidos de

la planta hospedera (Jankiewicz, 2003). También se ha reportado que en varias especies los inductores producidos por patógenos estimulan la transcripción del ARN mensajero del hospedero, el cual codifica la expresión de enzimas involucradas en la biosíntesis de las fitoalexinas, se cree que las fitoalexinas interactúan en diferentes sitios causando una disfunción en la integridad de la membrana del patógeno (García y Pérez, 2003).

III. JUSTIFICACIÓN

Peronospora sparsa es uno de los principales agentes patogénicos al que se enfrentan los productores en la zona sur del Estado de México, para su control se aplican fungicidas constantemente. Sin embargo, en ocasiones éstos no tienen el efecto esperado por lo que numerosos productores optan por incrementar las dosis recomendadas o mezclar ingredientes activos, lo que genera incremento en los costos de producción, mayor contaminación ambiental y resistencia. Por lo que es necesario buscar nuevas alternativas de manejo de la enfermedad, las cuales ayuden a reducir los daños causados por el patógeno, costos de producción, y que al mismo tiempo, resulten en un menor impacto ambiental. Los fosfitos han demostrado ser eficaces en el manejo de peronosporales además de no ocasionar daños al ambiente, resta evaluar la eficacia biológica de las formulaciones de los diferentes fosfitos disponibles para el manejo de enfermedades.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General.

Determinar la efectividad biológica de formulaciones comerciales a base de fosfitos de potasio en diferentes concentraciones de Fosforo (P_2O_5) y Potasio (K_2O) para el manejo de *Peronospora sparsa* en rosa variedad Samourai bajo invernadero.

4.2 Objetivos Específicos.

1. Evaluar el efecto de cinco formulaciones comerciales a base de fosfito de potasio para el manejo de *Peronospora sparsa* en cultivo de rosa variedad Samourai bajo condiciones de invernadero.
2. Evaluar las variables agronómicas de calidad en tallos florales como son; largo y diámetro de tallo floral, largo y ancho de botón floral, por la aplicación de cinco formulaciones a base de fosfito de potasio.
3. Estimar costos de aplicación de las formulaciones a base de fosfito de potasio para el manejo de *Peronospora sparsa* en cultivo de rosa bajo condiciones de invernadero.
4. Describir los estados fenológicos del tallo floral en el cultivo de rosal var. Samourai.

V. HIPÓTESIS

Con base en la literatura científica consultada de los efectos fungistáticos e inductores de resistencia de productos formulados a base de fosfitos de potasio para el manejo de peronosporales aplicados a follaje, se deduce que su aplicación en el cultivo de rosa aminorarán la incidencia y severidad de *Peronospora sparsa* sobre el cultivo de rosa. Así mismo, por la composición de los productos es posible que se manifieste un incremento en las variables de calidad diámetro y largo de tallos, diámetro y largo de botones florales.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Sitio experimental.

El experimento se llevó a cabo en instalaciones del Centro Universitario UAEM Tenancingo, en la parcela experimental de plantas de rosa variedad Samourai® (Meilland International) establecidas bajo condiciones de invernadero a una densidad de plantación de 80,000 plantas por hectárea, distribuidas en un marco de plantación de 8 centímetros entre planta y planta a una sola hilera.

6.2 Diseño experimental.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, constó de seis tratamientos integrados por cinco formulaciones a base de fosfito de potasio más un testigo absoluto, cada tratamiento conto con seis repeticiones distribuidas totalmente al azar en seis bloques, cada unidad experimental (repetición) con 28 plantas de rosa variedad Samourai distribuidas en 2.45 m a una sola hilera.

6.3 Inducción de brotes (tallos florales).

Las plantas de rosa fueron homogenizadas mediante un pinzamiento (Figura 2), que es una técnica cultural complementaria a la poda que se realiza en la planta durante todo su ciclo productivo ya que al cortar el tallo se estimula la brotación de la yema por debajo del punto de corte, también se usa esta técnica para estimular brotes más vigorosos en tallos delgados que no son útiles comercialmente (Yong, 2004b).

Figura 2. Estimulación de brotes homogéneos en plantas de rosa var. Samourai mediante la técnica de pinzamiento.



Una vez uniformizados los brotes de tallos, cuando presentaron los primeros folíolos completos se iniciaron los tratamientos.

6.4 Manejo agronómico del cultivo.

El manejo general del cultivo consistió en una fertilización con fosfato mono amónico (18-46-00) de forma granular aplicado e incorporado directo al suelo. Se realizaron dos aplicaciones en intervalos de 15 días del fertilizante soluble

compuesto ultrasol flor de corte 13-8-19-3 (Mg) -5(Ca) + micro elementos, el cual se adiciono vía fertirriego.

También se hicieron aplicaciones de agroquímicos para el manejo de plagas que se presentaron durante el desarrollo de los experimentos como son: *Tetranychus urticae* Koch y *Spodoptera* spp. Mientras que las enfermedades que se manifestaron fueron cenicilla *Spharotheca pannosa* y *Botrytis cinerea* (Cuadro 2). Las aplicaciones se realizaron con base en el diagnóstico de la presencia de la plaga o enfermedad, respetando las dosis recomendadas en la etiqueta del producto. En el caso de las enfermedades se utilizaron productos que de acuerdo a la etiqueta no tuvieran efecto sobre *Peronospora sparsa* con el fin de evitar la posible influencia de estos en el manejo del patógeno.

Cuadro 2. Productos utilizados para el manejo de las plagas y enfermedades presentadas durante el experimento.

Plaga o enfermedad	Nombre comercial del producto	Ingrediente activo
<i>Tetranychus urticae</i>	Danisaraba	Cyflumetofen
	Agrimec	Abamectina
<i>Spodoptera</i> spp.	Proclaim 5GS	Benzoato de amamectina
<i>Sparoteca pannosa</i>	Meltatox	Dodemorf
	Stroby	Kresoxim- metil
<i>Botrytis cinerea</i>	Rovral 50 PH	Iprodiona

6.5 Productos formulados a base de fosfito utilizados como tratamientos.

Los productos formulados a base de fosfito de potasio corresponden a cinco empresas formuladoras diferentes, Defence Ax® (COSMOCEL), Phos-K® (HORTITEC), Atlante® (ATLÁNTICA) FosfiMAX 40-20® (ADAMA) y Multi-ProteK® (HAIFA GROUP). Cada uno de los productos están compuestos de diferentes concentraciones de fósforo como (H_2PO_5) y potasio en forma de óxido de potasio (K_2O) las cuales se muestran en Tabla 3.

Tabla 3. Concentración en porcentaje de fósforo y potasio de los tratamientos para su evaluación biológica en el manejo de *P. sparsa*.

Trat.	Producto Nombre comercial	Concentración de fósforo como H_2PO_5 en %	Concentración de potasio como K_2O en %	Dosis comercial recomendada	Dosis media de aplicación
T1	Defenece Ax	27.0	21.0	2 a 5 mL L ⁻¹	1 mL L ⁻¹
T2	Atlante	30.0	20.0	1.5 a 3 mL L ⁻¹	2.5 mL L ⁻¹
T3	FosfiMAX 40-20	40.05	19.27	2 a 4 mL L ⁻¹	3 mL L ⁻¹
T4	Phos-K	42.0	28.0	2 a 3 mL L ⁻¹	2.5 mL L ⁻¹
T5	Multi-ProteK	26.0	37.0	5 g L ⁻¹	5 g L ⁻¹
T6	Testigo	-----	-----	-----	-----

Para las dosis en este trabajo, se consideró la intermedia entre la máxima y la mínima recomendada en la etiqueta de los productos, para evitar sesgos de efectividad debido a una tendencia de dosis. Además se tomó en cuenta que las

dosis fueran fáciles de medir en campo por los productores, así que las dosis intermedias que resultaron con decimales se ajustaron a números cerrados (sin decimales), sin embargo esto no aplicó para el producto Defence Ax ya que en una evaluación previa el producto mostró un efecto de fitotoxicidad severo a una dosis media de 3 mL L⁻¹ en las plantas de rosa. Por esta razón y con base en la información recopilada de ingenieros que han implementado el producto en unidades productivas de rosa sin tener daños, se decidió utilizar una dosis dos veces menor a la implementada inicialmente, de esta manera quedo una dosis de aplicación de 1 mL L⁻¹ del producto Defence Ax.

6.6 Aplicación de los tratamientos.

La aplicación de los tratamientos se inició 15 días después del pinzamiento cuando los brotes tenían entre 15 y 20 cm de altura, las posteriores aplicaciones se realizaron cada 15 días por la mañana entre 8:00 y 9.00 am, con la ayuda de una bomba motorizada Maruyama® MS072H con motor Honda GX 25 con capacidad para 25 L. Se realizó una calibración previa del gasto de agua por tratamiento asegurando un cubrimiento total del área foliar (12 L Trat.⁻¹). Se midió el pH del agua antes y después de adicionar el producto tratamiento, con un potenciómetro portátil HANNA instruments modelo HI9811-5.

6.7 Inducción de la enfermedad.

Bajo el precepto que *Peronospora sparsa* es un organismo biotrofo el experimento se llevó a cabo en una plantación de rosa var. Samourai® (Meilland International) con antecedentes de la presencia de la enfermedad, por lo que el experimento se inició en el mes de junio del 2015, considerando el inicio del periodo de lluvias en la zona, con la finalidad de tener alta humedad relativa para el establecimiento y desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, hubo retraso en las lluvias por lo que fue necesario realizar riegos pesados mediante sistema de riego por goteo y sistema aéreo de micro aspersion para alcanzar las condiciones óptimas para el desarrollo del patógeno, humedad relativa entre 90% y 95% con temperaturas entre 15 y 20 °C para la germinación de las zoosporas y de 20 a 25 °C para la colonización del patógeno.

Dado que la germinación de las zoosporas requieren de la presencia de una lámina de agua libre sobre la superficie del tejido por un período mínimo de dos horas, esta última condición se logró mediante el cierre de cortinas, esto generó que por la noche el vapor de agua se acumulara en las capas plásticas superiores del invernadero, para posteriormente al haber un descenso de la temperatura el vapor de agua acumulado en la capa plástica condensara sobre las hojas generando la película de agua requerida por el patógeno.

6.8 Variables de incidencia y severidad.

Las variables a medir para determinar el efecto de los tratamientos sobre el patógeno fueron incidencia y severidad. La pre-evaluación se realizó al momento de hacer la primera aplicación, 15 días después del pinzamiento cuando los brotes tenían entre 15 y 20 cm de altura y las posteriores evaluaciones cada 8 días.

Entendiéndose la incidencia como la proporción de plantas u órganos de plantas enfermos en relación a la parte sana independientemente del grado de severidad (Kranz, 1988).

Para determinar la incidencia se tomaron 10 tallos al azar, a estos mismo tallos se les determino la severidad de esta manera; se evaluaron en total sesenta tallos por tratamiento cada ocho días para ambas variables.

La severidad se determinó de acuerdo con la escala propuesta por Chavarro (2013) (Figura 3). La escala consta de siete categorías, en donde la categoría 0 se refiere a la ausencia de la enfermedad así: la categoría 1 representa un 5%, la categoría 2 representa del 6 al 15%, la categoría 4 del 26 al 45%, la categoría 5 del 46 al 65% mientras que la categoría más alta perteneciente a 6 corresponde a un 66% de severidad lo que ocasiona una defoliación de hojas.

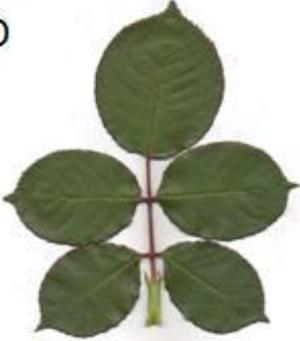
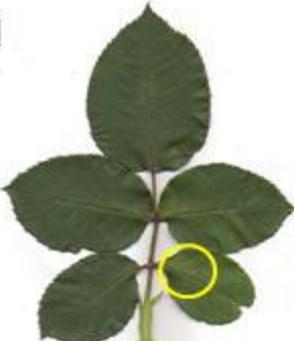
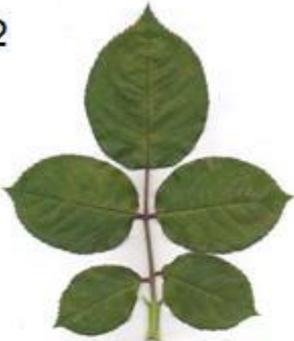
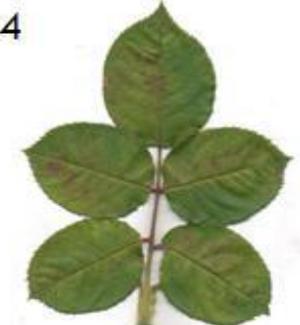
Figura 3. Escala de severidad de *Peronospora sparsa* en rosa propuesta por Chavarro (2013).



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESADO DE MEXICO
Centro Universitario UAEM Tenancingo



Escala *Peronospora sparsa* Berkeley

0		1		2		3	
4		5		6		<p>0 = 0% 1 = 1 – 5% 2 = 6 – 15% 3 = 16 – 25% 4 = 26 – 45% 5 = 46 – 65% 6 = 66% a defoliación</p>	

6.9 Análisis de datos.

Los datos obtenidos de severidad de la enfermedad causada por *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosal fueron transformados a porcentaje de infección mediante la fórmula de Townsed y Heuberger (1943). Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), mediante el programa de análisis estadístico Info Stat versión 2014.

Formula Townsed y Heuberger (1943).

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^{n=5} (n * V)}{\text{Categoría mayor} * N} * 100$$

Donde:

PI = porcentaje de infección

n = número de hojas en cada categoría

V = valor numérico de cada categoría

N = número total de hojas en la muestra

Una vez obtenido el porcentaje de severidad presentado en cada tratamiento se calculó la efectividad de los tratamientos mediante la prueba de eficacia de Abbott (1923).

Formula de Abbott para calcular la efectividad biológica de los productos:

$$ET = \frac{ST - st}{ST} \times 100$$

Donde:

ET = Eficacia del tratamiento.

ST = Porcentaje de severidad en el testigo.

st = Porcentaje de severidad en cada tratamiento.

6.10 Variables agronómicas.

Para determinar los efectos de los productos a base de fosfito de potasio en relación con la calidad del tallo floral, se tomaron como variables agronómicas a evaluar, largo y diámetro de tallos florales, largo y diámetro de botones florales.

De cada repetición se registró la medida de 15 tallos florales (tallo y botón floral) dando un total de 90 tallos evaluados por tratamiento.

Los tallos florales se cortaron en base a los índices de cosecha recomendados en la literatura para los cultivares rojos, esto fue cuando el cáliz se dobló en una posición inferior que la horizontal y cuando los primeros pétalos comenzaron a separarse del botón floral (De la Cruz *et al.*, 2015).

Los tallos fueron cortados desde el punto de bifurcación para evitar sesgos por el corte, la medición de largo se realizó con un flexómetro tomando como punto inicial la base del tallo hasta la base del cáliz de la flor. Con el apoyo de un vernier digital Mitutoyo modelo CD-6"CSX, se midió el diámetro de los tallos justo en el centro, esto debido a que existe una disminución progresiva desde la zona del corte a la base del cáliz.

La medición de largo y diámetro de botón floral fue con el vernier digital; para la variable largo se tomó de la base a la punta de este y para el diámetro se tomó la parte más gruesa, la cual está ligeramente por encima del cáliz, debido a que esta es la zona más firme del botón y la que menor variación presenta cuando se da la abertura de los pétalos.

6.11 Estimación de costos por tratamiento.

Para determinar el costo de los tratamientos se consideró la dosis por litro de cada producto utilizado para este trabajo y al gasto de agua para fumigaciones por hectárea de rosa, el cual correspondió a 2000 L. Una vez obtenido el total de producto necesario por hectárea se procedió a realizar una regla de tres considerando el costo de los productos por L ó kg.

6.12 Descripción del desarrollo del tallo floral de rosa Var. Samourai.

Para secuenciar documentalmente (fotografías) las etapas fenológicas del tallo floral se realizó un pinzado de tallos el día 25 de mayo de 2016, diez tallos fueron etiquetados para las mediciones. La descripción de las etapas se realizó de acuerdo con lo escrito por Rodríguez y Florez (2006) y De la Cruz *et al.*, (2015), quienes hacen referencia principalmente a variables cualitativas para describir las etapas fenológicas. Sin embargo, en este trabajo se midió una variable cuantitativa que fue diámetro de botón floral a partir de la fase “arroz” hasta punto de corte. Se registraron los datos de temperatura con un Data logger HOBO®.

VII. RESULTADOS

7.1 Efecto de los fosfitos sobre el pH.

El pH del agua utilizada en las aplicaciones de los tratamientos fue de 7.5, al agregar las dosis correspondientes de los diferentes productos a base de fosfito de potasio los datos de pH registrados fueron: FosfiMax 40-20 pH de 2.8, Phos-K 3.0, Multi-ProteK 3.2, Atlante 5.6 y Defence Ax 5.9.

7.2 Efecto Fito toxico del producto Defence Ax.

La dosis media de 3 mL L⁻¹ del producto Defence Ax causó un severo daño de fito toxicidad en brotes nuevos de plantas de rosa var. Samurai, las hojas manifestaron una deformación total las cuales se asemejaban a una escobeta (Figura 4a). Los brotes menos dañados que lograron crecer presentaron hojas delgadas dispuestas de manera erecta, de color amarillo al centro y un color morado en los márgenes, además de ser tallos ciegos (Figura 4).



Figura 4. Efectos fitotóxicos del producto Defence Ax.

a) Brotes nuevos en forma de escobeta, **b** y **c)** hojas delgadas erectas, de color amarillo al centro y morado en los márgenes, además de ser tallos ciegos.

7.3 Incidencia.

Los datos de la pre evaluación indican que la enfermedad no se encontraba presente al momento de iniciar los tratamientos, por lo tanto se tiene la certeza de que se partió de una población homogénea. Debido a la falta de condiciones ambientales favorables para el patógeno durante las tres primeras evaluaciones, no se presentó la enfermedad, por lo que fue necesario aplicar riegos pesados por goteo y por aspersión, fue así que para la cuarta evaluación se manifestaron los síntomas en los seis tratamientos, en donde se observó que los tratamientos con la menor incidencia fueron para FosfiMAX 40-20 y Phos-K con 18.3 y 21.6 % respectivamente, seguido de los tratamientos Multi-ProteK con 25.0 %, Defence Ax 25.0 %, Atlante 28.3 % para el caso del testigo mostró una incidencia del 100 %.

Aunque los cinco tratamientos a base de fosfito de potasio fueron estadísticamente iguales [Duncan ($\alpha \leq 0,05$)] (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de incidencia causado por *Peronospora sparsa* en plantas de rosa variedad Samourai.

Tratamientos	% incidencia				\bar{X}
	Pre-Eva	Eva 4	Eva 5	Eva 6	
T3= FosfiMAX 40-20	0	1.6 ^{a*}	1.6 ^{a*}	18.3 ^{a*}	7
T4= Phos-K	0	1.6 ^a	10.0 ^{ab}	21.6 ^a	11
T5= Multi-ProteK	0	5.0 ^{ab}	11.6 ^{ab}	25.0 ^a	14
T1= Defence Ax	0	18.3 ^{ab}	21.6 ^{bc}	25.0 ^a	22
T2= Atlante	0	23.3 ^b	25.0 ^c	28.3 ^a	26
T6= Testigo	0	75.0 ^c	100.0 ^d	100.0 ^b	92

Pre-Eva= Pre evaluación; Eva= Evaluación.

* Literales diferentes indican diferencias significativas según la prueba Duncan ($\alpha \leq 0,05$)

7.4 Severidad.

El análisis estadístico de los datos recolectados durante el experimento, muestra diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo en relación a la severidad de la enfermedad (Tabla 5). Las plantas en las que se aplicó el tratamiento con el producto FosfiMAX 40-20 presentaron el menor grado de severidad. Las plantas de los tratamientos Phos-K, Multi-ProteK, Defense Ax presentaron valores ligeramente mayores de severidad; sin embargo, estadísticamente no hay diferencias en comparación a FosfiMAX 40-20. El producto Atlante fue el de menor efectividad ya que las plantas tratadas con este producto mostraron 14.12 % de severidad habiendo diferencias estadísticas con respecto al resto de tratamientos a base de fosfito de potasio (Tabla 5, Grafica 2).

Tabla 5. Porcentaje de severidad causado por *Peronospora sparsa* en plantas de rosa variedad Samourai.

Tratamientos	% Severidad				
	Pre- Eva	Eva 4	Eva 5	Eva 6	\bar{X}
T3= FosfiMAX 40-20	0	0.28 ^{a*}	0.28 ^{a*}	3.06 ^{a*}	1.2
T4= Phos-K	0	0.28 ^a	1.62 ^a	3.98 ^a	1.96
T5= Multi-ProteK	0	0.83 ^a	1.25 ^a	3.98 ^a	2.02
T1= Defence Ax	0	2.92 ^b	5.74 ^b	7.13 ^a	5.26
T2= Atlante	0	6.57 ^c	8.06 ^b	14.12 ^b	9.58
T6= Testigo	0	36.85 ^d	69.72 ^c	94.66 ^c	67.07

Pre-Eva= Pre evaluación; Eva= Evaluación.

* Literales diferentes indican diferencias significativas según la prueba Duncan ($\alpha \leq 0,05$)

7.5 Efectividad biológica de los tratamientos.

Los tratamientos a base de fosfito de potasio presentaron una excelente efectividad biológica para el control de *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa, el rango de efectividad fue de 79.71 a 91.40 % en la última evaluación (Eva 6). Fue en esta evaluación donde se observó el potencial que presentaron cada uno de los tratamientos sobresaliendo FosfiMAX 40-20, seguido de Phos-K y Multi-ProteK quedando en tercer término Defence Ax, seguido de Atlante (Tabla 6).

Tabla 6. Efectividad biológica de los tratamientos a base de fosfito de potasio.

Tratamientos	Efectividad biológica en %		
	Eva 4	Eva 5	Eva 6
T3= FosfiMAX 40-20	36.10	69.32	91.40
T4= Phos-K	36.10	67.40	90.42
T5= Multi-ProteK	34.59	67.93	90.42
T1= Defence Ax	28.94	61.49	87.10
T2= Atlante	19.02	58.16	79.71
T6= Testigo	----	----	----

7.6 Daño en botones florales.

La severidad en el tratamiento testigo llegó a superar el valor máximo de la escala utilizada para la evaluación, donde la defoliación de los tallos de rosa se considera como la máxima severidad, correspondiente a un 66 % hasta la defoliación. Sin embargo, se presentaron daños, como lo es la momificación de botones florales por la presencia del patógeno en sépalos y en pedúnculos de botones florales lo que generó una pérdida total de estos (Figura 4).



a) Figura 5. Daño de *P. sparsa* en botones florales de rosa var. Samourai en el tratamiento testigo. a) botón momificado; **b-e)** daño en pedúnculo; **f-i)** daño en sépalos.

7.7 Efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas.

Ninguno de los tratamientos mostro mejoras en el largo y diámetro de tallos florales respecto al testigo, inclusive las plantas tratadas con Phos-K obtuvieron un valor inferior en largo de tallos respecto al testigo, siendo diferente estadísticamente de este. El producto Defence Ax incremento el largo y diámetro de botón habiendo diferencias estadísticas respecto al testigo y el resto de los tratamientos, los cuales, no muestran ventajas significativas en la mejora de estas variables respecto al testigo (Tabla 7).

Tabla 7. Efecto de los tratamientos en las variables longitud y diámetro de tallo y botón floral.

Trat.	Tallo		Botón	
	Largo (cm)	Ø (cm)	Largo (cm)	Ø (cm)
T4= Phos-K	88.45 ^{a*}	0.66 ^{ab*}	4.3 ^{a*}	3.12 ^{b*}
T5= Multi-ProteK	89.93 ^{ab}	0.66 ^{ab}	4.3 ^a	3.00 ^a
T2= Atlante	90.25 ^{ab}	0.64 ^a	4.4 ^a	3.07 ^{ab}
T1= Defence Ax	90.56 ^{ab}	0.65 ^a	4.5 ^b	3.21 ^c
T6= Testigo	92.50 ^b	0.69 ^b	4.3 ^a	3.11 ^b
T3= FosfiMAX 40-20	92.63 ^b	0.67 ^{ab}	4.4 ^a	3.07 ^{ab}

* Literales diferentes indican diferencias significativas según la prueba Duncan ($\alpha \leq 0,05$)

7.8 Costos de aplicación de los tratamientos.

El rango de costos estimado por aplicación ha⁻¹ con los productos evaluados va de los \$ 248.00 hasta los \$ 1440.00 pesos, los costos estimados corresponde únicamente a la adquisición del producto por lo que no está contemplada la mano de obra, implementos e insumos para su aplicación. De esta manera se observó que el producto Defence Ax, a la dosis evaluada en este trabajo, representó el costo más bajo por aplicación \$ 248 pesos por hectárea, aunque la presentación de este producto en el mercado es de 5 L. El resto de tratamientos, sus costos de aplicación incrementaron considerablemente entre 3 y 5.8 veces más en relación a Defence Ax (Tabla 8).

Tabla 8. Costos de aplicación de los productos utilizados a base de fosfito de potasio, estimado para una hectárea de cultivo de rosal, basándose a la dosis utilizada en este trabajo.

Productos (n. c.) (H ₂ PO ₅ %, K ₂ O%)	Dosis en mL ó g L ⁻¹ de agua	¹ Costo del producto en pesos L ó kg ⁻¹	*Gasto de agua L ha ⁻¹	*Costo de aplicación en pesos por ha ⁻¹	Efectividad biológica en %
T1= Defence Ax *(27, 21)	1	124.00	2000	248.00	87.10
T2= Atlante (30, 20)	2.5	200.00	2000	1000.00	79.71
T3= FosfiMAX 40-20 (40.05, 19.27)	3	240.00	2000	1440.00	91.40
T4= Phos-K (42, 28)	2.5	252.00	2000	1260.00	90.42
T5= Multi-ProteK (26, 37)	5	80.00	2000	800.00	90.42

¹Los costos fueron estimados con precios de los productos que corren en el mercado (Fecha: Julio de 2016).

* El costo de aplicación estará en función a la modificación del volumen de agua utilizado.

† Concentración de H₂PO₅ y K₂O en % de acuerdo a etiqueta de cada producto.

7.9 Desarrollo fenológico del tallo floral en plantas de rosal var. Samourai.

El pinzado se realizó el 25 de mayo y el corte del 23 al 27 de junio del 2016, por lo que el ciclo de desarrollo de los tallos florales de la rosa var. Samourai fue de 8.4 a 9 semanas, la mitad de este periodo fue de crecimiento vegetativo y el resto a la etapa reproductiva, es decir la formación y desarrollo del botón floral. La etapa vegetativa se subdividió en: Pinch, que consistió en realizar un corte de un tallo maduro entre 1.5 y 2 cm por arriba de una yema axilar formada de una hoja verdadera (hoja con 5-7 foliolos) entre 8 y 11 días posteriores a esta actividad emergió el brote vegetativo. Desarrollo vegetativo; durante esta etapa las hojas falsas están cerradas y presentan en su mayoría un color rojizo esta etapa toma 26 a 28 días; en la fase final de este estadio ocurre una transición conocida como Palmiche momento en el cual principia el periodo reproductivo e inicia con la inducción del primordio floral que coincide con un cambio de color de tallo y hojas de rojo a verde; al mismo tiempo que aparece el botón floral etapa fenológica conocida como "arroz" y en la cual el diámetro de botón va de los 4.2 a 6.6 mm. Sigue la fase de "arveja", periodo de tiempo muy corto el cual ocurre en 2 días y el diámetro del botón va de 5.0-8.1 mm. Continúa la fase "garbanzo" que ocurre entre 1 y 5 días y el diámetro de botón va de 8.1 a 12.9 mm en esta fase las hojas han perdido el color rojizo. Alcanza la fase "rayar color" entre 4 y 6 días más tarde con un diámetro de botón que va de los 12.9 a los 19.7 mm. Finalmente de 12 a 14 días y con diámetros de botón de 31.1 a 34.5 mm los tallos florales alcanzan el "punto

de corte (Figura 8). Las temperaturas promedio durante la evaluación del desarrollo fenológico fueron de 21.4 a 22.6 °C diurna y nocturna de 12.8 a 13.3 °C (Anexo 1 y 2).

Tabla 9. Variables cuantitativas que ocurren durante las etapas fenológicas del tallo floral de rosa var. Samourai.

Etapas fenológicas del tallo floral	Días después del Pinch	Crecimiento del botón floral en mm	Tem. \bar{X} diurna (°C)	Tem. \bar{X} nocturna (°C)
Pinch	0	-----	-----	-----
Brote de yema	8-11	-----	-----	-----
Arroz	34-39	4.2-6.6	22.5	13.3
Arveja	39-41	6.6-8.1	22.5	13.2
Garbanzo	41-45	8.1-12.9	22.6	13.1
Rayar color	45-51	12.9-19.7	21.4	12.8
Punto de corte	59-63	31.1-34.5	21.6	13.0



Figura 7. Crecimiento fenológico del botón floral de rosa var. Samourai

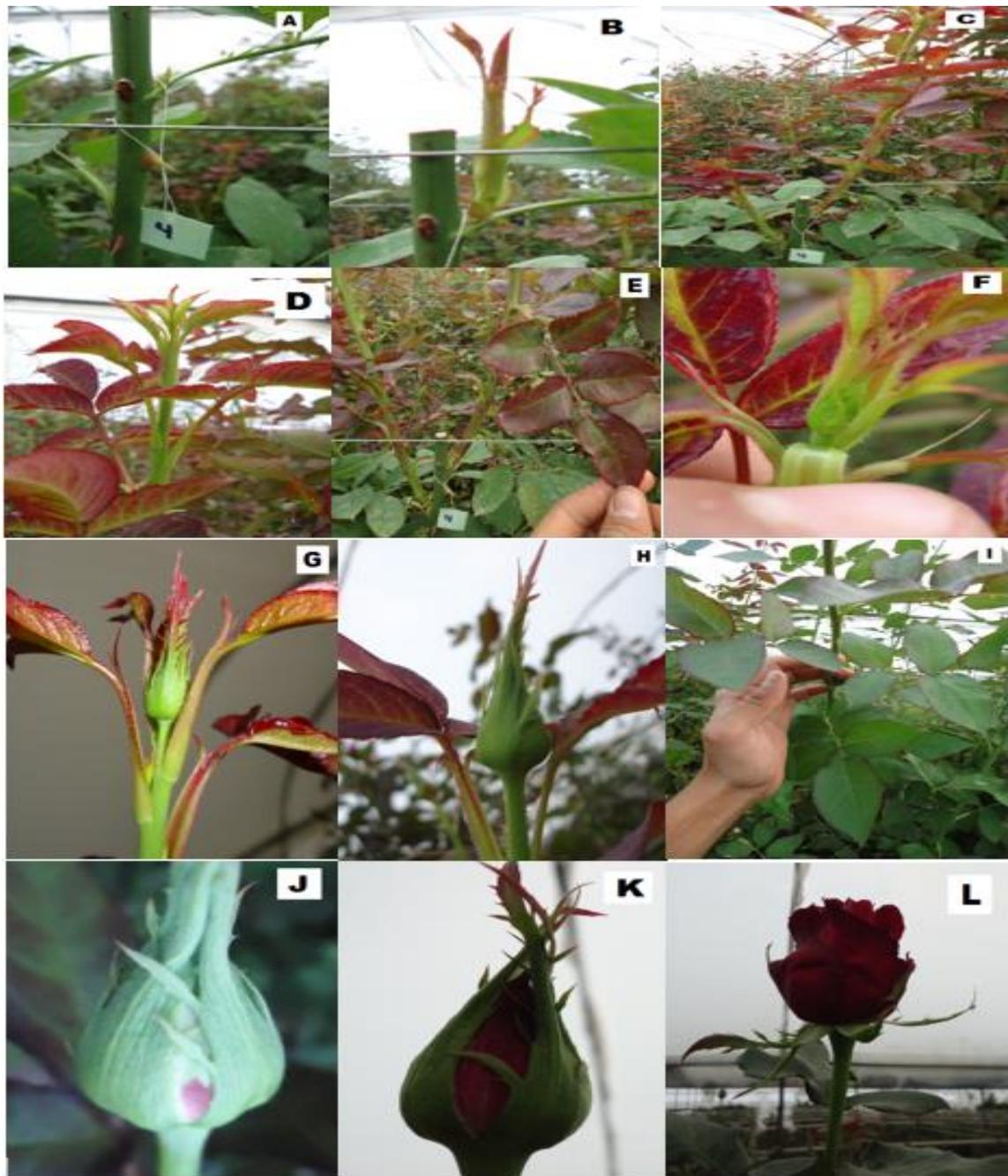


Figura 8. Etapas fenológicas de tallo floral de rosa var. Samourai. A) Pinch, B) Brote de yema C) Desarrollo vegetativo, D-E) Palmiche fase en que ocurre el cambio de coloración de hojas e indica la formación del primordio floral para dar lugar a la fase arroz, F) Fase arroz, G) Arveja, H) Garbanzo, I) hojas color verde que han perdido el color rojizo indicando la fase garbanzo, J-K) Fase rayar color y L) Punto de corte.

VIII. DISCUSIÓN

Los diferentes valores de pH de las soluciones utilizadas en los tratamientos pueden deberse principalmente a la concentración de fosfito en el producto y la dosis utilizada. La reducción del pH del agua a causa de los fosfitos de potasio, se debe a la composición de estos compuestos ya que su precursor es el ácido fosforoso, el cual al ser mezclado con agua forma un fuerte ácido llamado ácido fosfónico, para reducir la fuerte acidez de este compuesto y evitar daños a las plantas se adiciona principalmente hidróxido de potasio, la solución resultante contiene fosfito de potasio monobásico y dibásico (Landschoot y Cook, 2005).

Un punto necesario a tratar de este trabajo es el efecto fitotóxico que se manifestó en las plantas tratadas con el producto Defence-Ax a dosis de 3 mL L⁻¹. En comunicación personal con el M. en C. Francisco Ponce González, Director general de la empresa Innovagro S.A. de C.V. e Ing. Mario León representante en América Latina de la empresa COSMOCEL señalan que en su experiencia personal han aplicado el producto a dosis de 2.5 mL L⁻¹ en el cultivo de rosa, sin tener repercusiones de fitotoxicidad, lo que pone en discusión lo mostrado en este trabajo. La dosis recomienda por estos profesionales en campo es cercana a los 3 mL L⁻¹ utilizada en este trabajo, la diferencia de 0.5 mL puede ser una de las razones por las que se presentó la fitotoxicidad, ya que esta diferencia en dosis lleva a un incremento de 1 litro adicional de producto por hectárea. Otra de las razones y quizás la más probable sean los intervalos cortos de aplicación, esto pudo ocasionar

una rápida acumulación de los fosfitos en los tejidos foliares, lo cual ocasionó síntomas en las hojas de rosa, tales como folíolos totalmente deformados con una reducción considerable del área foliar, en las plantas menos dañadas se presentaron folíolos con hojas delgadas dispuestas de manera erecta, de color amarillo en las nervaduras centrales y un color morado en los márgenes, Bertch y Henríquez (2009), describen efectos de fito toxicidad por fosfitos sobre plantas de lechuga (*Lactuca sativa*. L.) donde se presentó un severo deterioro de hojas; en tomate (*Solanum lycopersicum*. L.) una coloración morada en hojas y una disposición erecta de las mismas, atribuidas a una deficiencia de fósforo e inhibición de la respiración respectivamente. El fósforo interviene en la formación de azúcares de 5 carbonos (ciclo de las pentosas) cuando hay falta de fósforo (deficiencia), los carbonos son desviados a la síntesis de antocianinas (Fernández, 2007), ello posiblemente explicaría la coloración morada en los márgenes.

Landschoot y Cook (2005), mencionan que la fuente de fósforo que utilizan las plantas es el fosfato el cual incorporan a las células para formar moléculas de ATP, para formar parte de las membranas celulares y ADN, por lo cual es esencial para la fotosíntesis y respiración. Sin embargo, cuando el fósforo es aplicado en forma de fosfito estos iones con un oxígeno menos, se incorporan a las células, pero, no actúan de la misma manera que el fosfato y aunque el ion fosfito puede ser transportado en las células de las plantas no parece estar implicado en las fases del metabolismo del fósforo como la producción de ATP, fotosíntesis o respiración por lo que estas se ven disminuidas.

La efectividad que tienen los fosfitos en el control de patógenos principalmente del grupo de los Oomycetes se atribuye a la inducción de la resistencia sistémica adquirida, la cual a su vez es el resultado de la producción de diversas sustancias como son las fitoalexinas, las cuales comprenden un extenso grupo de compuestos, pero la forma en como estos se producen aún no ha sido descrita plenamente (Jankiewicz, 2003).

Estudios sobre plantas de rosa var. Lupita tratadas con fosfito de potasio para el manejo de *Peronospora sparsa* reportan un incremento de la actividad enzimática de la peroxidasa y polifenoloxidasa (Álvarez, 2014). Otro estudio, donde se evaluó el fosfito de potasio para el manejo de *Podosphaera pannosa* en *Rosa* sp. Var. Samourai manifiestan que se dio un incremento de la peroxidasa y polifenoloxidasa así como de fenoles totales (Domínguez, 2016).

Las peroxidases están implicadas en procesos fisiológicos tales como: la lignificación, suberización, metabolismo de auxinas, ensamblado de proteínas de la pared celular, tolerancia a sales, estrés oxidativo y defensa contra el ataque de patógenos (Tognolli *et al.*, 2002). Son proteínas relacionadas con la patogénesis (PR'S), que se inducen en los tejidos vegetales después de la infección por patógenos (van Loon *et al.*, 2006). La polifenoloxidasa es una óxido-reductasa, que cataliza la reacción entre catecol y oxígeno para dar benzoquinona y otras quinonas, productos que interactúan con otras moléculas formando, entre otros, compuestos coloreados responsables del pardeamiento vegetal, muy estudiado en frutas y productos agrícolas y a los que se ha atribuido efecto tóxico hacia ciertos

microorganismos; además, dichas oxidasas pueden estar involucradas con la producción de compuestos fenólicos, precursores de la síntesis de lignina para el reforzamiento de paredes vegetales, proceso importante en las respuestas de defensa de las plantas (Roquesa e Higuera, 2007). Los compuestos fenólicos en general son fungitóxicos a patógenos vegetales e incrementan la fuerza mecánica de la pared celular de las plantas (Anand *et al.*, 2009). La lignina por ejemplo es un polímero fenólico que es barrera de los patógenos y está implicada en las respuestas de defensa de las plantas en contra de plagas y enfermedades (Nicholson y Hammerschmidt, 1992).

En algunos cultivos, se conocen las fitoalexinas específicas involucradas en la resistencia de las plantas a los patógenos, por ejemplo: la pisantina en chicharo (*Pisum sativum* L.), la faseolina en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), la gliceolina en soya (*Glycine max* L.) y el resveratrol en la vid (*Vitis vinifera* L.). Por lo que se puede inferir que la reducción de la incidencia y severidad de *P. sparsa* en plantas de rosa var. Samurai con los tratamientos a base de fosfito de potasio esté involucrado el incremento de la actividad enzimática de la peroxidasa y la polifenoloxidasas.

Otra posible razón de las diferencias aunque no necesariamente estadísticas encontradas de incidencia y severidad entre los tratamientos a base de fosfito de potasio es la concentración de cada formulación utilizada lo que puede llevar a una menor producción de fitoalexinas en las plantas tratadas con fosfito de potasio; ya que la protección a las plantas solo se da cuando una o más fitoalexinas alcanzan

una concentración suficiente para inhibir el desarrollo del patógeno (García y Pérez, 2003).

La segunda respuesta podría estar asociada a una menor producción de sustancias como la lignina ya que la planta al ser atacada por un patógeno o al ser tratada con un inductor de resistencia genera barreras estructurales en células epidérmicas, pared y membrana celular para bloquear físicamente el avance del patógeno, la tercera respuesta conocida como respuesta de hipersensibilidad, se caracteriza por la síntesis de especies reactivas de oxígeno, entre las que se encuentran el peróxido de hidrógeno, singletes de oxígeno, iones hidróxilo y óxido nitrógeno, sustancias que tienen doble función al actuar como tóxicos para el patógeno y como señalizadores en la inducción de síntesis de genes de resistencia dando lugar a la muerte programada de células sanas para evitar el avance del patógeno (Dotor y Cabezas, 2014). Sin embargo, esta última respuesta de la resistencia sistémica adquirida poco podría influir en los resultados de este trabajo, ya que Álvarez (2014), menciona que la aplicación de fosfitos de potasio incrementa la actividad enzimática de las peroxidasas en rosa, pudiendo reducir la acumulación excesiva de especies reactivas de oxígeno. Por tanto, se puede inferir que al reducir la concentración de estos compuestos en la célula, de igual manera el efecto tóxico que estos pudiesen tener sobre la planta o sobre el patógeno se verá disminuido dando mayor fundamento a que son otros compuestos producidos por la planta como resultado de la aplicación de fosfitos de potasio involucrados en la resistencia sistémica adquirida en rosa.

Las concentraciones reportadas para inhibir el crecimiento y germinación de esporas en *Penicillium* spp. y Oomycetes como *Phytophthora* spp. van de 1.5 a 4 g de ingrediente activo “fosfito” (H_2PO_3^-) por litro de agua (Cerioni *et al.*, 2013) y (Silva *et al.*, 2011) concentración que resulta difícil de determinar, ya que como lo menciona Mardonez (2014), por convención internacional en la industria de fertilizantes todo producto que contenga fósforo se debe expresar como pentóxido de fósforo (P_2O_5), molécula que en ningún momento está presente, por lo que se podría mezclar fosfato con fosfito y declarar todo el contenido como P_2O_5 sin especificar qué proporción provienen del fosfato o del fosfito, por lo cual saber el equivalente a fosfito de los compuestos utilizados en este trabajo es complicado sin la ayuda de los formuladores.

Respecto a las variables largo y diámetro de tallo, en términos generales los tratamientos con fosfito de potasio no mostraron mejorías en relación al testigo, aunque se encontraron diferencias significativas estadísticamente pero no muestran una tendencia clara. Lo anterior sugiere que hay una baja eficiencia de los fosfitos de potasio para mejorar estas variables agronómicas, como fertilizantes. Así, Lovatt y Mikkelsen (2006), mencionan, que el fosfito resulta ser una mala fuente de fósforo.

Para las variables diámetro y largo de botón fue el producto Defence Ax (21% de K_2O) quien mejoró ambas variables. Teóricamente se esperaría que el producto Multi-ProteK (37.0% K_2O) el cual contiene la mayor concentración de potasio presentara los mejores valores ya que la mayor absorción de potasio se da al inicio de la floración y esta se ve reflejada en botones de buen tamaño (Cadaña, 2005).

La diferencia de las variables agronómicas entre tratamientos a base de fosfitos de potasio “estadística” y “no estadística” podría explicarse por el principio de bioequivalencia, aunque este término se refiere principalmente a productos farmacéuticos de un mismo ingrediente activo, el principio es el mismo, ya que un fármaco al igual que un agroquímico (fertilizante o pesticida) está compuesto por un ingrediente activo y un excipiente el cual es una sustancia inactiva que se utiliza para incorporar el principio activo y facilitar su dosificación. En los fertilizantes a base de fosfito de potasio sus ingredientes activos son el fósforo P_2O_5 y el potasio K_2O mientras que el excipiente corresponde a la materia prima utilizada en la formulación, el excipiente puede tener efectos en términos de absorción, es decir, puede determinar el grado de disolución del principio activo, además de determinar la biodisponibilidad, que se refiere a la velocidad y la cantidad total de ingrediente activo que llega a la circulación general y, por tanto, al receptor final (Iraguen *et al.*, 2008), de esta manera se puede mencionar que el producto Defence Ax es el único que en su composición presenta un 3% de extractos orgánicos que pudieron favorecer la absorción del producto y mejorar la calidad del botón floral.

Respecto a los costos de aplicación se debe considerar que la efectividad biológica en el manejo de la enfermedad fue similar con los tratamientos T1 (87.10%), T3 (91.40%), T4 (90.42%) y T5 (90.42%), El producto Defence-Ax es el de menor costo de aplicación (\$ 248 pesos por hectárea), además del menor costo de aplicación el producto mejoró las variables diámetro y largo de botón en comparación a los demás tratamientos y el testigo.

El rango de costos por litro o kilogramo del fosfito de potasio va de los \$ 80 a \$ 252 pesos. Sin embargo, el costo se eleva por el alto volumen de agua (2000 L ha⁻¹) que se utiliza para cubrir la densidad de plantación por hectárea. Por lo que en este estudio se presenta la relación costo-efectividad biológica para que finalmente el productor o el técnico tome la mejor decisión.

La literatura reporta un ciclo fenológico para el cultivo del rosal que va de 11 a 12 semanas (77 a 84 días) (Rodríguez y Flórez, 2006). Sin embargo los resultados de este trabajo indican un menor ciclo para la variedad Samourai 8.4 a 9 semanas (59 a 63 días). Durante el trabajo se presentaron temperaturas óptimas diurnas con un promedio de 21.99 °C una mínima de 17.5 °C y una máxima de 25.1 °C, la literatura reporta temperaturas óptimas de crecimiento de 17 °C a 25 °C con una mínima de 15 °C durante la noche y una máxima de 28 °C durante el día. Durante la noche se promedió una temperatura de 13.06 °C con una mínima de 10.2 °C y máxima de 14.8 °C, no se sabe en qué medida pudieron estas condiciones nocturnas retardar el ciclo ya que en la literatura se menciona que temperaturas continuamente por debajo de los 15 °C durante la noche retrasan el crecimiento, por el contrario si los promedios de temperatura incrementa ya sea durante el día o la noche los ciclos se acortan.

IX. CONCLUSIONES

Las cinco formulaciones a base de fosfito de potasio evaluadas mostraron una efectividad biológica en un intervalo de 79.71 a 91.40% habiendo diferencias respecto al testigo, siendo estas recomendables para el manejo de *Peronospora sparsa* sobre el cultivo de Rosa var. samourai.

Entre los tratamiento Phos-K, Multi-ProteK, Defense Ax y FosfiMAX 40-20 no se encontró diferencia estadística significativa respecto incidencia y severidad; sin embargo, destaco el tratamiento FosfiMAX 40-20 por obtener los mejores resultados.

Ninguna de las cinco formulaciones evaluadas ofreció una ventaja estadística significativa sobre el testigo en relación al diámetro y largo de tallos florales.

Solo el tratamiento con Defence Ax® mejoró las variables diámetro y largo de botón floral siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos con un incremento de 3.21% y 4.65%, respectivamente en relación al testigo.

Defence Ax, fue el tratamiento más económico con un costo de aplicación de \$ 248 pesos por hectárea, en comparación a FosfiMax 40-20 con un costo de \$1,140 pesos por hectárea. Aunque, FosfiMAX 40-20 representa un incremento de \$ 892.00 en relación a Defence Ax, se debe considerar que este último presentó una incidencia del 6.7% mayor

X. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. S. 1923. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Agrios, G. N. 2008. *Fitopatología*. Limusa. México, 856 p.
- Alfieri, S. A. 1968. Downy mildew of rose caused by *Peronospora sparsa* Berk. *Plant Pathology Circular No. 66*. Disponible en línea. <https://www.freshfromflorida.com/content/download/11073/142729/pp66.pdf> (Consultado 20 de noviembre de 2016).
- Álvarez, R. P. I. 2014. Respuestas de defensa inducidas a *Peronospora sparsa* Berkeley mediante la aplicación de fosfitos, elicitores y moléculas señalizadoras en el cultivo de rosa (*Rosa* spp.). Tesis de Maestría. Centro Universitario Tenancingo. UAEMéx. Tenancingo, México. 107 p.
- Amiri, A. and Bompeix, G. 2011. Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite and heat treatment. *Crop Protection* 30: 222-227.
- Anand, T., Bhaskaran, T., Raguchander, T., Samiyappan, R., Prakasam, V. and Gopalakrishnan, C. 2009. Defence responses of chilli fruits to *Colletotrichum capsici* and *Alternaria alternata*. *Biologia plantarum* 53(3): 553-559.
- Azcón, B. J. y Talón, M. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Mc Graw Hill Barcelona. 522 p.
- Bertch, R. F. y Henríquez, C. F. 2009. Evaluación del fosfito como fuente de fertilización de fósforo vía radical y foliar. *Agronomía Costarricense* 33: 249-265.
- Brent, J. K. and Hollomon, W. D. 2007. Fungicide resistance: The assessment of risk. Disponible en línea. <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-2.pdf> (Consultado 24 de noviembre de 2016).

- Cabrera, G., Álvarez, E. R. y Sosa de Castro, T. N. 2006. Patologías que afectan a *Rosa* sp. en Corrientes, Argentina. 4 p. Disponible en línea: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/index.htm> (Consultado 24 de septiembre 2015).
- Cadahía, L. C. 2005. Fertirrigación cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ra Edición. Mundi-Prensa, España 681 p.
- Camarena, G. G. y de la Torre, A. R. 2007. Resistencia sistémica adquirida en plantas: Estado actual. Revista Chapingo. Serie Ciencia Forestales y del Ambiente 13(2): 157-162.
- Campos, D. A., Bassay, L. E., Barbosa, J. and Leonardo, F.L. 2009. Aplicação de fosfito de potasio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. Ciencia Rural 39: 2309-2314.
- Cardona, L. N. y Zapata, C. J. 2011. Manejo integrado del mildew Velloso (*Peronospora sparsa* Berkeley) de la Rosa. Fitopatología Colombiana 35: 27-32.
- Castro, R. A., Fernández, P. S. P. y Osuna, Á. P. 2012. Mecanismos de defensa del chile en el patosistema *Capsicum annuum-Phytophthora capsici*. Revista Mexicana de Fitopatología 30:49-65.
- Cerioni, L., Rapisarda, V. A. J., Fikkert, S., Ruiz, T., Fassel, R. and Smilanick, J. L. 2013. Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay. Plant Dis. 97: 201-212.
- Chavarro, C. E. A. 2013. Uso del fosfito de potasio "Fosfimax® 40-20" para el manejo de *Peronospora sparsa* en rosa var. Bingo white en invernadero. Tesis de licenciatura. Centro Universitario Tenancingo, UAEMéx. Tenancingo, México. 64 p.
- Domínguez, S.D. 2016. Respuestas de defensas estimuladas por inductores químicos a *Podosphaera pannosa* (wallr.) Lévl. en el cultivo de rosa. Tesis

- de Doctorado. Centro Universitario Tenancingo, UAEMéx. Tenancingo, México. 129 p.
- De la Cruz, G. G. H., Arévalo, G. M., Peña, V. C. B., Castillo, G. A. M., Colinas, L. M. T. y Mandujano, P. M. 2015. Influencia del índice de cosecha en la vida de florero de siete cultivares de *Rosa hybrida*. AP Agro Productividad 8(2): 3-11.
- Di Rienzo, J. A, Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. and Robledo, C. W. 2011. InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dotor, M. Y. y Cabezas, G. M. 2014. Mecanismos de resistencia sistémica en plantas. Acta Iguazu, Cascavel 3: 1-19.
- Estrada, O. E., Trejo, T. L. I., Gómez, M. F. C., Núñez, E. R. and Sandoval, V. M. 2013. The effects of phosphite on strawberry yield and fruit quality. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13: 612-620.
- Estrada, O. E., Trejo, T. L. I., Gomez, M. F. C., Nuñez, E. R. y Sandoval, V. M. 2011. Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fosforo en forma de fosfito. Revista Chapingo 17: 129-138.
- FAO. 2012. Directrices sobre la Prevención y Manejo de la Resistencia a los Plaguicidas. Disponible en línea: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/FAO_RMG_SP.pdf (Consultado 14 de Octubre 2015).
- Fernández, M.T. 2007. Fosforo: amigo o enemigo. Instituto Cubano de investigación de los derivados de la caña de azúcar 41: 51-57.
- FRAC. (Comité de acción de resistencia a fungicidas). 2017. <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-mode-of-action-poster/frac-moa-poster-march>. (Consultado 5 de Julio de 2017).

- García, M. R., y Pérez, L. R. 2003. Fitoalexinas: mecanismo de defensa de las plantas. *Revista Chapingo* 9: 5-10.
- García, V. R., González, D. J. G., Mora, H. M. E. y Castañeda, D. T. 2011. Incidencia y severidad de *Peronospora sparsa* en cinco variedades de rosa. En resúmenes del XIII Congreso Internacional/ XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Tlaxcala, México.
- Gómez, D. E y Reis. M. E. 2011. Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. *Química Viva* 10: 6-17.
- Gómez, S. y Arbeláez, G. 2005. Caracterización de la respuesta de tres variedades de rosa a la infección de *Peronospora sparsa* Berkeley, bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Colombiana* 23: 246-255.
- González, R. C., Martínez, L. C. y García, B. S. 2014. El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza. *Eureka* 11: 2-12.
- Hicks, G. J. J. 2007. *Bioquímica*. 2da edición. McGraw-Hill, México. 887 p.
- Horst, K. and Cloyd, R. 2007. *Compendium of rose diseases*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 83 p.
- Trópicos. 2017. Disponible en línea. <http://www.tropicos.org/Name/40026937?langid=66>
(Consultado 5 de junio de 2017)
- Iraguen, C. D., Acuña, B. M., Toro, C. R., Teltyng, L. C. y Rubilan, B. F. 2008. Bioequivalencia e intercambiabilidad de medicamentos de uso veterinario. *Av. Cs. Vet.* 23: 35-42.
- Jankiewicz, L. S. 2003. *Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas*. Mundi-Prensa, México. 487 p.
- Kranz, J. 1988. Measuring plant disease. pp 35-50. *In: Kranz, J and Rotem, J. (Eds.) Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*. Springer-Verlag, Berlin 299 p.

- Kromann, P., Pérez, W. G., Taípe, A., Schulte-Geldermann, E., Sharma, B. P. and Andrade-Piedra, J. L. and Forbes, G. A. 2012. Use of phosphonate to manage foliar potato late blight in developing countries. *Plant Dis.* 96: 1008-1015.
- Landschoot, P. and Cook, J. 2005. Understanding the phosphonate products. Department of Crop and Soil Sciences. The Pennsylvania State University, University Park, PA. Disponible en línea: <http://plantscience.psu.edu/research/centers/turf/extension/factsheets/phosphonate-products#PHOSPHONATES> (Consultado 5 de junio de 2017)
- Lehninger, A. L. 1997. Bioquímica las bases moleculares de la estructura y función celular. 2da edición, Omega, Barcelona, España 1144 p.
- López-Cardona, N. y Castaño, Z. J. 2011. Manejo integrado del mildew veloso (*Peronospora sparsa* Berkeley) de la rosa. *Fitopatología Colombiana* 35(1): 27-32.
- Lovatt, C. J. and Mikkelsen, R. L. 2006. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?. *Better Crops With Plant food* 90(4): 11:13
- Machinandiarena, M. F., Lobato, M. C., Feldman, M. L., Daleo, G. R. and Andreu, A. B. 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. *Plant physiology* 169: 1417-1424.
- Madriz., O.K. 2002. Mecanismos de defensa en las interacciones planta patógeno. *Manejo Integrado de Plagas* 63: 22-32.
- Mardonez, O. R. 2014. El contenido de P₂O₅ en fosfitos NO es suficiente variable de decisión para adquirir un producto: ¿Qué más hay que observar?. *Redagícola*. Mayo: 22-23. Disponible en línea: <http://www.redagricola.com/contenido-p2o5-fosfitos-no-suficiente-variable-decision-adquirir-producto-mas-observar/>(Consultado 28 de noviembre 2016).

- Mattock, J., Newdick, J. y Sutherland, N. 1993. El gran libro ilustrado de las rosas. Hispano Europea, S.A. España 124 p.
- Mogollón, O. A. y Castaño, Z. J. 2011. Efecto de inductores de resistencia en plantas de plátano dominico hartón (*Musa balbisiana* AAB) contra *Mycosphaella fijiensis* spp. Acad. Colomb. Cienc. 35: 463-471.
- Molina, A y Rodríguez, P. P. 2008. Resistencia sistémica inducida: ¿Una herramienta bio-ecológica?. In: II Conferencia internacional sobre ECO-BIOLOGIA del SUELO y el COMPOST. Puerto de la Cruz, Tenerife, España. Disponible en línea: <http://www.soilace.com/index.htm> (Consultado 9 de enero de 2017).
- Moor, U., Poldma, P., Tonutare, T., Karp, K., Starast, M. and Vool, E. 2009. Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. Scientia Horticulturae 119: 264-269.
- Nicholson, R. L. and Hammerschmidt, R. 1992. Phenolic compounds and their role in disease resistance. Annual Review of Phytopathology 30: 369-389.
- NMX-FF-069-SCFI-2002. Productos hortícolas - Flores cortadas en estado fresco - Rosa (*Rosa* spp.) - Especificaciones y método de prueba. Disponible en línea: http://sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normalizacin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/113/NMX_ROS_A.pdf (Consultado 8 de agosto de 2016).
- Orozco, H. M. (2007). Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México Convergencia. Revista de Ciencias Sociales 14: 111-160.
- Quiroga, B. N. J. y Arbeláez, T. G. 2004. Evaluación de la eficacia de fungicidas aplicados al suelo y al follaje para el control de mildew veloso, ocasionado por *Peronospora sparsa* en un cultivo comercial de rosa. Agronomía Colombiana 22: 110-118.

- Rodríguez, W. E. y Flórez, V. J. 2006. Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Agronomía Colombiana* 24(2): 247-257.
- Roquesa, M. V. y Higuera M., B. L. 2007. Aislamiento y caracterización de una polifenoloxidasas relacionada con la tolerancia del clavel (*Dianthus caryophyllus*) a *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* raza 2. *Acta biol. Colomb.* 12(2): 81-94.
- SAGARPA. 2009. La infraestructura y sistemas requeridos para el desarrollo de clústeres de horticultura ornamental orientados a la exportación de productos de valor agregado a los estados unidos y Canadá. Disponible en línea: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/ORNAMENTAL.pdf (Consultado 11 de agosto de 2016).
- Sánchez de Lorenzo, C. J. M. 2001. Guía de las plantas ornamentales. Mundi-Prensa. Madrid, 685 p.
- Silva, O. C., Santos, H. A. A., Dalla, P. M. and May-De, M. L. L. 2011. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. *Crop protection* 30: 598-604.
- Tognolli, M., Penel, C.; Greppin, H. and Simon, P. 2002. Analysis and expression of the Class III peroxidase large family in *Arabidopsis thaliana*. *Gene* 288(1-2): 129-38.
- Townsend G. R. and J. W. Heuberger. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicides experiments. *The Plant Disease Report* 27:340-343.
- Van Loon, L.C., Rep, M. and Pieterse, C. M. J. 2006. Significance of inducible defence-related proteins in infected plants. *Annual Review of Phytopathology* 44: 135-162.
- Velandia, M. J., Viteri, R. S. E., Rubio, C. N. J. y Tovar, D. F. O. 2012. Efectos del fosfito de potasio en combinación con el fungicida Metalaxy+Mancozeb

en el control de mildew veloso (*Peronospora destructor* Berk) en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.). Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín 65: 6317-6325.

William, A. F., Faquin. V., Klynger da Silva, L. A., Andressa, Á. P., Douglas, M. J., Silva, G. E. M. and Kean, Y. D. 2013. Effect of phosphite supply in nutrient solution on yield, phosphorus nutrition and enzymatic behavior in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Australian Journal of Crop Science 7: 713-722.

Yong, A. 2004a. El cultivo del rosal y su propagación. Cultivos Tropicales 25: 53-67.

Yong, A. 2004b. Técnicas de formación y manejo del rosal. Cultivos Tropicales 25: 53-60.

Anexo 1. Temperatura promedio diaria, diurna y nocturna durante el proceso fenológico en la formación del tallo y botón floral (Data logger HOBO®).

Días Julianos	Fechas	Temperatura promedio diurna °C	Temperatura promedio nocturna °C	Diámetro de botón en mm
8	6/02/16	22.8	12.3	
9	6/03/16	20.1	12.0	
10	6/04/16	20.0	10.2	
11	6/05/16	20.6	11.5	
12	6/06/16	22.8	12.9	
13	6/07/16	21.8	11.1	
14	6/08/16	24.7	12.1	
15	6/09/16	24.1	11.9	
16	6/10/16	24.1	14.4	
17	6/11/16	21.9	13.5	
18	6/12/16	22.2	14.2	
19	6/13/16	21.1	13.8	
20	6/14/16	21.6	13.8	
21	6/15/16	24.6	13.6	
22	6/16/16	24.8	13.7	
23	6/17/16	25.1	14.7	
24	6/18/16	22.5	13.8	
25	6/19/16	23.1	13.5	
26	6/20/16	19.3	14.2	
27	6/21/16	17.7	13.8	
28	6/22/16	21.4	12.6	
29	6/23/16	20.1	11.8	
30	6/24/16	22.3	13.1	
31	6/25/16	21.2	13.8	
32	6/26/16	21.9	14.8	
33	6/27/16	24.9	14.2	
34	6/28/16	23.7	12.9	4.2
35	6/29/16	20.2	12.9	
36	6/30/16	25.1	12.8	5.0
37	7/01/16	19.6	13.5	
38	7/02/16	22.6	13.5	
39	7/03/16	23.6	14.0	6.5
40	7/04/16	21.5	12.0	
41	7/05/16	21.3	13.3	8.1
42	7/06/16	22.2	12.3	
43	7/07/16	23.4	14.1	10.2
44	7/08/16	23.5	12.9	
45	7/09/16	22.7	12.8	12.9

46	7/10/16	21.8	14.1	
47	7/11/16	19.4	13.5	15.4
48	7/12/16	21.8	11.7	
49	7/13/16	21.9	13.3	
50	7/14/16	20.4	12.3	19.7
51	7/15/16	21.8	11.8	
52	7/16/16	20.4	13.0	
53	7/17/16	22.8	13.4	22.1
54	7/18/16	23.4	13.5	
55	7/19/16	19.3	13.2	25.1
56	7/20/16	20.4	13.3	
57	7/21/16	22.7	13.7	27.4
58	7/22/16	20.2	14.0	
59	7/23/16	22.3	12.7	31.1
60	7/24/16	22.9	11.6	
61	7/25/16	21.7	13.1	34.2
62	7/26/16	22.0	12.3	
63	7/27/16	20.4		34.5

Anexo 2. Temperatura máxima y mínima diaria, diurna y nocturna durante el proceso fenológico en la formación del tallo y botón floral. (Data logger HOBO®.)

Fecha Tiempo, GMT-05:00	Temp. max y min diurna y nocturna °C
2/6/2016 12:15:00	33
2/6/2016 19:15:00	19
2/6/2016 20:15:00	15
3/6/2016 6:15:00	11
3/6/2016 7:15:00	12
3/6/2016 14:15:00	30
3/6/2016 20:15:00	14
4/6/2016 6:15:00	10
4/6/2016 7:15:00	9
4/6/2016 14:15:00	27
4/6/2016 20:15:00	13
5/6/2016 5:15:00	8
5/6/2016 7:15:00	8.00
5/6/2016 12:15:00	32.15
5/6/2016 20:15:00	13
6/6/2016 6:15:00	10.32
6/6/2016 7:15:00	10
6/6/2016 12:15:00	32
6/6/2016 20:15:00	14
7/6/2016 3:15:00	11.71
7/6/2016 7:15:00	12
7/6/2016 11:15:00	35
7/6/2016 19:15:00	18
7/6/2016 23:15:00	13.81
8/6/2016 6:15:00	9.00
8/6/2016 7:15:00	9
8/6/2016 15:15:00	38
8/6/2016 20:15:00	15.27
9/6/2016 6:15:00	9
9/6/2016 7:15:00	9
9/6/2016 14:15:00	36
9/6/2016 20:15:00	14
10/6/2016 6:15:00	11
10/6/2016 7:15:00	10.32
10/6/2016 13:15:00	36
10/6/2016 20:15:00	17
11/6/2016 6:15:00	12
11/6/2016 7:15:00	12
11/6/2016 14:15:00	29.00
11/6/2016 20:15:00	16
12/6/2016 6:15:00	12

12/6/2016 7:15:00	12
12/6/2016 13:15:00	34
12/6/2016 20:15:00	16
06/13/16 06:15:53 AM	13
06/13/16 07:15:53 AM	12
06/13/16 12:15:53 PM	33
06/13/16 08:15:53 PM	15
06/14/16 06:15:53 AM	13
06/14/16 07:15:53 AM	13
06/14/16 02:15:53 PM	28
06/14/16 08:15:53 PM	15
06/15/16 03:15:53 AM	13
06/15/16 07:15:53 AM	13.81
06/15/16 12:15:53 PM	33
06/15/16 08:15:53 PM	16
06/16/16 03:15:53 AM	12.63
06/16/16 07:15:53 AM	12
06/16/16 01:15:53 PM	35
06/16/16 08:15:53 PM	16
06/17/16 04:15:53 AM	11.71
06/17/16 07:15:53 AM	11
06/17/16 02:15:53 PM	33
06/17/16 08:15:53 PM	17
06/18/16 04:15:53 AM	13
06/18/16 07:15:53 AM	14
06/18/16 02:15:53 PM	29
06/18/16 08:15:53 PM	15
06/19/16 06:15:53 AM	12
06/19/16 07:15:53 AM	11
06/19/16 12:15:53 PM	33
06/19/16 07:15:53 PM	19
06/19/16 08:15:53 PM	15
06/20/16 05:15:53 AM	12
06/20/16 07:15:53 AM	13
06/20/16 11:15:53 AM	29
06/20/16 08:15:53 PM	16
06/21/16 06:15:53 AM	13.81
06/21/16 07:15:53 AM	13
06/21/16 11:15:53 AM	24
06/21/16 08:15:53 PM	15
06/22/16 05:15:53 AM	12.92
06/22/16 07:15:53 AM	13
06/22/16 01:15:53 PM	32.33
06/22/16 08:15:53 PM	16
06/23/16 06:15:53 AM	10

06/23/16 07:15:53 AM	10
06/23/16 01:15:53 PM	32.82
06/23/16 08:15:53 PM	14
06/24/16 02:15:53 AM	10
06/24/16 07:15:53 AM	10
06/24/16 01:15:53 PM	29
06/24/16 08:15:53 PM	16
06/25/16 01:15:53 AM	11
06/25/16 07:15:53 AM	13
06/25/16 04:15:53 PM	29
06/25/16 08:15:53 PM	15
06/26/16 06:15:53 AM	12.34
06/26/16 07:15:53 AM	12.34
06/26/16 04:15:53 PM	28
06/26/16 08:15:53 PM	17
06/27/16 06:15:53 AM	14
06/27/16 07:15:53 AM	14
06/27/16 12:15:53 PM	31
06/27/16 08:15:53 PM	16
06/28/16 06:15:53 AM	13
06/28/16 07:15:53 AM	11
06/28/16 12:15:53 PM	31
06/28/16 08:15:53 PM	15
06/29/16 06:15:53 AM	10.59
06/29/16 07:15:53 AM	10
06/29/16 01:15:53 PM	30.95
06/29/16 08:15:53 PM	15
06/30/16 06:15:53 AM	11.37
06/30/16 07:15:53 AM	12
06/30/16 03:15:53 PM	32
06/30/16 08:15:53 PM	15
1/7/2016 6:15:00	13
1/7/2016 7:15:00	13
1/7/2016 11:15:00	29.84
1/7/2016 20:15:00	16
2/7/2016 5:15:00	12
2/7/2016 7:15:00	11
2/7/2016 16:15:00	32
2/7/2016 20:15:00	16
3/7/2016 6:15:00	12
3/7/2016 7:15:00	12.63
3/7/2016 15:15:00	33
3/7/2016 20:15:00	16
4/7/2016 6:15:00	12
4/7/2016 7:15:00	11

4/7/2016 16:15:00	29.29
4/7/2016 20:15:00	13.69
5/7/2016 6:15:00	11
5/7/2016 7:15:00	11
5/7/2016 15:15:00	28
5/7/2016 20:15:00	15
6/7/2016 6:15:00	12
6/7/2016 7:15:00	12
6/7/2016 13:15:00	31
6/7/2016 20:15:00	13.93
7/7/2016 6:15:00	11
7/7/2016 7:15:00	11
7/7/2016 14:15:00	32
7/7/2016 20:15:00	16
8/7/2016 6:15:00	12
8/7/2016 7:15:00	11
8/7/2016 15:15:00	31
8/7/2016 20:15:00	15
9/7/2016 6:15:00	11
9/7/2016 7:15:00	11
9/7/2016 14:15:00	32
9/7/2016 20:15:00	15
10/7/2016 6:15:00	10
10/7/2016 7:15:00	10
10/7/2016 15:15:00	31
10/7/2016 20:15:00	15
11/7/2016 6:15:00	13
11/7/2016 7:15:00	13
11/7/2016 12:15:00	26.00
11/7/2016 20:15:00	16
12/7/2016 6:15:00	11
12/7/2016 7:15:00	11
12/7/2016 16:15:00	31
12/7/2016 20:15:00	15.27
07/13/16 04:15:53 AM	11
07/13/16 07:15:53 AM	11.88
07/13/16 12:15:53 PM	30
07/13/16 08:15:53 PM	15
07/14/16 06:15:53 AM	12
07/14/16 07:15:53 AM	12
07/14/16 02:15:53 PM	28
07/14/16 08:15:53 PM	14.29
07/15/16 06:15:53 AM	8
07/15/16 07:15:53 AM	8
07/15/16 01:15:53 PM	30

07/15/16 08:15:53 PM	14
07/16/16 06:15:53 AM	9
07/16/16 07:15:53 AM	9
07/16/16 02:15:53 PM	29.84
07/16/16 08:15:53 PM	15
07/17/16 05:15:53 AM	11.54
07/17/16 08:15:53 AM	11
07/17/16 02:15:53 PM	31
07/17/16 08:15:53 PM	14
07/18/16 06:15:53 AM	13
07/18/16 07:15:53 AM	12
07/18/16 03:15:53 PM	33
07/18/16 08:15:53 PM	15
07/19/16 06:15:53 AM	12
07/19/16 07:15:53 AM	11
07/19/16 05:15:53 PM	26
07/19/16 08:15:53 PM	15
07/20/16 06:15:53 AM	11
07/20/16 07:15:53 AM	10.81
07/20/16 02:15:53 PM	29.00
07/20/16 08:15:53 PM	14
07/21/16 06:15:53 AM	12
07/21/16 07:15:53 AM	10.98
07/21/16 12:15:53 PM	30
07/21/16 08:15:53 PM	15
07/22/16 06:15:53 AM	13.00
07/22/16 07:15:53 AM	13
07/22/16 12:15:53 PM	25
07/22/16 08:15:53 PM	15
07/23/16 06:15:53 AM	13
07/23/16 07:15:53 AM	13
07/23/16 03:15:53 PM	31
07/23/16 08:15:53 PM	14
07/24/16 05:15:53 AM	11
07/24/16 07:15:53 AM	11
07/24/16 03:15:53 PM	33
07/24/16 08:15:53 PM	14
07/25/16 06:15:53 AM	10
07/25/16 07:15:53 AM	11
07/25/16 01:15:53 PM	29.79
07/25/16 08:15:53 PM	16
07/26/16 06:15:53 AM	12
07/26/16 07:15:53 AM	12
07/26/16 01:15:53 PM	32
07/26/16 08:15:53 PM	15

07/27/16 03:15:53 AM	11
07/27/16 07:15:53 AM	13
07/27/16 02:15:53 PM	26