



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

---



*Centro Universitario UAEM Tenancingo*

**USO DEL FOSFITO DE POTASIO “FosfiMAX® 40-20” PARA EL MANEJO DE  
*Peronospora sparsa* EN ROSA VAR. BINGO WHITE EN INVERNADERO**

# **T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO EN FLORICULTURA**

**PRESENTA:**

**EDGAR ANDRÉS CHAVARRO CARRERO**

## **DIRECTORES DE TESIS**

Dr. en C. Rómulo García Velasco

Mg. Sc. Justino Gerardo González Díaz

### **Asesor**

Dr. en C. Tirzo Castañeda Martínez

**Tenancingo, Estado de México**

**Marzo 2013**

*"Ni un paso atrás, siempre adelante, y lo que ha de ser... que sea!"*

José Antonio Galán

## DEDICATORIAS

A Dios por guiarme y permitirme culminar una etapa más de mi vida.

A mis padres Omaira Carrero y Pedro Chavarro por su apoyo incondicional, por la educación que me dieron para ser quien soy hoy en día, por todos los consejos y enseñanzas que me brindaron, por ser un ejemplo como padres y como personas, gracias a ustedes por encaminarme en esta bella profesión, la agronomía, es un orgullo ser su hijo.

A mi hermano Carlos Chavarro que es para mí un ejemplo de tenacidad y fortaleza, con quien siempre he contado y siempre contaré, aunque estemos lejos la distancia nunca ha sido un obstáculo para ser los mejores hermanos, siempre contará con mi profunda admiración y mi más grande respeto, espero que siga volando alto, muy alto!.

A mi novia Mary Carmen Nápoles por apoyarme durante todo este proceso y estar siempre a mi lado, sin ti no hubiera podido culminar esta etapa de mi vida, gracias por estar a mi lado. Te Amo!!

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de México por el financiamiento para la realización del presente trabajo, a través del proyecto: "Evaluación biológica y económica del ion fosfito como producto de bajo impacto ambiental para el control de *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa". Clave 3252/2012U".

Agradezco a la empresa BRAVO AG por el interés y el apoyo con los agro insumos para la realización de este trabajo.

Agradezco a la empresa Meilland International de México por el apoyo con el material vegetal de su propiedad para la realización de investigaciones, entre ellas la presente.

Al Dr. Rómulo García Velasco por brindarme su amistad y ser un ejemplo profesional, por toda la experiencia que adquirí en el campo de la agronomía, además de motivarme y apoyarme durante estos años gracias a usted.

Al Mg. Sc. Justino Gerardo por todo el apoyo brindado para este trabajo y por todos los consejos que me dió durante mi carrera.

Al Dr. Tirzo Castañeda por sus valiosos aportes para la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Origen y nomenclatura de la rosa .....	2
1.2. Características botánicas .....	4
1.3. Cultivo de rosa bajo invernadero.....	5
1.4. <i>Peronospora sparsa</i> Berkeley .....	8
1.5. Sintomatología causada por <i>P. sparsa</i> .....	9
1.6. Características morfológicas .....	10
1.7. Mecanismo de penetración del patógeno.....	10
1.8. Medidas de control para <i>Peronospora sparsa</i> .....	11
1.8.1. Control Cultural.....	11
1.8.2. Control Químico.....	11
1.8.3. Control Biológico.....	12
1.9. Medición de la enfermedad .....	12
1.10. Incidencia de la enfermedad .....	13
1.11. Severidad de la enfermedad .....	14
1.12. Escalas logarítmicas de severidad.....	14
1.12.1. Método con base en la ley de Weber-Fechner.....	15
1.12.2. Método de Horsfall y Barratt (HB) .....	16
1.13. Diagramas de severidad.....	18
1.13.1. Método calibrado con base en escalas logarítmicas de severidad.....	18
1.13.2. Método arbitrario .....	19
1.14. Compuestos de fosfonatos .....	19
1.14.1. Fosfitos.....	20
1.14.2. Modo de acción de los fosfitos .....	20
1.14.3. Modo de acción del fosfito de potasio .....	21

<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
3.1. Objetivo general .....	25
3.2. Objetivos específicos .....	25
<b>4. HIPÓTESIS.....</b>	<b>25</b>
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
5.1. Manejo del cultivo e inducción de brotes.....	26
5.2. Inducción del desarrollo de <i>P. sparsa</i> en el cultivo de rosa.....	27
5.3. Tratamientos a evaluar.....	28
5.4. Diseño experimental.....	29
5.5. Variables a evaluar.....	30
5.5.1. Severidad .....	30
5.5.2. Incidencia .....	31
5.5.3. Producción.....	31
5.5.4. Incidencia de <i>Botrytis cinerea</i> .....	31
5.6. Análisis de datos .....	32
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
6.1. Síntomas de <i>Peronospora sparsa</i> .....	34
6.2. Severidad y efectividad biológica .....	34
6.3. Incidencia .....	39
6.4. Producción .....	41
6.5. Incidencia de <i>Botrytis cinerea</i> .....	42
6.6. Escala diagramática logarítmica de <i>P. sparsa</i> . .....	44
<b>7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>49</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Formulación correspondiente a la fertirrigación semanal para el invernadero de rosa.....	27
<b>Cuadro 2.</b> Distribución de bloque y tratamientos en campo de la variedad Bingo White.....	29
<b>Cuadro 3.</b> Escala porcentual propuesta por la European Weed Research Society, para evaluar fitotoxicidad en el cultivo.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

- Figura 1.** Diagrama representativo de la posición taxonómica de las especies del género *Rosa*. Tomado de cultivo moderno de la rosa bajo invernadero (Hoog, 2003).....3
- Figura 2.** Representación gráfica de la Ley de Weber-Fechner. Tomado de Introduction to Plant Disease Epidemiology (Campbell y Madden, 1990)..16
- Figura 3.** Escala logarítmica propuesta por Horsfall y Barratt. Tomado de Introduction to Plant Disease Epidemiology (Campbell y Madden, 1990).17
- Figura 4.** Promedio diaria de Temperatura y Humedad relativa en invernadero registrada durante el periodo de estudio.....28
- Figura 5.** Porcentaje de efectividad biológica de FosfiMAX® 40-20 y mancozeb + cymoxanil sobre *P. sparsa* en rosa.....37
- Figura 6.** Comportamiento de la incidencia de *P. sparsa* en cultivo de rosa Var. Bingo White.....40
- Figura 7.** Escala diagramática logarítmica de *P. sparsa* en rosa Var. Bingo White.....43
- Figura 8.** Temperatura y Humedad Relativa media, máxima y mínima diaria en invernadero registrada durante el periodo de estudio.....48

### TABLAS

- Tabla 1.** Medias del porcentaje de severidad causada por *Peronospora sparsa* el cultivo de rosa var. Bingo White.....36
- Tabla 2.** Efectividad biológica de FosfiMAX® 40-20 y mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil sobre *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa var. Vingo White.....36
- Tabla 3.** Comparación del comportamiento de la incidencia de *P. sparsa* en rosa var. Bingo White.....39
- Tabla 4.** Tallos florales promedio con calidad para mercado producidos por tratamiento.....41

**Tabla 5.** Porcentaje de botones florales de rosa var. Bingo White dañados por *Botrytis cinerea* por tratamiento, durante el periodo de corte.....42

## RESUMEN

El cultivo de *Rosa* sp., es uno de los más importantes en la zona sur del Estado de México, ocupando una superficie cultivada de 668 ha bajo invernadero, una de sus principales enfermedades es ocasionada por *Peronospora sparsa* Berkeley provocando pérdidas económicas superiores al 50%; los daños se manifiestan principalmente en tejido joven aunque llega a dañar hojas, tallos, pedúnculos y cáliz. Para su manejo se usan de forma excesiva diferentes fungicidas, por lo cual es necesario encontrar alternativas que permitan su control sin perjudicar el medio ambiente; el objetivo de esta investigación fue probar el efecto fungicida del fosfito de potasio "FosfiMAX® 40-20", para el control del Oomicete *Peronospora sparsa*. Se estableció un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en rosas var. Bingo White; se evaluaron dos dosis de FosfiMAX 40-20 a 1 mL L<sup>-1</sup> (T1) y a 2.5 mL L<sup>-1</sup> (T2), un fungicida de contacto (Mancozeb + hidroxido de cobre + cymoxanil) a dosis de 0.8 gr L<sup>-1</sup> (T3) y un testigo absoluto (T4), se realizó una preevaluación y después de la primera aplicación se realizaron evaluaciones cada tercer día hasta producción, evaluando la incidencia y severidad, después de la última aplicación se cortaron las flores producidas realizando tres cortes durante las dos siguientes semanas, con el fin de evaluar la producción y la incidencia de *B. cinerea*; al término del experimento el tratamiento con menor incidencia y severidad fue T2 con 35% y 6.25% respectivamente lo que representó una efectividad biológica del 93.43%, seguido por T1 con una incidencia y severidad de 62.5% y 68.2% obteniendo una efectividad biológica del 28.29%, mientras que T3 presentó una severidad del 81.1% lo que significó una efectividad biológica del 14.80% y T4 presentó los niveles de incidencia y severidad más altos de 100%, 95.19% respectivamente. Respecto a producción e incidencia de *B. cinerea*, T2 presentó en promedio 42.75 tallos florales durante la época de evaluación y la menor incidencia con un valor al termino de las evaluaciones de 62%, seguido del T1 con 40 tallos florales y 83% de incidencia, mientras que T3 fue de 11.83 tallos florales y 100% incidencia de botrytis, en tanto que T4 no presentó producción; demostrando así que FosfiMAX® 40-20 tiene una

acción fungistática sobre *Peronospora sparsa* arrojando una mayor efectividad biológica que el testigo absoluto y el tratamiento con fungicida.

## INTRODUCCIÓN

En México la rosa bajo invernadero es uno de los cultivos ornamentales más importantes representando una de las flores de corte mayormente comercializadas, el Estado de México destaca como el principal productor de flores de corte, sobresaliendo los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo y Coatepec Harinas (SIAP, 2010). Sin embargo, la producción de rosas de invernadero es probablemente la forma más especializada de cultivo hortícola, las plantas tienen una forma rígida de crecimiento que al mismo tiempo es susceptible a daños por condiciones adversas siendo altamente sensibles a plagas y enfermedades (Salinger, 1991). El cultivo de rosa bajo invernadero presenta varios problemas fitosanitarios que representan un inconveniente para la producción así como para la calidad de la rosa, uno de los principales problemas fitosanitarios es el Mildiu Velloso causado por *Peronospora sparsa*, los síntomas de esta enfermedad se presentan en hojas, tallos, pedúnculos, cáliz y pétalos aunque generalmente la infección está limitada a los ápices jóvenes y se manifiesta en forma de manchas irregulares que varían de tamaño, de color púrpura a café oscuro, los folíolos pueden tornarse cloróticos aunque frecuentemente se pueden observar espacios de color verde normal en el follaje afectado (Horst & Cloyd, 2007).

*Peronospora sparsa*, es uno de los patógenos más problemáticos en los cultivos de rosa bajo invernadero en México, generando pérdidas entre el 50 y 100% de la producción (García *et al.*, 2011). El primer reporte del Mildio Velloso de la rosa fue realizado en Inglaterra en el año 1862, y desde entonces hasta los inicios del siglo XX se registró en toda Europa continental, desde Francia a través de los países Escandinavos hasta la Unión Soviética. En 1880 la ocurrencia de esta enfermedad se reportó en el medio oeste de los Estados Unidos, y desde allí se dispersó por todo el país (Horst & Cloyd, 2007). Aunque la literatura científica registra a *P. sparsa* como un patógeno endémico del área norte del trópico de Cáncer, en la actualidad *P. sparsa* en rosa causa daños significativos en diferentes países (García *et al.*, 2011; Horst & Cloyd, 2007; Waltera *et al.*, 2004).

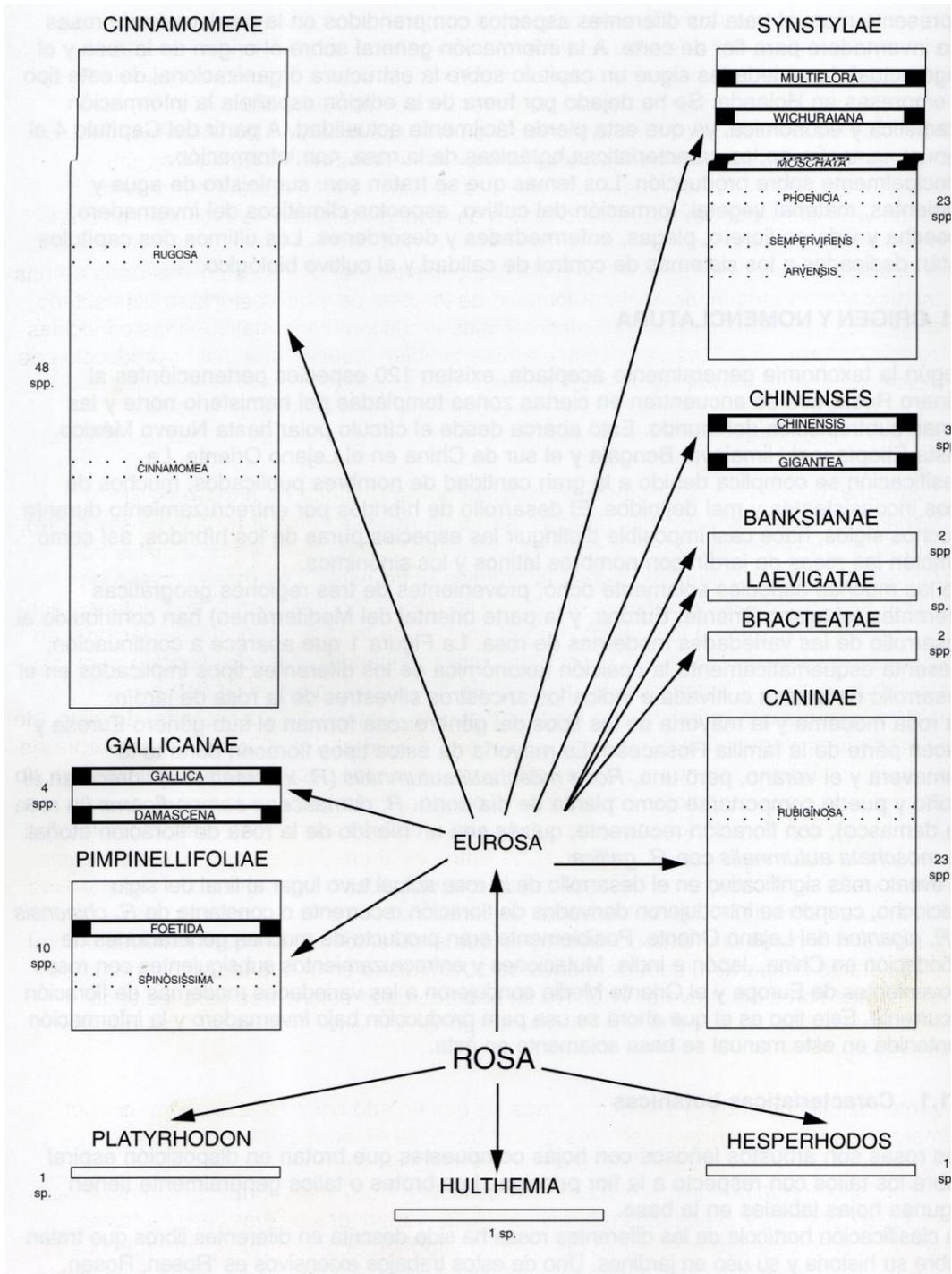
## 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Origen y nomenclatura de la rosa

Según la taxonomía actual aceptada, existen 120 especies pertenecientes al género *Rosa* spp. (Hoog, 2003); sin embargo Larson (1988), reporta aproximadamente 200 especies botánicas; que se encuentran en ciertas zonas templadas del hemisferio norte y las zonas subtropicales del mundo, esto abarca desde el círculo polar hasta Nuevo México, Etiopia y el Himalaya, Bengala y el sur de China en el Lejano Oriente (Larson, 1988; Hoog, 2003); la clasificación se complica debido a la gran cantidad de nombres publicados, muchos de ellos inconsistentes y mal definidos. El desarrollo de híbridos por entrecruzamiento durante muchos siglos, hace casi imposible distinguir las especies puras de los híbridos, así como también las rosas de jardín con nombres latinos y los sinónimos (Hoog, 2003); sin embargo Bañon *et al.* (1993), reporta la siguiente clasificación taxonómica, clase: Angiospermas; subclase: Dicotiledóneas; orden: Rosales; familia: Rosáceae; género: *Rosa*.

De las muchas especies solamente ocho, provenientes de tres regiones geográficas diferentes como el lejano Oriente, Europa y la parte Oriental del Mediterráneo han contribuido al desarrollo de las variedades modernas de rosa; esquemáticamente la posición taxonómica de los diferentes tipos implicados en el desarrollo de la rosa cultivada se indica en la Figura 1 (Hoog, 2003).

El evento más significativo en el desarrollo de la rosa actual tuvo lugar en China al final del siglo XVIII (Larson, 1988), cuando se introdujeron derivados de floración recurrente o constante de *R. chinensis* y *R. gigantea*; posiblemente eran producto de muchas generaciones de hibridación en China, Japón e India, mutaciones y entrecruzamientos subsiguientes con rosas provenientes de Europa y el Oriente Medio condujeron a las variedades modernas de floración recurrente, este tipo es el que ahora se usa para producción bajo invernadero (Larson, 1988; Hoog, 2003).



**Figura 1.** Diagrama representativo de la posición taxonómica de las especies del género *Rosa*. Tomado de cultivo moderno de la rosa bajo invernadero (Hoog, 2003)

## 1.2. Características botánicas

Las rosas son arbustos leñosos (Hoog, 2003), normalmente espinosos, con hojas pinnadas, con estípulas, caducas, y compuestas de 5 o 7 folíolos, más o menos ovalados y con la nervadura del envés sobresalientes (Bañon *et al.*, 1993), que brotan en disposición espiral sobre los tallos con respecto a la flor; los brotes o tallos generalmente tienen algunas hojas labiales en la base (Hoog, 2003).

Las rosas tienen una inflorescencia determinada que puede asumir las formas corimbiforme, paniculada o solitaria. Cuando las flores nacen de una en una, como en muchos cultivares híbridos de té todavía hay botones florales no desarrollados en las axilas de las hojas inmediatamente debajo de la flor terminal; estos botones pueden desarrollarse en brotes florales cortos bajo condiciones ambientales favorables (Larson, 1988).

La clasificación se basa en el número de flores por inflorescencia, tamaño, longitud de los brotes o vástagos y la forma de la planta. Los grupos más importantes son las rosas de flor grande o híbridos de Té (Tea-hybrids) con una o más flores por tallo; las Polyantha (Floribunda) con ramilletes de muchas flores pequeñas; los híbridos Polyantha ó Floribunda y Grandiflora, con un número intermedio de flores entre aquellos de los dos grupos anteriores. Los grupos representan las diferentes líneas utilizadas en el mejoramiento genético (Hoog, 2003).

### 1.3. Cultivo de rosa bajo invernadero

El cultivo de rosa bajo invernadero en México representa uno de los cultivos ornamentales más importantes, con una superficie cultivada de 698.41 ha, generando una producción anual de 5,452,208.9 gruesas que representan una derrama económica nacional de \$ 802,628,630.00 pesos; el mayor estado productor es el Estado de México, con una área cultivada de 668 ha., generando una producción anual de 5,302,996 gruesas derivando en una contribución económica de \$ 761,129,700.00 pesos (SIAP, 2010), además se ha observado un aumento en el valor de las exportaciones principalmente a los Estados Unidos con un valor total de \$ 4,422,000.00 dólares en el año 2010 (TRADEMAP, 2012).

La producción de rosa se puede llevar a cabo en cualquier tipo de invernadero incluso a cielo abierto; sin embargo, un buen invernadero debe poseer una máxima transmisión de luz y suficiente espacio libre sobre las plantas para lograr una mejor ventilación, así como tener la máxima radiación posible y el correcto control de los factores climáticos que permitan el óptimo desarrollo del cultivo y el manejo de aquellos factores (plagas y enfermedades) que lo afectan (Hoog, 2003).

El cultivo de rosa puede llevarse a cabo mediante diferentes tipos y manejos agronómicos, como lo es el marco de plantación destacándose la siembra a doble hilera o a una hilera y dependiendo de esto las densidades de plantación pueden variar entre 6 y 9 plantas·m<sup>-2</sup> (Bañon *et al.*, 1993). Sin embargo, Hoog (2003) reporta que el marco de plantación más usual es a cuatro hileras de plantas por cama, ubicando las plantas en una disposición triangular para que queden bien distribuidas, dependiendo del tipo de invernadero y el número de hileras a utilizar, la densidad de siembra puede variar entre 7.7 y 17.4 plantas·m<sup>-2</sup>; de igual forma Larson (1988), indica que los floricultores prefieren la plantación a cuatro hileras con distancia entre plantas de 30.5 X 30.5 cm entre hileras y plantas, aunque investigaciones demuestran que las dos hileras centrales producen menor cantidad de flores que las externas.

Existen condiciones que demanda el cultivo como es la temperatura, encontrando sus rangos óptimos entre los 21 – 24 °C durante el día y de 15 – 16 °C durante la noche (Bañon *et al.*, 1993); estudios realizados en la estación experimental de Aalsmeer, Holanda, demuestran que el rango óptimo de temperatura se encuentra entre 20 - 25 °C durante las 24 horas, siendo irrelevante el momento en que se caliente, día o noche (Hoog, 2003); de igual forma Larson (1988), reporta una temperatura nocturna óptima de 16 °C y temperaturas diurnas óptimas entre 20 – 28 °C.

Diferentes investigaciones muestran que las necesidades lumínicas del cultivo de rosa están directamente relacionadas con la producción del rosal, por lo que el rendimiento es mayor en primavera que en otoño, respecto al periodo de floración, el rosal no ha mostrado un fotoperiodo determinado, por lo cual se puede producir durante todo el año, aunque la iluminación está relacionada con el color de la flor, siendo ésta menos brillante en invierno (Bañon *et al.*, 1993), la rosa es una planta que requiere luz, su fotosíntesis se satura solamente a niveles de luminosidad muy alto. La fotosíntesis foliar tiene una capacidad alta alrededor de 1700 lux/m<sup>2</sup> y la saturación ocurre solamente a 85000 lux; hoy en día los productores de rosa en Holanda utilizan un nivel promedio de 4675 lux sin importar el fotoperiodo (Hoog, 2003); productores de California que tienen intensidades lumínicas de alrededor de 129000 lux se ven obligados al uso de invernaderos sombreados para mantener intensidades de luz menores a los 54000 lux; diferentes estudios demuestran que el uso de lámparas de vapor de sodio a 4300 lux durante la noche pueden incrementar desde un 50 hasta un 240% de producción (Larson, 1988). De igual forma la rosa es un cultivo demandante en sus necesidades de agua y principalmente dependiente de la transpiración ocasionada por los acontecimientos térmicos del día, siendo los rangos demandados entre 1.5 y 6 L/m<sup>2</sup>/día dependiendo de la etapa fenológica del cultivo (Hoog, 2003); de igual forma Bañon y colaboradores (1993), indican una demanda de agua entre 2.85 y 10.42 L/m<sup>2</sup>/día, dependiendo principalmente de las estaciones del año.

La humedad relativa se puede estabilizar entre el 70 – 75% (Bañon *et al.*, 1993), contrario a lo reportado por Hoog (2003) donde se recomienda una humedad relativa promedio de 82%; aunque el cultivo demanda alta humedad relativa existen consecuencias negativas relacionadas usualmente con la mayor incidencia de ciertas enfermedades tales como *Botrytis* y Mildeos, que también pueden estar relacionadas con la variedad, plantas jóvenes, estado vegetativo y plantas con flor (Hoog, 2003).

El cultivo de rosa se desarrolla en suelos medianamente compactos aunque no es especialmente exigente en el tipo de suelo, además su pH óptimo se sitúa entre 6 y 7 para rosas injertadas sobre *Rosa canina*, y entre 7 y 7.5 para las injertadas sobre *Rosa indica* "Major" (Bañon *et al.*, 1993). Sin embargo Hoog (2003); reporta que los niveles de pH entre 5 y 7.5 rara vez afectan el crecimiento de las raíces sin importar el patrón a utilizar.

El cultivo de rosa enfrenta diferentes enfermedades foliares tales como, cenicilla producida por *Sphaerotheca pannosa* var, *Rosae* Woron; roya causada por *Phragmidium mucronatum* Pers (Bañon *et al.*, 1993), mancha negra originada por *Diplocarpon rosae* F.A. Wolf y Mildeo Velloso ocasionado por *Peronospora sparsa* Berkeley (Horst & Cloyd, 2007). Siendo este último uno de los que causa mayores daños al cultivo.

El primer reporte del Mildeo Velloso de la rosa fue realizado en Inglaterra en el año 1862, y desde entonces hasta los inicios del siglo XX se registró en toda Europa continental, desde Francia a través de los países Escandinavos hasta la Unión Soviética; en 1880 la ocurrencia de esta enfermedad se reportó en el medio oeste de los Estados Unidos, y desde allí se dispersó por todo el país (Horst & Cloyd, 2007). Aunque la literatura científica registra a *Peronospora sparsa* como un patógeno endémico del área norte del trópico de Cáncer, en la actualidad *P. sparsa* en rosa causa daños significativos en diferentes países (García *et al.*, 2011; Horst & Cloyd, 2007; Waltera *et al.*, 2004). De esta forma *Peronospora sparsa*, se ha convertido en

uno de los patógenos más limitantes en los cultivos de rosa bajo invernadero en México (García *et al.*, 2011). Esta enfermedad se destaca principalmente por producir una defoliación severa sobre las variedades de rosa más susceptibles llevando a una pérdida en la producción así como en la calidad, es común que los síntomas foliares se confundan con quemaduras o toxicidad inducida por pesticidas. La enfermedad se manifiesta sobre los tallos, cáliz y pedúnculos como manchas púrpuras a negras que varían en tamaño e incluso pueden inducir a la muerte de las ramas y a la momificación de los botones florales (Hollier *et al.*, 2001; Horst & Cloyd, 2007) o propiciar la invasión secundaria de los tejidos afectados por parte de otros patógenos, tales como *Botrytis* spp. (Aegerter *et al.*, 2002).

#### **1.4. *Peronospora sparsa* Berkeley**

Los mildius vellosos causan daños económicos significativos en una gran variedad de cultivos en todo el mundo (Thakur y Mathur, 2002) y en la actualidad el Mildío Velloso de la rosa causa daños significativos en países como Colombia, Estados Unidos, México y Nueva Zelanda (Arbeláez, 1999; Walter *et al.*, 2004; García *et al.*, 2011), Arbeláez (1999), reporta pérdidas entre el 50 y el 75% de la producción y en México puede llegar a causar pérdidas entre el 50 y el 100% de la producción (García *et al.*, 2011)

*P. sparsa* es un patógeno obligado que hace parte del grupo de los *Oomycetes*, los cuales son organismos miceliares semejantes a los hongos (Kamoun, 2003), que contienen alrededor de 1500 especies (Dick, 2001), se conocen comúnmente como mohos acuáticos e incluyen saprófitos y patógenos de plantas (Kamoun, 2003). Durante los últimos tiempos ha habido controversia acerca de la taxonomía de los *Oomycetes* debido a sus similitudes morfológicas, fisiológicas y ecológicas con los hongos verdaderos (Voglmayr, 2008); sin embargo, en los últimos años a través de estudios filogenéticos ultraestructurales, bioquímicos y moleculares se confirma que no pertenecen a los hongos verdaderos si no que pertenecen al reino Stramenopila por lo cual se ha establecido que este patógeno pertenece al Dominio Eukaria, Reino Stramenopila, Phylum Oomycota (Heterokonta), Clase Oomycetes

(Peronosporomycetes), Orden Peronosporales, Familia Peronosporaceae, Genero Peronospora y Especie *sparsa* (Dick, 2001), sin embargo Voglmayr (2003), remarca la posición cercana de *P. sparsa* con las *Pseudoperonosporas*, lo cual indica que *P. sparsa* es una especie que no ha evolucionado a través del tiempo sugiriendo una alta reproducción asexual siendo un patógeno con cualidades similares a las *Pseudoperonosporas*.

Una de las características principales de los *Oomycetes* son las zoosporas que tienen dos flagelos uno de los cuales cuenta con filamentos laterales mientras el otro es liso y estos surgen de la parte lateral de la célula en lugar de la parte delantera o trasera, como en otros grupos; las zoosporas se mueven con su flagelo filamentoso hacia adelante y el liso hacia atrás; a diferencia de los núcleos de los hongos verdaderos, aquellos en las hifas de los *Oomycetes* son diploides y de igual forma las paredes celulares están compuestas la mayor parte por celulosa y en algunas especies también tienen quitina (Kendrick, 2000).

### **1.5. Sintomatología causada por *P. sparsa***

Los síntomas de la enfermedad se manifiestan sobre las hojas, tallos, pedúnculos, cáliz y pétalos de las plantas de rosa, aunque generalmente la infección es restringida a los tejidos apicales jóvenes de las plantas (Horst & Cloyd, 2007). Sobre el haz de las hojas se desarrollan manchas irregulares de color rojizo púrpura a pardo-oscuro, las cuales se rodean de un halo clorótico, mientras que sobre el envés se observan los signos del patógeno, que corresponden a un micelio de color marrón claro con abundante producción de esporangióforos y esporangios, lo cual genera la apariencia vellosa característica de la enfermedad. Estas estructuras solo se producen bajo condiciones de alta humedad en el ambiente, llegando a ser escasas y difíciles de detectar en situaciones desfavorables para el desarrollo del patógeno (Hollier *et al.*, 2001; Horst & Cloyd, 2007). De igual forma la abscisión de hojas puede ser severa y los síntomas foliares pueden confundirse con quemaduras por toxicidad a pesticidas (Horst & Cloyd, 2007).

## 1.6. Características morfológicas

Morfológicamente, *P. sparsa* se caracteriza por poseer esporangios subelípticos (17-22 x 14-18  $\mu\text{m}$ ) producidos a partir de esterigmas presentes en esporangióforos erectos y dicotómicamente ramificados en ángulos agudos (Horst & Cloyd, 2007). El pseudohongo se reproduce sexualmente por medio de zoosporas caracterizadas por poseer paredes gruesas que cumplen funciones como estructuras de resistencia.

En las zonas templadas, la producción de zoosporas es profusa en el mesófilo de las hojas así como también en la corteza de los tallos y pedúnculos de las plantas sintomáticas (Aegerter *et al.*, 2002).

## 1.7. Mecanismo de penetración del patógeno

El pseudohongo penetra al hospedante en forma directa a través de la cutícula y la epidermis, y se alimenta de las células del parénquima por medio de haustorios y una profusa red de micelio intercelular. Estudios epidemiológicos, han determinado que las condiciones más favorables para el desarrollo del Mildew Velloso de la rosa bajo invernadero corresponden a temperaturas que oscilan entre 15 y 20 °C durante el proceso de infección y de 20 a 25 °C para la colonización del patógeno. La infección esta además fuertemente influenciada por la presencia de una lámina de agua libre sobre la superficie del tejido por un período mínimo de dos horas; sin embargo, el proceso infectivo se incrementa significativamente cuando dichas condiciones de humedad superan las 10 horas. El período de latencia del patógeno se ha estimado entre cuatro y siete días, determinándose además que *P. sparsa* es capaz de iniciar su ciclo de infección a temperaturas tan bajas como 5 °C, siempre y cuando exista una lámina de agua sobre el tejido durante al menos ocho horas (Aegerter *et al.*, 2003). Además de los enormes daños que *P. sparsa* ocasiona en cultivos de rosa (*Rosa spp.*), este patógeno también ha sido reportado afectando plantas de diferentes especies del género *Rubus* que producen frutos comestibles tales como *Rubus fruticosus* L. (Horst & Cloyd, 2007; Alviter, 2011).

*Peronospora sparsa*, es uno de los patógenos más problemáticos en los cultivos de rosa en la región florícola del Estado de México, debido principalmente a las condiciones ambientales necesarias para su desarrollo, las cuales se asemejan a las condiciones favorables para el desarrollo comercial del cultivo, además de ser un patógeno obligado con una proliferación agresiva bajo sus condiciones óptimas; esto ha generado el uso de varias medidas de control, desde el control, cultural, pasando por el uso de fungicidas y en la actualidad estrategias biológicas como es el uso de microorganismos como bacterias para el control de este patógeno.

## **1.8. Medidas de control para *Peronospora sparsa***

### **1.8.1. Control Cultural**

El control de *P. sparsa* se da principalmente mediante el manejo de las condiciones ambientales tales como el control del agua libre sobre las plantas, lo cual se puede lograr evitando asperjar agua sobre las plantas durante el día, ya que es muy importante que las plantas estén secas al caer la noche, mantener la humedad relativa por debajo del 85% y evitar las grandes fluctuaciones de temperatura que pueden promover la condensación de agua en las hojas; de igual forma es importante retirar las partes afectadas como hojas y tallos (Hoog, 2003).

### **1.8.2. Control Químico**

Si las condiciones favorecen el desarrollo del patógeno, debe tratarse previamente con fungicidas como mancozeb, furalaxil, cobre entre otros, o con curativos como metalaxil o etil fosfato (Bañon *et al.*, 1993). De igual forma se pueden usar productos a base de metalaxyl, dimetomorf, azoxystrobin y fosetil-Al que reducen la incidencia de *P. sparsa* (Aegerter, 2002). El fungicida sistémico más usado es el metalaxil ya que significó un gran avance para el control de Mildeo Velloso debido a que puede ser absorbido por las hojas, tallos y raíces inhibiendo la síntesis de proteínas del patógeno, este puede ser aplicado en fumigaciones foliares (Thakur y Mathur, 2002).

### **1.8.3. Control Biológico**

Aunque no se encuentra literatura específica sobre *P. sparsa* dentro de los controles biológicos se reporta el extracto de ajo que es tóxico para *Peronospora parasitica* en el cultivo de rabano (citado en Thakur y Mathur, 2002) y de igual forma *Bacillus subtilis* y *Bacillus pumilis* reducen la incidencia de Mildeo Velloso en *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. (Niranjan Raj *et al.*, 2003).

Aunque existen diferentes estrategias para el control de esta enfermedad uno de los factores que afectan su eficacia es el desconocimiento del comportamiento de la enfermedad, por lo tanto para llevar a cabo un control de esta enfermedad es necesario realizar una detección temprana de la misma y hacer uso de productos fungicidas preventivos para evitar llegar a niveles de daño económico en el cultivo.

### **1.9. Medición de la enfermedad**

Una epidemia consiste en la población de individuos infectados en una población hospedera, y el cambio de los individuos infectados a través del tiempo y el espacio. Antes de poder entender o comparar epidemias, primero deben ser monitoreadas, la definición de monitorear de acuerdo al diccionario Merriam-Webster, es: "mirar, buscar, o revisar usualmente para un propósito en especial." Para un análisis epidemiológico es necesario muestrear la enfermedad, y medir la enfermedad en la muestra (Madden *et al.*, 2007).

La medición de la intensidad de una enfermedad es imprescindible en estudios epidemiológicos; las complejas interacciones que ocurren entre el patógeno, el hospedero y el ambiente se expresan en la magnitud de la incidencia o severidad de una enfermedad determinada. La caracterización temporal y espacial de una epidemia, en su forma más general, puede realizarse con una serie de mediciones de la intensidad de la enfermedad en el tiempo y espacio, respectivamente;

usualmente este tipo de caracterizaciones son apropiadas para estudios de epidemiología comparativa y evaluación de medidas de control (Mora, 1997).

Existen diferentes enfoques para la medición de la enfermedad que pueden ser apropiados para diferentes sistemas patológicos. Por ejemplo, la medición de una enfermedad sistémica causada por un virus puede ser diferente a la medición del área de las lesiones causadas por un hongo en las hojas; sin embargo, existen principios generales y enfoques que se aplican para todos los tipos de mediciones (Madden *et al.*, 2007).

Campbell y Madden (1990), mencionan que la medición de la intensidad de una enfermedad es una de las actividades más importantes y frecuentemente más difíciles de la epidemiología. Kranz (1998), afirma de forma categórica que ningún tipo de estudio epidemiológico sería posible sin dicho tipo de mediciones.

### **1.10. Incidencia de la enfermedad**

La incidencia se define como la proporción de plantas u órganos de plantas enfermos en relación a la parte sana independientemente del grado de severidad (Mora, 1997), puede existir diferentes escalas de incidencia dependiendo de la unidad a evaluar, donde la evaluación de una planta se puede definir por la cantidad de hojas sintomáticas, mientras que en la evaluación de una parcela dependerá de la cantidad de plantas enfermas (Madden *et al.*, 2007)

Además de determinar si una planta está o no enferma, algunos aspectos del "grado de infección" pueden ser comprobados. Con las enfermedades foliares causadas por hongos, se puede evaluar el área lesionada en las plantas; aunque las mediciones se pueden hacer en unidades absolutas como centímetros cuadrados de lesión, es mucho más común evaluar la proporción o porcentaje del área del hospedero afectada por la enfermedad (Madden *et al.*, 2007).

### **1.11. Severidad de la enfermedad**

El término severidad de la enfermedad es usado en (relativas o absolutas) áreas de los tejidos afectados en plantas por enfermedades, y se promedian los valores individuales para obtener una media de gravedad de la enfermedad. La severidad se puede referir tanto al área enferma de una planta o el área media enferma de una muestra. Aunque en la aplicación de estas técnicas en campo es común evaluar la severidad por la asignación de categorías o clases a cada planta observada; entonces, la severidad actúa como una variable discreta, aunque posiblemente con muchos valores distintivos (Madden *et al.*, 2007).

Generalmente, la severidad media de la enfermedad en un cultivo es el promedio de la severidad de todas las plantas evaluadas o las unidades evaluadas, sin importar que la planta esté enferma o no, en otras palabras, un valor de severidad cero es usado para todas las observaciones como una planta no enferma. También se puede determinar la severidad media de solo plantas enfermas y se llama generalmente "severidad condicionada" esta severidad se puede obtener de forma sencilla al dividir la severidad media de todas las plantas evaluadas por la proporción de todas estas plantas (Madden *et al.*, 2007).

### **1.12. Escalas logarítmicas de severidad**

Una escala de severidad es definida por una serie de clases, las cuales contienen el rango de severidad posible para una determinada enfermedad (Campbell y Madden, 1990). Una escala debe tener suficientes clases para proporcionar una resolución adecuada para diferenciar grados de severidad. Con pocas clases la resolución es reducida, mientras que con un gran número de clases la escala es poco práctica y confusa (Zadoks y Schein, 1979).

En general es aceptado que una adecuada escala para medir la severidad debe construirse con intervalos logarítmicos y no aritméticos, esta fue la propuesta de

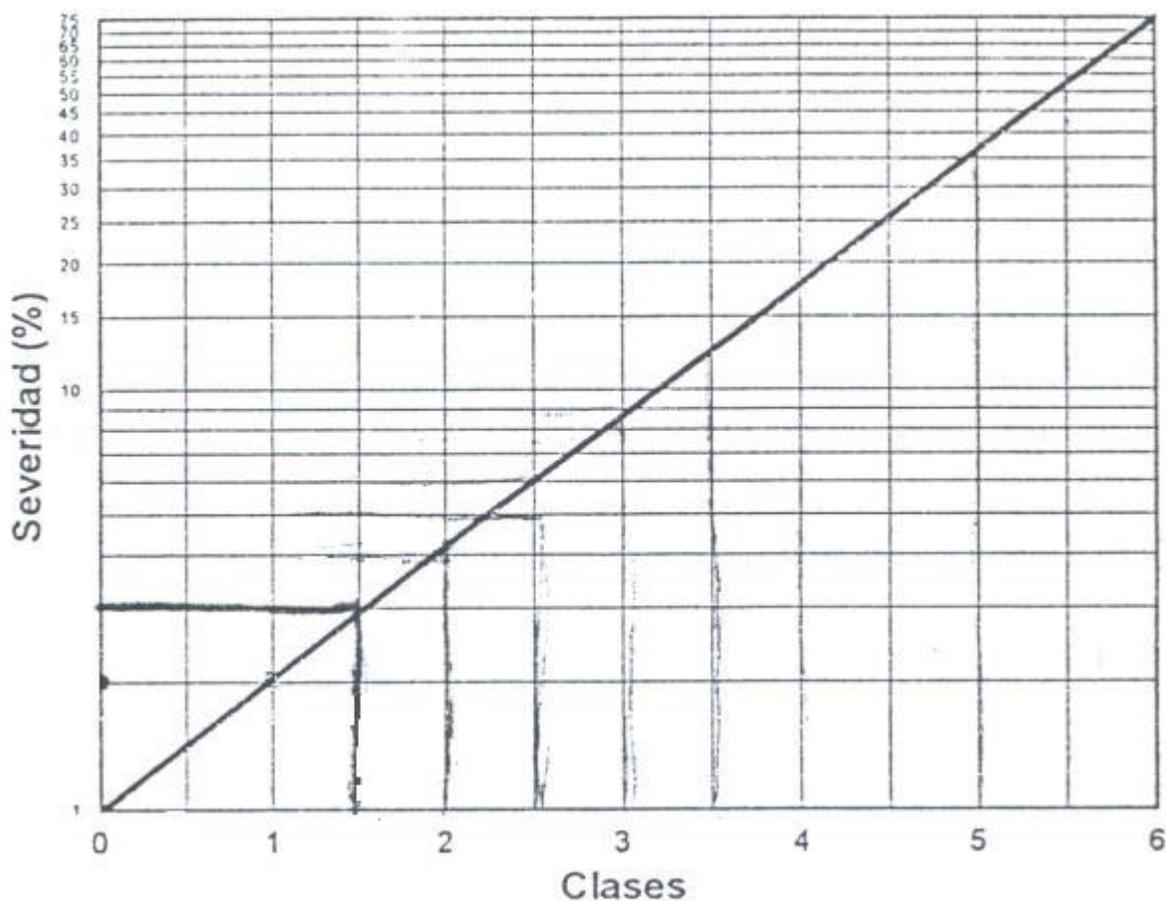
Horsfall-Barratt y se basó en la ley de Weber-Fechner. Dicha ley establece que la agudeza visual es inversamente proporcional al logaritmo del estímulo (Mora, 1997)

Las escalas logarítmicas de severidad para la medición de enfermedades son ampliamente recomendadas en estudios epidemiológicos en contraposición a escalas nominales o cualitativas. Una escala logarítmica se puede elaborar con los métodos de la ley de Weber-Fechner o de Horsfall y Barratt.

### **1.12.1. Método con base en la ley de Weber-Fechner**

Dicha teoría establece que la agudeza visual es inversamente proporcional al logaritmo de un estímulo, es decir, que el menor cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a la magnitud del estímulo.

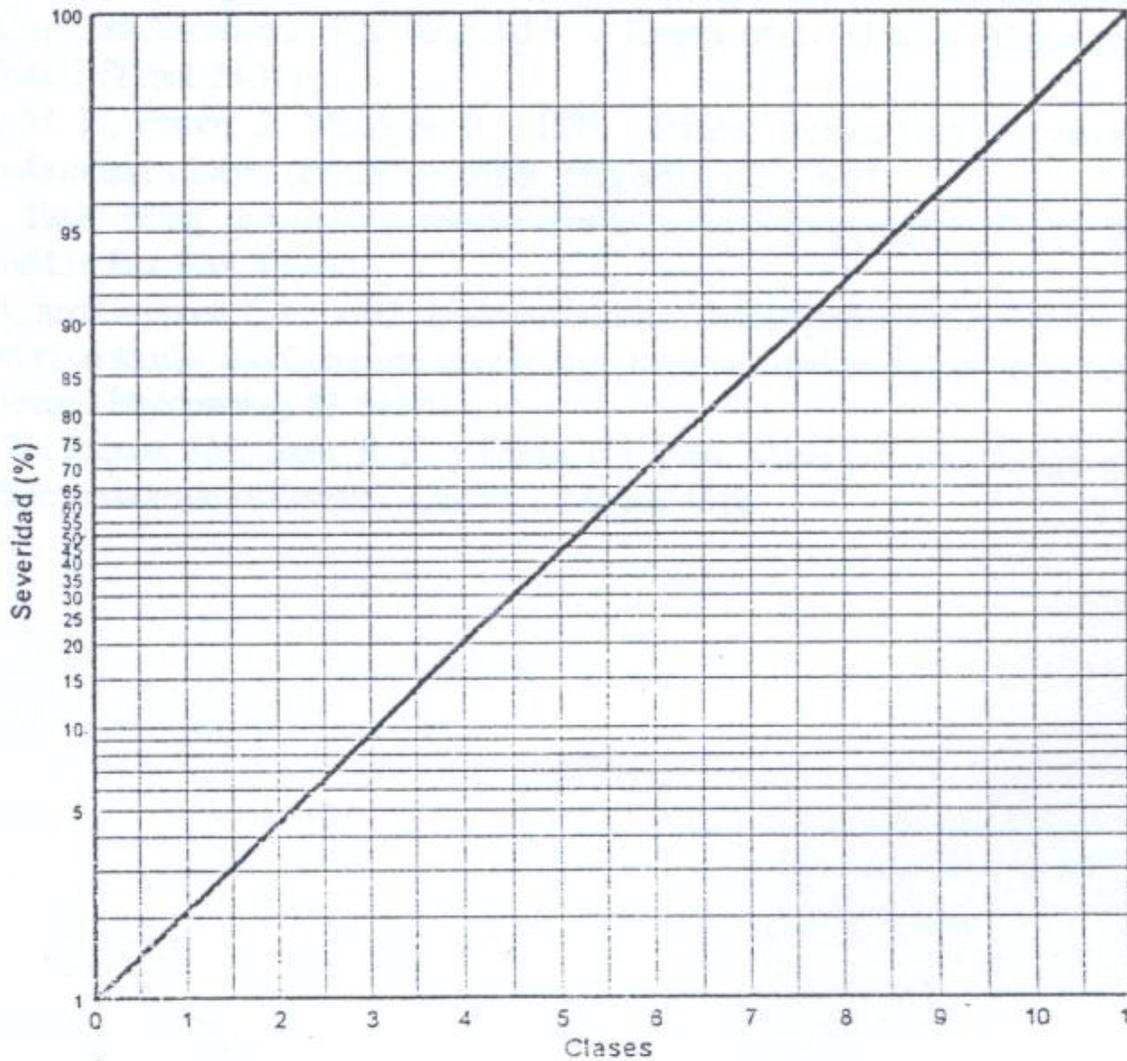
La metodología para aplicar esta ley, corresponde a la determinación del valor máximo aproximado de la severidad ( $Y_f$ ) que la enfermedad puede alcanzar en el órgano (s) o tejido (s) de la planta; además se debe definir el número total de clases que se desean para el rango de severidad de la enfermedad. Incluir la clase 0 para ausencia de enfermedad. Se procede a construir una gráfica con escala logarítmica en Y, la cual contiene el nivel máximo de severidad de la enfermedad, y una escala lineal o aritmética en X la cual contiene el número de clases deseada. Se puede observar que 0-severidad no tiene logaritmo, por lo tanto el nivel mínimo de severidad graficado es 1. Después se traza una línea recta a partir del origen del sistema de coordenadas hasta la intercepción de la clase máxima con la severidad máxima, interceptando dicha línea recta a partir de cada una de las clases. A continuación se proyectan los puntos de intercepción con el eje de la ordenada (Y) para encontrar la correspondiente severidad. Dicha correspondiente severidad puede considerarse como el punto medio de clase (Figura 2).



**Figura 2.** Representación gráfica de la Ley de Weber-Fechner. Tomado de Introduction to Plant Disease Epidemiology (Campbell y Madden, 1990).

### 1.12.2. Método de Horsfall y Barratt (HB)

Horsfall y Barratt indican que la apreciación de la visión humana permite distinguir con más exactitud grados de escalas que progresan en pasos logarítmicos, y que de 0 a 50% de área afectada se tiende a juzgar el porcentaje de superficie que permanece sana; con base a estas observaciones propusieron una escala de grados de clases (Figura 3).



**Figura 3.** Escala logarítmica propuesta por Horsfall y Barratt. Tomado de Introduction to Plant Disease Epidemiology (Campbell y Madden, 1990).

Excepto en sus extremos, esta escala marca intervalos iguales de  $\log$  para sus valores hasta 50%, y una escala invertida de  $\log$  por encima de 50%.

La escala de Horsfall y Barrett se basa en dos supuestos. El primero es que hay una relación logarítmica entre la intensidad del estímulo y la sensación, esto es consecuencia de la ley de Webner Fechner de psicofísica. Si la ley de Weber-Fechner se aplica en su totalidad, un evaluador será capaz de discriminar entre

pequeños niveles de severidad cuando ésta sea baja, pero sólo sería capaz de discriminar entre grandes niveles (20 y 40%) a niveles altos de severidad.

El segundo supuesto en la escala de Horsfall y Barratt es que al observar un objeto que consta de dos colores o formas, un evaluador se centra en el que es más pequeño en tamaño. En términos de evaluación de la enfermedad, esto significa que el ojo humano percibe el área enferma por debajo del 50% de severidad y el área sana por encima del 50% de severidad. Este segundo supuesto explica porque los intervalos de severidad decrecen alrededor del 50% en esta escala, hasta tener los mismos rangos de valores de la clase 0 en la clase 11.

### **1.13. Diagramas de severidad**

Un diagrama de severidad es una representación pictórica de ciertos niveles de severidad. Dichos niveles de severidad pueden corresponder a intervalos o clases de una escala de severidad. Dentro de sus utilidades encontramos la medición de la intensidad de la enfermedad y entrenar a potenciales evaluadores de una enfermedad; para elaborar un diagrama de severidad existen dos métodos, el método calibrado con base en escalas logarítmicas de severidad y el método arbitrario (Mora, 1997).

#### **1.13.1. Método calibrado con base en escalas logarítmicas de severidad**

Este método se basa en la determinación del valor máximo aproximado de la severidad, así como el número total de representaciones pictóricas que se desean para el rango de severidad de la enfermedad; de esta forma se selecciona el porcentaje de severidad que se desea representar pictóricamente con base en una escala logarítmica, para luego coleccionar tejido vegetal con un amplio rango de tamaño y severidad, el propósito es obtener los prototipos deseados para elaborar el diagrama y así estimar el porcentaje en base al área del tejido total, el cual se puede determinar por medio de video-imágenes o software para la medición de enfermedades; obtenidos los prototipos previamente determinados se procede a

elaborar el diagrama que debe ser validado para comprobar su exactitud, precisión, reproducibilidad, eficiencia y economía de la escala elaborada (Mora, 1997).

### **1.13.2. Método arbitrario**

Este método es similar al previamente descrito con la diferencia que no se usa una escala logarítmica para seleccionar la severidad a representar en el diagrama. El diagrama de severidad se elabora en base a prototipos determinados arbitrariamente dentro del rango probable de severidad de la enfermedad.

Las mediciones de enfermedades son de gran utilidad para diferentes objetivos tales como estudios epidemiológicos, además de la evaluación de efectividad biológica de agroquímicos y otros compuestos tales como los fosfitos de potasio. Las principales variables a evaluar en un estudio epidemiológico son la incidencia y severidad de la enfermedad; para facilitar la medición en campo de estas variables se han desarrollado metodologías como el uso de escalas logarítmicas de severidad, que son flexibles para propósitos analíticos, aunque no todas las escalas son logarítmicas, estas pueden ser aproximadamente lineales o totalmente arbitrarias (Van Schoonhoven y Pastor, 1987); además estas escalas son apropiadas para enfermedades no sistémicas facilitando la evaluación en campo y disminuyen el grado de error (Mora, 1997).

### **1.14. Compuestos de fosfonatos**

Los fosfonatos son compuestos que poseen muchas de las cualidades deseables por cualquier pesticida, incluyendo el bajo riesgo en términos de seguridad humana e impacto ambiental y son los únicos fungicidas que se translocan a través de toda la planta; una vez dentro de los tejidos de las plantas, los fosfonatos se transportan simplásticamente (hacia arriba y hacia abajo) a través de las células con los protoplastos, incluyendo las células del floema, estos compuestos se mueven con los azúcares producidos en las células del mesófilo esto quiere decir que se mueve de áreas con alta concentración de azúcares (hojas maduras) a zonas de baja

concentración de azúcares (raíces y hojas nuevas). Los fosfonatos han demostrado movimiento significativo hacia abajo en las raíces de las plantas, este grupo tiene un complejo modo de acción en los patógenos sensibles, interfiriendo con el metabolismo del fosfato y la inhibición de una o más enzimas en la ruta metabólica que genera energía a través de la descomposición de glucosa. Estudios sugieren que los fosfonatos tienen efectos indirectos en los patógenos mediante la activación de las defensas naturales de las plantas hospedadoras reaccionando así ante la invasión de patógenos mediante la producción de sus propios compuestos antibióticos (fitoalexinas) al igual que los cultivares resistentes (Latin, 2011).

#### **1.14.1. Fosfitos**

El fósforo (P) es un elemento esencial requerido por todos los organismos vivos, el P en forma elemental no aparece en la naturaleza porque es muy reactivo, se combina rápidamente con otros elementos como oxígeno (O) e hidrógeno (H). Cuando se oxida completamente, el P se une con cuatro átomos de O para formar la conocida molécula de fosfato. Sin embargo, cuando no se oxida completamente un átomo de H ocupa el lugar del O y la molécula resultante se denomina fosfito. Este aparentemente simple cambio en la estructura molecular causa diferencias significativas que influyen la solubilidad relativa del material y afectan la absorción y metabolismo de las plantas (Lovatt & Mikkelsen, 2006).

#### **1.14.2. Modo de acción de los fosfitos**

El interés por los fosfitos se basa en su acción fungicida, la primera demostración de esta acción se dio por un producto comercial (sal de fosfanato de aluminio denominada Fosetyl-Al) ya que se mueve desde las hojas hacia las raíces por el floema en forma de fosfito y proporciona control de algunas enfermedades radiculares. Se ha demostrado también que, el fosfito en las raíces inhibe el hongo *Phytophthora* ssp. y también estimula los sistemas de defensa de las plantas contra patógenos; de igual forma los fosfitos pueden controlar especies específicas de *Oomicetos* pero tienen poco efecto en la mayoría de los hongos. Aunque, estudios recientes demuestran que los fosfitos tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de

hongos verdaderos patogénicos tales como *Penicillium expansum* (Amiri, 2011), *Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani* (Lobato, 2010), ya que tienen la habilidad de estimular la producción de metabolitos biológicamente activos dentro de la planta reduciendo la severidad de las enfermedades (Lovatt & Mikkelsen, 2006).

Además de ser inductores de resistencia en las plantas, existe controversia acerca de las propiedades fúngicas de los fosfitos, aunque existen algunas investigaciones que sugieren que los fosfitos no se comportan como los fungicidas normales, sin embargo, pueden tener una acción como fungicida cuando el catión que es combinado con el fosfito es tóxico para el patógeno como el fosfito de cobre; sin embargo, su comportamiento se asemeja más a los productos fungistáticos ya que se inhibe el desarrollo de los patógenos pero estos pueden desarrollarse tiempo después de las aplicaciones (Lobato *et al.*, 2010). Otros autores sugieren que los fosfitos actúan inhibiendo la fosforilación oxidativa en el metabolismo de los Oomycetes (McGrath, 2004), de igual forma diversos estudios demuestran que los fosfitos causan diversos desordenes en muchos procesos metabólicos tales como el crecimiento micelial y la inhibición de la esporulación (Lobato *et al.*, 2008; Lobato *et al.*, 2010).

### **1.14.3. Modo de acción del fosfito de potasio**

El complejo mecanismo de interacción entre planta-patógeno, incluye, la producción de proteasas y poligalacturonasas por parte del patógeno que degradan las paredes celulares de las plantas, como respuesta, las plantas sintetizan proteínas que son capaces de inhibir la actividad de las enzimas relacionadas con la degradación de la pared celular; las proteínas inhibidoras de las poligalacturonasas (PGIP), son proteínas asociadas con la pared celular y actúan como proteínas de defensa al inhibir las poligalacturonasas de los patógenos y pueden entonces activar las defensas de las plantas mediante la liberación de residuos de oligogalacturonasas (Di Mateo *et al.*, 2003), estudios recientes demuestran que la aplicación de fosfitos de potasio incrementa la actividad de PGIP en tejidos afectados (Olivieri *et al.*, 2012), además, el anión fosfito ( $H_2PO_3$ ), es el responsable de inhibir la esporulación,

penetración y crecimiento del micelio del hongo en el tejido vegetal. De igual forma se especula que los fosfitos de potasio activan los mecanismos de inhibición de proteasas (Pis), que al igual que los PGIP pueden inhibir la actividad enzimática del patógeno (Olivieri *et al.*, 2012). Estudios recientes, revelan que el contenido de pectina en la pared celular se incrementa con la aplicación de fosfitos de potasio, además en tejidos afectados se observa un incremento en el contenido de pectina lo cual se asocia con un reforzamiento de la estructura peptídica (Olivieri *et al.*, 2012).

## 2. JUSTIFICACIÓN

El uso de plaguicidas químicos, con sus beneficios y sus efectos colaterales adversos, se ha convertido en un problema técnico en todo el mundo; el gran número de compuestos que se utilizan actualmente, la falta de control y registros adecuados, y la poca comprensión de sus efectos colaterales, reflejan el hecho de que los productos agroquímicos, al igual que otras sustancias químicas de origen industrial, se han usado en cantidades elevadas con base en las necesidades de los productores (Arata,1983). A pesar de su alto costo, la aplicación indiscriminada y sin control de los plaguicidas, causan daños al medio ambiente, deterioro de la flora y fauna silvestre, y la contaminación de suelos, mantos freáticos y aguas superficiales, además de causar resistencia en las plagas y enfermedades; aunado, por sus características de bioacumulación y movilidad a través de las cadenas alimenticias, algunos plaguicidas pueden llegar al hombre y ocasionar daños a su salud, por lo cual es importante impulsar nuevas alternativas de control que puedan formar parte del manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) (SEDAGRO, 2005).

Uno de los éxitos de *P. sparsa* ha sido que sus requerimientos ambientales oscilan entre 15 y 20 °C durante el proceso de infección y de 20 a 25 °C para la colonización del patógeno (Aegerter *et al.*, 2002), las cuales son similares a las requeridas por el cultivo de rosa, siendo esto un problema para su control, además de que incrementa su intensidad durante la época de lluvia; ya que las condiciones de humedad superiores al 85% requeridas por este patógeno son las que prevalecen en esta época.

Los daños que causa *Peronospora sparsa* en follaje nuevo y tallos florales genera pérdidas que van del 50 hasta 100% de la producción del cultivo de rosa en la región sur del Estado de México (García *et al.*, 2011), el uso continuo de fungicidas y única alternativa actual para su control además de una alta presión del patógeno en el ambiente, ha dificultado su manejo en los últimos años.

Con el fin de proponer una nueva alternativa para el manejo de *Peronospora sparsa* este trabajo tuvo el propósito de evaluar el efecto de la aplicación del fosfito de potasio utilizando como fuente a FosfiMAX® 40-20.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Conocer el efecto de la aplicación de FosfiMAX® 40-20 para el manejo de *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa en invernadero.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la efectividad biológica de dos dosis del producto FosfiMAX® 40-20 en el control de *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa bajo invernadero.
- Comparar la efectividad biológica de FosfiMAX® 40-20 contra otro producto comercial usado en la región para el control de *Peronospora sparsa*.
- Evaluar los posibles efectos de fitotoxicidad del producto FosfiMAX® 40-20 en el control de *Peronospora sparsa*.

### 4. HIPÓTESIS

La intensidad de la enfermedad causada por *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa en invernadero puede ser disminuida realizando aplicaciones continuas del fosfito de potasio (FosfiMAX® 40-20) a través de la activación de los mecanismos de defensa naturales de las plantas y de la acción directa como fungicida sobre el patógeno.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el invernadero de rosa para investigación en el Centro Universitario UAEM Tenancingo. Ubicado en el municipio de Tenancingo uno de los tres municipios más representativos en superficie y producción de rosa en la zona sur del Estado de México.

### 5.1. Manejo del cultivo e inducción de brotes

El cultivo de rosa en el cual se desarrolló la presente investigación fue en la variedad Bingo White, variedad desarrollada por la casa hibridadora Meilland, con las siguientes características; flores compuestas de 48 y 52 pétalos, con hojas de color verde oscuro, con una vida florero promedio de 12 días, con una productividad de 180 a 200 tallos florales por m<sup>2</sup>/año y una longitud de tallo de 70/80 cm (Meilland, 2011). El cultivo de un año de plantación, se encontró sembrado a una hilera a distancia de 8 cm entre plantas lo que implica una densidad de plantación de 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>. La plantación cuenta con sistema de riego por goteo de doble cintilla por cama con gotero auto compensado, además de un sistema de micro aspersion en la parte superior del invernadero.

La fertilización se proporcionó semanalmente vía sistema de riego cubriendo las necesidades de la planta (Cuadro 1) de acuerdo a previo análisis de suelo. Se realizó una aplicación del insecticida benzoato de emamectina (Proclaim® 5 SG) para el control de pulgón a una dosis de 0.15 gr L<sup>-1</sup>, en doscientos litros de agua.

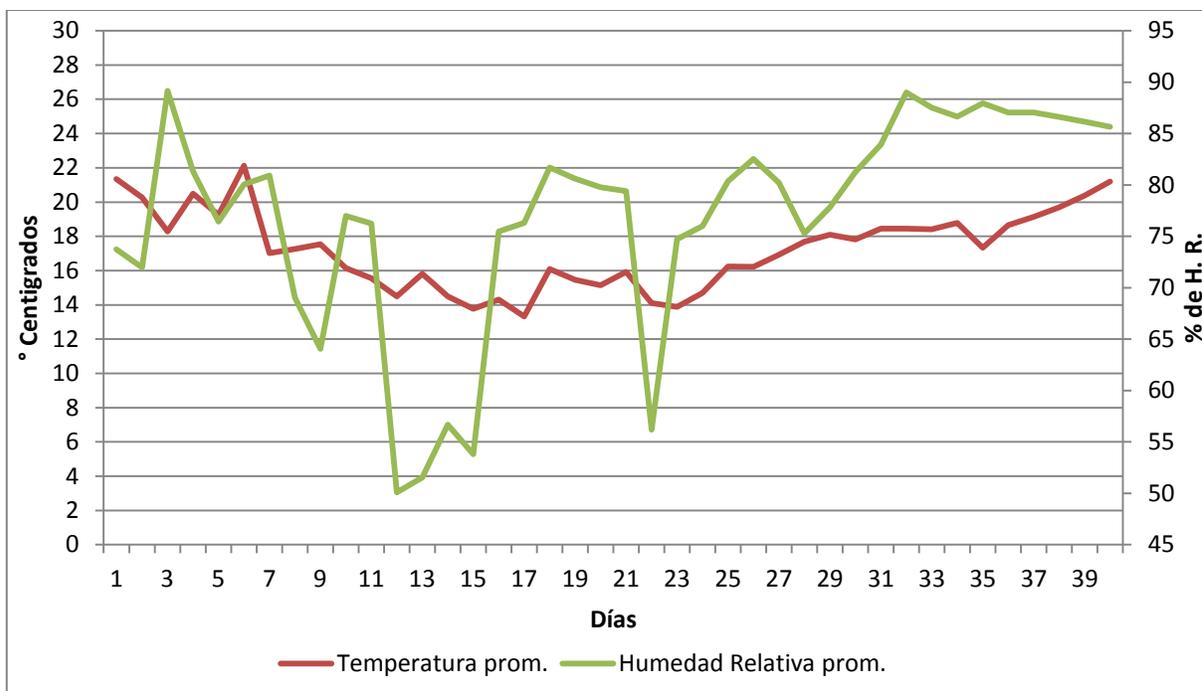
Para inducir a una brotación homogénea se realizó una poda estipular con lo que se obtuvieron brotes nuevos de una sola edad, ya que para los objetivos de esta investigación se requerían tallos jóvenes debido al comportamiento del patógeno *Peronospora sparsa*.

**Cuadro 1.** Formulación correspondiente a la fertirrigación semanal para el invernadero de rosa.

<b>Fuente (Fertilizantes)</b>	<b>Dosis para 100 L de agua</b>	<b>Tipo</b>
Fertigro	100 mL	Fertirriego
Fosfonitrato	200 g	Fertirriego
Nitro – K – Sul	200 g	Fertirriego
Calcinit	1 kg	Fertirriego

### 5.2. Inducción del desarrollo de *P. sparsa* en el cultivo de rosa

Con la poda estipular que se dio al cultivo se obtuvieron brotes homogéneos, y, una vez que alcanzaron una altura de aproximadamente 15 cm se procedió a inducir la manifestación de *Peronospra esparsa*, mediante el manejo de los factores ambientales del invernadero, propiciando las condiciones favorables para el desarrollo y colonización del patógeno; para lo cual, durante los cinco días subsecuentes a la primera aplicación de los tratamientos se realizaron riegos pesados con el sistema de goteo en camas, así mismo se efectuaron riegos rodados en pasillos y nebulizaciones, las ventilas del invernadero fueron cerradas por la noche y abiertas durante el día, con este manejo se logró mantener temperaturas durante el día y noche de 22 °C y HR superior al 85% (Figura 4). Ya que de acuerdo a Aegerter *et al.* (2002), las condiciones óptimas para el proceso de infección y colonización de *P. sparsa* van 15-20 °C y de 20-25 °C respectivamente con una humedad relativa del 85%, además de una lámina de agua sobre las hojas.



**Figura 4.** Promedio diario de Temperatura y Humedad relativa en invernadero registrada durante el periodo de estudio.

### 5.3. Tratamientos a evaluar

Se evaluaron cuatro tratamientos, para el tratamiento uno y dos se utilizó el producto comercial FosfiMAX® 40-20 el cual está compuesto por anhídrido fosfórico ( $P_2O_5$ ) al 40.05% y óxido de potasio ( $K_2O$ ) al 19.27%, para el tratamiento tres se utilizó un fungicida de contacto (K3®) el cual está compuesto por cimoxanil al 8%, hidróxido de cobre al 13.82% y mancozeb al 50%. Los tratamientos fueron los siguientes: **T1:** FosfiMAX® 40-20 a  $1 \text{ mL L}^{-1}$  de agua; **T2:** FosfiMAX® 40-20 a  $2.5 \text{ mL L}^{-1}$ ; **T3:** Fungicida de contacto (K3®) a  $0.8 \text{ gr L}^{-1}$  y **T4:** Testigo absoluto; a cada tratamiento excepto el T4 se le adicionó un coadyuvante "tensoactivos no iónicos 29.9%, dioctil sulfo succinato 2.3% y diluyentes y acondicionadores 67.8%" (Trionex®) a una dosis de  $1 \text{ mL L}^{-1}$ . Se realizaron 6 aplicaciones cada 5 días hasta formación de botón floral; las aplicaciones se realizaron con parihuela Honda de 1 H.P. con lanza de fumigación y corona de 5 boquillas de cono hueco, el equipo de fumigación se calibró a un gasto de  $2000 \text{ L ha}^{-1}$  por lo cual las aplicaciones se realizaron con 5 L de agua por tratamiento; la manguera de fumigación fue lavada entre tratamientos con

agua de riego. Las aplicaciones se realizaron por la tarde entre las 16:00 y 17:00 horas, para cubrir el total de las plantas tratadas se aplicó desde la base de la planta hasta alcanzar el estrato alto por ambos lados de la cama.

Se reguló el pH del agua para las aplicaciones, partiendo de un pH de 7.2 tomándolo de la fuente del agua de riego, cuando se adiciono el coadyuvante Trionex el pH del agua fue de 7.4, al adicionar las dosis respectivas de FosfiMAX® 40-20 el pH de la solución quedo de la siguiente manera T1= 5.0, T2= 3.2 Y T3= 6.8.

#### **5.4. Diseño experimental**

Para el caso de las variables incidencia y severidad se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones siendo en total fueron 16 unidades experimentales, distribuidas en cuatro bloques (Cuadro 2). En el caso de incidencia la unidad experimental consistió de parcelas de 4 m de largo x 0.70 m de ancho con 50 plantas de rosa de la variedad Bingo White, considerada como susceptible a *Peronospora sparsa*. La parcela útil fue de 20 plantas ubicadas en el centro de la unidad experimental dejando 15 plantas en cada extremo para evitar error de mediciones por traslape de las aplicaciones; las 20 plantas de la parcela útil fueron etiquetadas para la medición de incidencia. En el caso de severidad se consideró como unidad de muestreo la parcela útil utilizada en la medición de incidencia; en la unidad de muestreo, se etiquetaron al azar cinco brotes nuevos, de aproximadamente 15 cm. de los cuales se muestreaban folíolos representativos siendo estos últimos la unidad experimental. Para las variables de incidencia de *B. cinerea* y producción se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, cada unidad experimental consto de 50 plantas de rosa de la variedad Bingo White, para la variable de incidencia de *B. cinerea* se realizaron mediciones sobre el número total de botones florales producidos después de las aplicaciones.

**Cuadro 2.** Distribución de bloques y tratamientos en campo de la variedad Bingo White

I	II	III	IV
T4	T2	T2	T1
T2	T4	T3	T2
T3	T1	T4	T4
T1	T3	T1	T3

Numéros romanos = Bloques  
 Números arábigos = Tratamientos

### 5.5. Variables a evaluar

La efectividad biológica del producto fue evaluada mediante las variables incidencia y severidad de la enfermedad causada por *Peronospora sparsa*; adicionalmente, se evaluó la incidencia de *Botrytis cinerea* en botones florales y el rendimiento del cultivo al final del experimento.

#### 5.5.1. Severidad

Se realizó una preevaluación antes de la primera aplicación y posteriormente se realizaron evaluaciones cada tercer día, se tomaron muestras de los cinco brotes seleccionados y se trasladaron en cajas Petri individuales por tratamiento al laboratorio de fitopatología del Centro Universitario UAEM Tenancingo, las muestras constaron de cinco folíolos, tomados de cinco hojas verdaderas representativas del estado general de la enfermedad en cada parcela útil; las cuales se cortaron con pinzas de disección (20 hojas por tratamiento), posteriormente en laboratorio se escaneó su envés y el material digitalizado fue analizado mediante el software APS Assess 2.0 (2008), utilizado para la medición de enfermedades en plantas; con el fin de conocer el área foliar afectada, APS Assess 2.0 es una aplicación de los

existentes algoritmos para análisis de imágenes utilizado para la medición de enfermedades.

Con la información obtenida de APS Assess 2.0 se procedió a realizar una base de datos recolectando la información de severidad desde la primera muestra hasta la última.

### **5.5.2. Incidencia**

La incidencia de la enfermedad fue evaluada en el mismo intervalo de tiempo que la severidad. Por cada unidad experimental se evaluaron las veinte plantas que se encontraban etiquetadas, la incidencia fue medida visualmente contabilizando los tallos del estrato alto de la planta que tenían hojas con los síntomas típicos de *Peronospora sparsa*; los cuales se visualizan sobre el haz de las hojas como manchas irregulares de color rojizo púrpura a pardo-oscuro, las cuales se rodean de un halo clorótico (Horst & Cloyd, 2007). Los datos fueron tabulados en una base de datos de una hoja de Excel para su análisis.

### **5.5.3. Producción**

Al alcanzar el punto de corte los tallos florales de las plantas que fueron sometidas a los tratamientos fueron cortados y contabilizados durante dos semanas consecutivas. Los parámetros que se tomaron en cuenta para considerar tallos comerciables fueron tallos florales mayores de 40 cm con botones florales libres de manchas causadas por maltrato.

### **5.5.4. Incidencia de *Botrytis cinerea***

Para cada tratamiento se contabilizaron los tallos florales con síntomas visuales de *Botrytis cinerea* y se calculó el porcentaje de afectación en base a los tallos florales que cumplían los parámetros mencionados en la variable rendimiento, los síntomas de *B. cinerea* se visualizan sobre los pétalos como pequeñas manchas de color rojo - púrpura (Bañón *et al.*, 1993). El testigo absoluto no tuvo tallos productivos al término del experimento por lo cual se excluyó del análisis estadístico.

## 5.6. Análisis de datos

Los datos de incidencia y severidad de *Peronospora sparsa*, el rendimiento y la incidencia de *Botrytis cinerea* fueron analizados en un diseño experimental de bloques completos al azar. Los datos fueron sometidos a un ANOVA y cuando se encontró diferencia estadística, estos fueron contrastados mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), con el paquete de estadístico infostat, y se calculó la efectividad biológica 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.

Para cada muestreo también fue evaluada la posible fitotoxicidad en cada uno de los tratamientos mediante la escala propuesta por la European Weed Research Society (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Escala porcentual propuesta por la European Weed Research Society, para evaluar fitotoxicidad en el cultivo.

EFFECTOS SOBRE CULTIVO	(%) DE FITOTOXICIDAD
Sin efecto	0.0 - 1.0
Síntomas muy ligeros	1.1 - 3.5
Síntomas ligeros	3.6 - 7.0
Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	7.1 - 12.5**
Daño medio	12.6 - 20.0
Daños elevados	20.1 - 30.0
Daños muy elevados	30.1 - 50.0
Daños severos	50.1 - 99.0
Muerte completa	99.1 - 100

Transformación de la escala porcentual logarítmica de la EWRS a escala porcentual.

\*\* Limite de aceptabilidad.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Síntomas de *Peronospora sparsa*

Los primeros síntomas de *P. sparsa* se presentaron en hojas jóvenes, mostrando machas de color púrpura en el haz de la hoja, además fue visible en el envés de la hoja el signo de la enfermedad que consistió de micelio color grisáceo el cual está conformado por esporangios y esporangioforos (Horst & Cloyd, 2007) generando la apariencia característica de los mildes vellosos.

### 6.2. Severidad y efectividad biológica

La primera evaluación (preevaluación) y segunda indicaron que las plantas de rosa var. Bingo white no manifestaban síntomas ni signos de la enfermedad ocasionado por *Peronospora sparsa*, fue hasta la tercera evaluación (seis días después de la primera aplicación) cuando se manifestaron los síntomas y signos de este patógeno; el análisis de varianza de los datos obtenidos reflejaron una diferencia significativa, en la separación de medias, se obtuvo que T2 que correspondió a FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> presentó una severidad de 0.83% mientras que este mismo producto (T1) a dosis de 1 mL L<sup>-1</sup> la severidad fue del 3.73% en tanto que T3 (mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil) y el testigo absoluto (T4) tuvieron valores de severidad del 4.62% y 5.22% respectivamente (Tabla 1).

En la quinta evaluación, la severidad incrementó en todos los tratamientos; sin embargo, el tratamiento dos (FosfiMAX® 40-20 a 2.5 mL L<sup>-1</sup>) fue el de menor grado de severidad obteniendo un valor de 1.07% alcanzando así una efectividad biológica de 97.31% siendo la más alta de los tratamientos para esta, mientras que en este mismo producto a dosis de 1.0 mL L<sup>-1</sup> (T1) la severidad fue del 4.87% con una efectividad sobre el patógeno del 87.77%, en tanto que el tratamiento con mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil (T3) la severidad desarrollada fue del 33.7% lo que arrojó una escasa efectividad del producto hacia el patógeno de apenas el 15.37%, para el caso del testigo absoluto la severidad desarrollada fue del 39.82% (Tablas 1 y 2).

La séptima evaluación fue realizada tras la cuarta aplicación de los tratamientos, los datos de severidad indicaron diferencia estadística entre cada uno de los tratamientos, donde, el tratamiento cuatro (Testigo absoluto) registró un incremento abrupto de severidad del 81.07%, cuando para el caso de los tratamientos T2 y T1 apenas fue del 1.48 y 6.48% respectivamente, lo que significó en efectividad biológica del 98.24 y 92.18% para FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 y 1.0 mL L<sup>-1</sup> respectivamente (Tablas 1 y 2).

Después de haber realizado la quinta aplicación de los tratamientos en la novena evaluación los datos indicaron que la severidad siguió incrementando en los cuatro tratamientos con respecto a las evaluaciones anteriores, así que para T1 y T2 el grado de enfermedad causado por *Peronospora sparsa* fue de 4.42 y 19.29% respectivamente mientras que para T3 (mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil) fue del 68.01%, porcentaje no muy lejano del 85.41% registrado en el testigo absoluto. Este grado de daño en T4 fue tan alto en relación al tratamiento de FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> que la efectividad del producto fue calculada en un 94.82%, mientras que a dosis de 1.0 mL L<sup>-1</sup> de este mismo producto fue del 77.41% y para T3 de apenas el 20.37% de efectividad, aunque para esta fecha de manera general la efectividad de los tres tratamientos con los productos la efectividad empezó a disminuir (Tablas 1 y 2).

Después de la última aplicación (seis aplicaciones) se realizaron tres postevaluaciones (10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup> y 12<sup>a</sup>) en las cuales se observó que la severidad siguió incrementando de manera drástica en T1 que correspondió al producto FosfiMAX® 40-20 a dosis de 1.0 mL L<sup>-1</sup> el incremento en este tratamiento fue de 17 - 20% en cada fecha de postevaluación, en tanto que FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> el incremento del grado de la enfermedad fue mínima de apenas 0.8 – 0.9%, para los casos de los tratamientos T3 y T4 la severidad en la última postevaluación fue del 81.1 y 95.19% respectivamente (Cuadro 1). Respecto a la efectividad biológica los datos indicaron que de manera general esta fue disminuyendo quedando en la 12<sup>a</sup> evaluación con el 28.29% para FosfiMAX® 40-20 a dosis de 1.0 mL L<sup>-1</sup> y para K3® (mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil) apenas con el 14.80%; sin embargo, el

producto FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> la efectividad se mantuvo en un 93.43% (Tabla 2).

**Tabla 1.** Medias del porcentaje de severidad causada por *Peronospora sparsa* el cultivo de rosa Var. Bingo White.

Trat.	% de severidad											
	Evaluaciones											
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
<b>T1</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	3.73 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.87 <sup>b</sup>	5.47 <sup>b</sup>	6.34 <sup>b</sup>	11.66 <sup>b</sup>	19.29 <sup>b</sup>	30.27 <sup>b</sup>	50.69 <sup>b</sup>	68.26 <sup>b</sup>
<b>T2</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.83 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>	1.07 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	2.82 <sup>a</sup>	4.42 <sup>a</sup>	4.43 <sup>a</sup>	5.32 <sup>a</sup>	6.25 <sup>a</sup>
<b>T3</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	4.62 <sup>bc</sup>	18.43 <sup>c</sup>	33.7 <sup>c</sup>	43.74 <sup>c</sup>	56.96 <sup>c</sup>	64.01 <sup>c</sup>	68.01 <sup>c</sup>	71.88 <sup>c</sup>	77.92 <sup>c</sup>	81.1 <sup>c</sup>
<b>T4</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	5.22 <sup>c</sup>	23.8 <sup>d</sup>	39.82 <sup>d</sup>	58.34 <sup>d</sup>	81.07 <sup>d</sup>	82.49 <sup>d</sup>	85.41 <sup>d</sup>	88.61 <sup>d</sup>	90.36 <sup>d</sup>	95.19 <sup>d</sup>

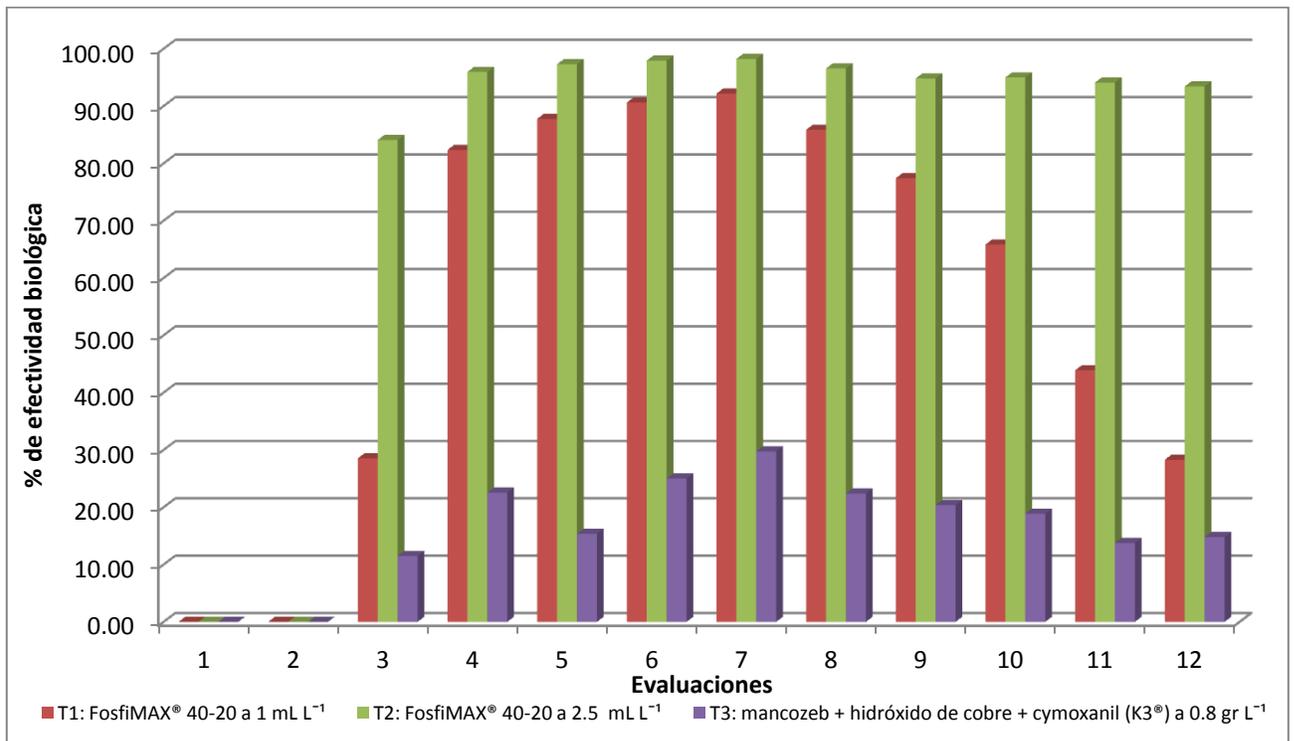
\*Literales diferentes dentro de columnas implican diferencia significativa  $P > 0.05$  mediante prueba de tukey.  
**T1:** FosfiMAX® 40-20 a 20 1.0 mL L<sup>-1</sup>; **T2:** FosfiMAX® 40-20 a 2.5 mL L<sup>-1</sup>; **T3:** K3® (mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil) a 0.8 gr L<sup>-1</sup>; **T4:** Testigo absoluto

**Tabla 2.** Efectividad biológica de FosfiMAX® 40-20 y mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil sobre *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa Var. Bingo White.

Trat.	Efectividad Biológica											
	Evaluaciones											
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
<b>T1</b>	--	--	28.54	82.35	87.77	90.62	92.18	85.86	77.41	65.84	43.90	28.29
<b>T2</b>	--	--	84.10	95.97	97.31	97.94	98.24	96.58	94.82	95.00	94.11	93.43
<b>T3</b>	--	--	11.49	22.56	15.37	25.03	29.74	22.40	20.37	18.88	13.77	14.80
<b>T4</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**T1:** FosfiMAX® 40-20 a 1.0 mL L<sup>-1</sup>; **T2:** FosfiMAX® 40-20 a 2.5 mL L<sup>-1</sup>; **T3:** K3® (mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil) a 0.8 gr L<sup>-1</sup>; **T4:** Testigo absoluto

De manera gráfica se observa que FosfiMAX® 40-20 a dosis de 1.0 y 2.5 mL L<sup>-1</sup> mostraron una alta efectividad biológica para *P. sparsa* que fue superior al 80% tan solo después de dos aplicaciones del producto, efectividad que fue incrementando en las siguientes tres evaluaciones (5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup>); sin embargo, de manera general a partir de la octava evaluación la efectividad fue disminuyendo, siendo más evidente en T1 (FosfiMAX® 40-20 a 1.0 mL L<sup>-1</sup>) en tanto que T2 se mantuvo por arriba del 90% durante el resto de evaluaciones, para el caso del tratamiento con el fungicida de contacto no se alcanzó ni el 30% de efectividad durante todo el periodo de estudio (Figura, 5).



**Figura 5.** Porcentaje de efectividad biológica de FosfiMAX® 40-20 y mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil sobre *P. sparsa* en rosa.

### 6.3. Incidencia

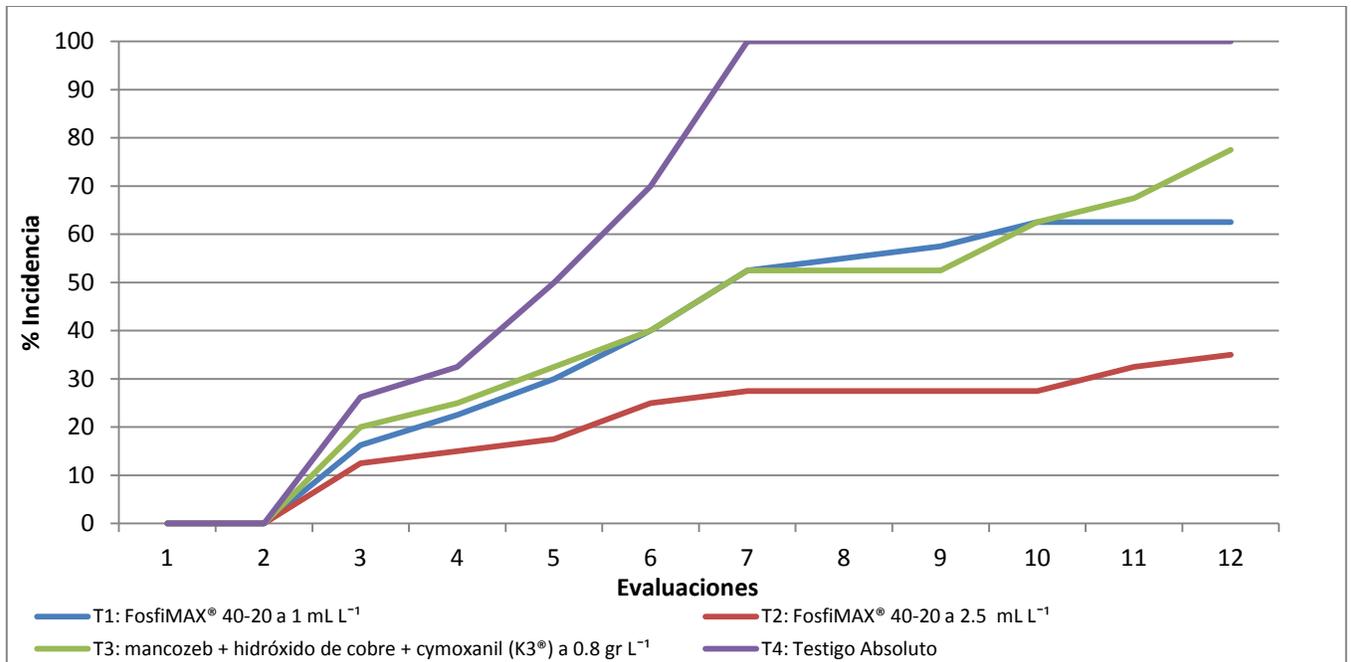
Considerando que los productos evaluados en este estudio son de acción preventiva hacia *Peronospora sparsa*, las aplicaciones se iniciaron antes de manifestarse los primeros síntomas de la enfermedad como se observa en la primera y segunda evaluación. Fue, hasta la tercera evaluación cuando se registraron los primeros síntomas en un rango de 12.5 a 26.25% siendo la menor incidencia (12.5%) en el tratamiento con FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> y la mayor (26.25%) en el testigo absoluto; el incremento de la enfermedad en la población de plantas muestreadas fue en aumento a través del tiempo, de manera paulatina en el tratamiento dos, pero no así para el resto de tratamientos siendo más drástico en el testigo absoluto donde a partir de la 5<sup>a</sup> evaluación alcanzó el 50% de plantas enfermas y seis días después (7<sup>a</sup> evaluación) presentaba el 100% de plantas enfermas en tanto que para el tratamiento con FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> apenas registraba el 27.5%, para los tratamientos T1 y T3 la incidencia registrada fue del 52.5% en ambos casos. En la última postevaluación se observó que el tratamiento dos fue el que mantuvo el nivel más bajo de la población de plantas con síntomas seguido del tratamiento dos y tres con el 62.5 y 77.5% (Tabla 3, Figura 6).

**Tabla 3.** Comparación del comportamiento de la incidencia de *P. sparsa* en rosa Var. Bingo White.

Trat.	% de incidencia											
	Evaluaciones											
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
<b>T1</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	16.25 <sup>ab</sup>	22.5 <sup>ab</sup>	30 <sup>ab</sup>	40 <sup>ab</sup>	52.5 <sup>ab</sup>	55 <sup>ab</sup>	57.5 <sup>ab</sup>	62.5 <sup>ab</sup>	62.5 <sup>ab</sup>	62.5 <sup>ab</sup>
<b>T2</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	17.5 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	32.5 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>
<b>T3</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	20 <sup>ab</sup>	25 <sup>ab</sup>	32.5 <sup>ab</sup>	40 <sup>ab</sup>	52.5 <sup>ab</sup>	52.5 <sup>ab</sup>	52.5 <sup>ab</sup>	62.5 <sup>ab</sup>	67.5 <sup>ab</sup>	77.5 <sup>ab</sup>
<b>T4</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	26.25 <sup>b</sup>	32.5 <sup>b</sup>	50 <sup>b</sup>	70 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>

\*Literales diferentes dentro de columnas implican diferencia significativa  $p > 0.05$  mediante prueba de tukey, a partir de datos transformados arco seno.

**T1:** FosfiMAX® 40-20 a 1.0 mL L<sup>-1</sup>; **T2:** FosfiMAX® 40-20 a 2.5 mL L<sup>-1</sup>; **T3:** K3® (mancozeb + hidroxido de cobre + cymoxanil) a 0.8 gr L<sup>-1</sup>; **T4:** Testigo absoluto



**Figura 6.** Comportamiento de la incidencia de *P. sparsa* en cultivo de rosa Var. Bingo White.

#### 6.4. Producción

Teniendo en cuenta que el fosfito de potasio (FosfiMAX® 40-20) además de presentar acción fungistática es considerado como un fertilizante, se evaluó el rendimiento promedio de la producción en los tratamientos siendo evidente que T3 como consecuencia de su baja efectividad biológica sobre el patógeno el número de tallos fue bajo, además que por la naturaleza del producto no se esperaba incremento de tallos florales, en el caso del testigo absoluto (T4) no se registraron tallos florales por la devastación del patógeno. Sin embargo, es evidente que en los tratamientos con FosfiMAX® 40-20 a dosis de 1.0 y 2.5 mL L<sup>-1</sup> se registraron tallos florales que cumplían con las características deseables para el mercado, pero fue la dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> (T2) que produjo en cada fecha de corte el mayor número de tallos y aunque estadísticamente no fue diferente al rendimiento de T1 los números indican una diferencia biológica en cuanto a número de tallos se refiere por corte (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tallos florales promedio con calidad para mercado producidos por tratamiento.

Tratamiento	$\bar{X}$ de tallos florales		
	Cortes		
	1er (3 dda)	2do (7 dda)	3er (14 dda)
T1	27.25 <sup>ab</sup>	37 <sup>bc</sup>	55.75 <sup>b</sup>
T2	29 <sup>b</sup>	41.50 <sup>c</sup>	57.75 <sup>b</sup>
T3	10 <sup>ab</sup>	13 <sup>ab</sup>	12.5 <sup>a</sup>
T4	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>

\*Literales diferentes dentro de columnas implican diferencia significativa  $p > 0.05$  mediante prueba de tukey, a partir de datos transformados raíz( $x+0.5$ )

dda = días después de la última aplicación.

T1: FosfiMAX® 40-20 a 1.0 mL L<sup>-1</sup>; T2: FosfiMAX® 40-20 a 2.5 mL L<sup>-1</sup>; T3: K3® (mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil) a 0.8 gr L<sup>-1</sup>; T4: Testigo absoluto

### 6.5. Incidencia de *Botrytis cinerea*

Bajo la premisa que los tallos florales en los que se evaluó la incidencia de *B. cinerea* fueron los brotes que inicialmente recibieron los tratamientos y alcanzaron su desarrollo con características deseables para el mercado, se obtuvo que, el tratamiento con FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> la incidencia en el primer corte fue del 34% con este mismo producto pero a dosis de 1.0 mL L<sup>-1</sup> fue del 56% y 71% para el tratamiento con el fungicida mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil, en el segundo corte la incidencia incremento en los tres tratamientos (cuadro 5); mientras que para el último corte en el T3 el 100% de tallos presentaron daños por *B. cinerea*, en menor proporción fue en el T1 con 83% en tanto que FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> la incidencia solo alcanzo el 62% (Tabla 5).

**Tabla 5.** Porcentaje de botones florales de rosa var. Bingo White dañados por *Botrytis cinerea* por tratamiento, durante el periodo de corte.

Tratamiento	% de incidencia de <i>B. cinerea</i>		
	Cortes		
	1er (3 dda)	2do (7 dda)	3er (14 dda)
<b>T1</b>	56 <sup>a</sup>	75 <sup>a</sup>	83 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	34 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>
<b>T3</b>	71 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>

\*Literales diferentes dentro de columnas implican diferencia significativa  $p > 0.05$  mediante la prueba de tukey, a partir de datos transformados a arco seno.

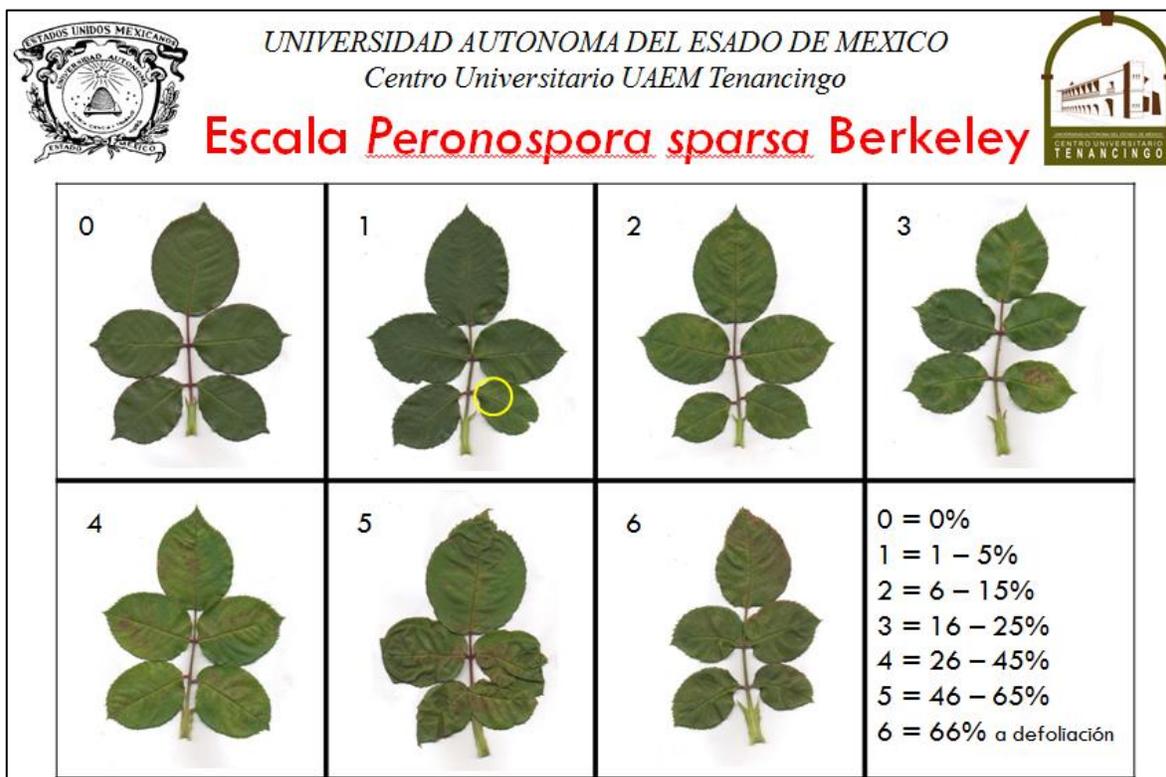
dda = días después de la última aplicación.

**T1:** FosfiMAX® 40-20 a 1.0 mL L<sup>-1</sup>; **T2:** FosfiMAX® 40-20 a 2.5 mL L<sup>-1</sup>; **T3:** K3® (mancozeb + hidróxido de cobre + cymoxanil ) a 0.8 gr L<sup>-1</sup>

### 6.6. Escala diagramática logarítmica de *P. sparsa*.

Aunque en este trabajo no se tuvo como objetivo generar una escala de clases, esta fue generada debido a la complejidad del manejo y procesamiento de los folíolos para la obtención de porcentajes de área foliar afectada por el método de la digitalización del material biológico y su análisis con el software APS Assess 2.0 (2008), por lo que se optó por generar esta escala arbitraria de clases con una representación pictórica como un método fácil de evaluación en campo para futuras investigaciones. La escala cuenta con 7 clases incluyendo el 0, donde 0 indica que no está presente la enfermedad (libre de síntomas) y 6 que los síntomas y/o daño en la hoja es mayor al 66% o defoliación (Figura 7).

**Figura 7.** Escala diagramática logarítmica de *P. sparsa* en rosa Var. Bingo White.



## 7. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que el fosfito de potasio (FosfiMAX® 40-20) tiene un efecto fungistático para *Peronospora sparsa* ya que las aplicaciones periódicas evitaron el establecimiento y desarrollo sobre el cultivo de rosa var. Bingo White, a pesar de ser un variedad susceptible a este patógeno, y haber obtenido las condiciones propicias para su desarrollo con temperaturas promedio diarias en un rango de 14 a 22 °C y Humedad Relativa del 68 al 80%, aunque la Humedad Relativa promedio diaria fue menor a la reportada en la literatura ya que de acuerdo Aegerter *et al.* (2002) la humedad relativa necesaria es alrededor del 85%, pero al parecer no fue un factor limitante para el establecimiento, colonización y desarrollo del patógeno, como se observó en el testigo absoluto al llegar a la defoliación total y como consecuencia pérdida del 100% de la producción, datos que coinciden con lo reportado por García *et al.* (2011), al señalar que *P. sparsa* llega a causar pérdida total de la producción si no se controla a tiempo. Por otra parte los datos en este estudio indican que son suficientes dos aplicaciones del producto FosfiMAX® 40-20 para darle protección inicial a las plantas de rosa ya que al momento de registrarse los primeros síntomas de la enfermedad se observó que en ambos tratamientos con FosfiMAX® 40-20 tanto la incidencia como la severidad fueron menores en relación al testigo absoluto y al tratamiento con fungicida (Tabla 1 y 3).

La aplicación periódica de FosfiMAX® 40-20 también permitió mantener niveles de incidencia y severidad menor al testigo absoluto y al tratamiento con fungicida después de la última aplicación (Tabla 1 y 3), lo cual refleja un efecto de protección prolongada en la planta, esto puede deberse principalmente a que el fosfito de potasio tiene una gran movilidad acropetala y basipetala en la planta permitiendo proteger brotes nuevos tiempo después de las aplicaciones (Latin, 2011), este beneficio no lo ofreció el tratamiento con el fungicida de contacto, por lo cual, el uso de FosfiMAX® 40-20 podría representar un ahorro económico para el productor, además por su composición no es considerado un fungicida como tal, por lo cual, no

tiene un grado toxicológico siendo una alternativa segura para la salud humana con un bajo impacto al ambiente.

El fungicida de contacto no logró detener la invasión y colonización del patógeno, por lo que se registró una alta incidencia y severidad alcanzando tan solo el 29.74% de efectividad biológica en la séptima evaluación (Tablas 1, 2 y 3); este bajo porcentaje de control pudo darse debido a que cymoxanil, aunque penetra rápidamente en el hospedante, no se transloca y pierde rápidamente su actividad fungicida (Mendoza, 2002); en el caso del mancozeb, si bien presenta una acción multisitio, es un fungicida preventivo de contacto (De Liñan, 2012), por lo cual podría haber tenido una acción de protección menor al periodo entre aplicaciones (cinco días), cabe destacar que el presente estudio se realizó en un invernadero plantado con cuatro diferentes variedades de rosa las cuales no fueron tratadas para *Peronospora sparsa*, y, al igual que el testigo absoluto se enfermaron generando una alta presión del patógeno, lo cual pudo disminuir la efectividad del tratamiento con el fungicida.

FosfiMAX® 40-20 no solo fue capaz de controlar la infección y colonización de *P. sparsa* sino que también aumentó la producción de tallos florales; ya que al ser un fertilizante con un alto contenido de fósforo (40.05%) y rico en potasio (19.27%) (De Liñan, 2012), logró estimular la emisión de nuevos botones florales aunado con un área foliar sana que permitió el desarrollo de los nuevos botones florales, esto representa una ventaja más ante los fungicidas convencionales, obteniendo así más beneficios en un solo producto, lo que para el productor podría representar un ahorro en sus costos de producción. De igual forma *P. sparsa* demostró ser una enfermedad muy agresiva que puede causar la pérdida del 100% de la producción, esto concuerda con lo dicho por García *et al.* (2011).

Aunque la literatura no menciona que los fosfitos tengan algún efecto en el control de *B. cinerea*, existen algunas publicaciones que destacan el efecto de los fosfitos contra los hongos verdaderos tales como *Penicillium expansum* (Amiri, 2011), *Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani* (Lobato, 2010), en esta investigación

FosfiMAX® 40-20 mantuvo una incidencia menor de *B. cinerea* comparado con el testigo absoluto y el tratamiento con fungicida (Cuadro 5); esto pudo ser debido a que el sistema de infección de *B. cinerea* es similar al de *P. sparsa* siendo los dos dependientes de la producción de enzimas como las proteasas y poligalacturonasas para llevar a cabo su infección (Di Mateo *et al.*, 2003), las cuales son inhibidas tras la aplicación de fosfitos (Olivieri *et al.*, 2012).

## 8. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que el producto FosfiMAX® 40-20 presentó una acción fungistática para el control de *Peronospora sparsa* en el cultivo de rosa Var. Bingo White en invernadero.

El producto FosfiMAX® 40-20 a dosis de 2.5 mL L<sup>-1</sup> obtuvo el mayor porcentaje de control sobre *Peronospora sparsa* con un promedio de 94.75% de efectividad biológica.

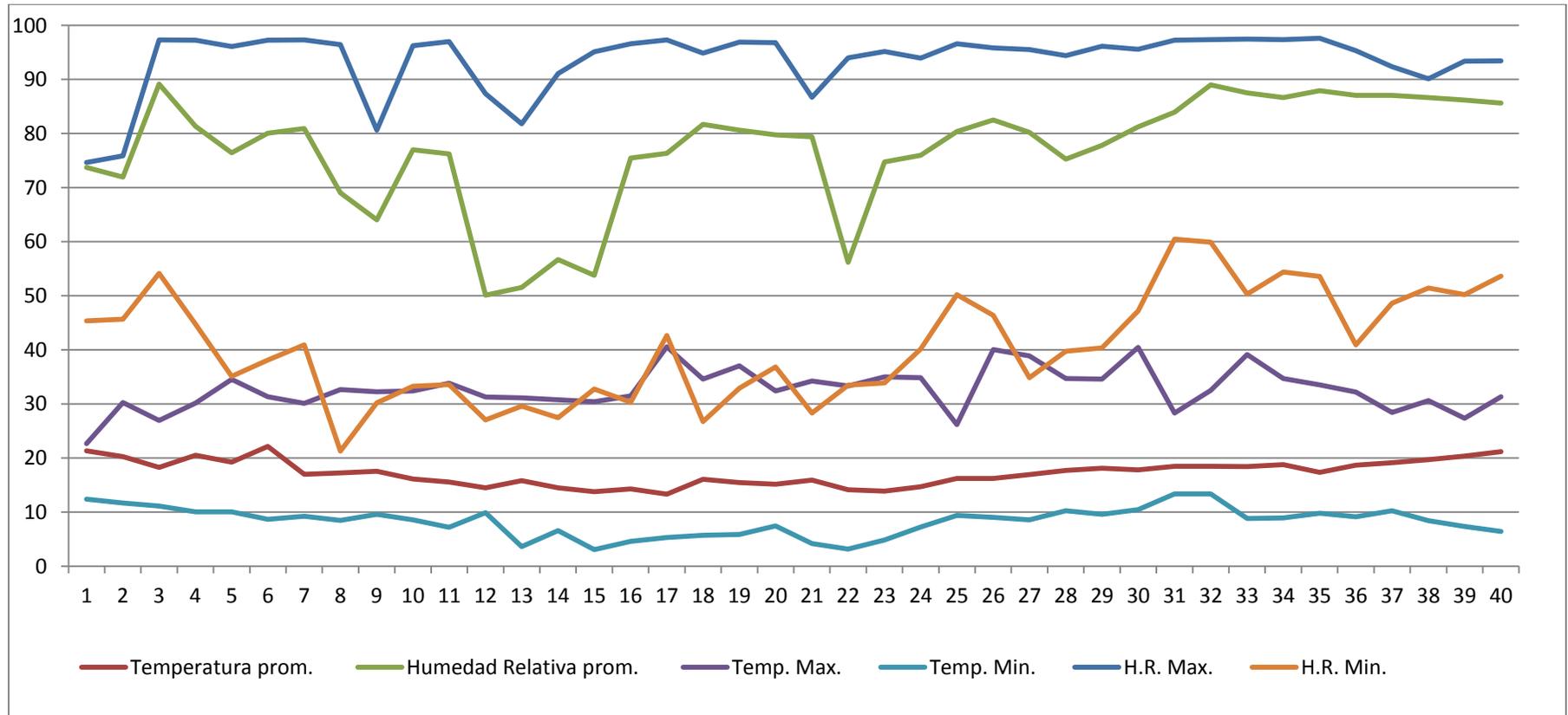
FosfiMAX® 40-20 incrementó la producción de tallos florales a las dosis evaluadas en el cultivo de rosa Var. Bingo White en invernadero, siendo la dosis 2.5 mL L<sup>-1</sup> la que presentó la mayor producción.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que FosfiMAX® 40-20 presumiblemente puede controlar a hongos verdaderos como *Botrytis cinerea* en el cultivo de rosa Var. Bingo White en invernadero.

El producto FosfiMAX® 40-20 no presentó síntomas de fitotoxicidad a las dosis evaluadas en el cultivo de rosa var. Bingo White en invernadero, por lo que se recomienda su aplicación.

El producto FosfiMAX® 40-20 no presentó manchado aun aplicado directamente sobre botón floral.

## 9. ANEXOS



**Figura 8.** Temperatura y Humedad Relativa media, máxima y mínima diaria en invernadero registrada durante el periodo de estudio

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. S. 1923. A method of computing the effectiveness of and insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 265-267.
- Aegerter, B. J., Nuñez, J. J. and Davis, R. M. 2002. Detection and Management of Downy Mildew in Rose Rootstock. Plant Diseases 86(12): 1363-1368.
- Aegerter, B. J., Nuñez, J. J. and Davis, R. M. 2003. Environmental Factors Affecting Rose Downy Mildew and Development of a Forecasting Model for a Nursery Production. System. Plant Diseases 87(6): 732-738.
- Arbeláez, G. 1999. El Mildew Velloso del rosal ocasionado por *Peronospora sparsa* Berkeley. Acopaflor (6): 37-39.
- Bañon, A. S., González, B. G. A., Fernández, H. J. A. y Cifuentes, R. D. 1993. GERBERA, LILIUM, TULIPAN y ROSA. Mundi-Prensa. Madrid. 250 p.
- Cooke, D. E., Dreth, A., Duncan. J. M, Wagels, G. and Brasier, C. M. 2000. A Molecular Phylogeny of Phytophthora and Related Oomycetes. Fungal Genet Biol. 30: 17-32.
- De Liñán, C. 2012. Vademécum de agroquímicos de México. Tecnoagícola de México 4: 766 p.
- Delp Charles, J. 1998. Fungicide Resistance in North America, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 133 p.
- Di Mateo, A., Federici, L., Mattei, B., Salvi, G., Johnson, K. A., Savino, C., De Lorenzo, D., Tsernoghiu, D. and Cervone, F., 2003. The crystal structure of polygalacturonase-inhibiting protein (PGIP), a leucine-rich repeat protein involved in plant defense. PNAS. 100(17): 10124-10128.
- Dick, M. W., 2001. The Peronosporomycetes. p. 87-92. In: McLaughlin D. J., McLaughlin E. G., and Lemke P. A. (Ed.), The Mycota, Vol. 8. Springer. Berlin.

- García, V. R., González, D. J. G., Mora, H. M. E., 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, Mexico.
- Göker, M., Voglmayr, H., Riethmüller, A., Weib, M. and Oberwinkler, F. 2003. Taxonomic aspects of peronosporaceae inferred from bayesian molecular phylogenetics. *Can. J. Bot.* 81: 672-683.
- Harwood, C. 1995. Adventures of a rose pathologist. *Adv. Plant Pathology* 96(2): 311-312.
- Hawksworth, D. L., Kirk P. M., Sutton, B. C. and Pegler, D. N. 1995. Dictionary of the fungi. Ainsworth & Bisby's. 8ed. egham UK. 82 p.
- Hollier, C. A. Overstreet, C & Holcomb, G. E. 2001. Rose diseases., Louisiana State University, Agricultural Center. Louisiana, USA. 2613 p.
- Hoog, J. 2003. Investigación vegetal aplicada. Cultivo moderno de la rosa bajo invernadero. Ediciones Hortitecnia LTDA. Bogotá, Colombia. 203 p.
- Horst, R. K. and Cloyd, R. A. 2007. Compendium of rose diseases and pest. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 16-18 pp.
- Kamoun, S. 2003. Molecular Genetics of Pathogenic Oomycetes. *Eukaryotic Cell.* 2(2): 191-199.
- Kendrick, B. 2000. The Fifth Kingdom. Sidney-by-the-Sea. British Columbia, Canada. 65-126 pp.
- Lobato, M. C., Olivieri, F. P., Daleo, G. R. and Andreu, A. B. 2010. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. *Journal of Plant Diseases and Protection* 117(3): 102-109.

- Lobato, M. C., Olivieri, F. P., González, E. A., Wolski, G. R., Daleo, D. O. and Andreu A. B. 2008. Phospite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. *European Journal of Plant Pathology* 122: 349-358.
- Lovatt, C. J. and Mikkelsen, R. L. 2006. Phosphite Fertilizers: What Are They? Can You Use Them? What Can They Do? *Better Crops* 90(4): 11-13.
- Madden, L. V., Hughes, G., Bosch, Frank van den. 2007. *The Study of Plant Disease Epidemics*, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 410 p.
- Mendoza, Z. C. 2002. Fungicidas en ornamentales. p. 119-147. *In* Bautista, M. H., Alvarado, L. J., Chavarín P. J. C. y Sánchez A. H. (ed.) *Manejo fitosanitario de ornamentales*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.
- Niranjan Raj, S., Deepak, S. A., Basavaraju, P., Shetty, H. S., Reddy, M. S., Kloepper, J. W. 2003. Comparative performance of formulations of plant growth promoting rhizobacteria in growth promotion and suppression of downy mildew in pearl millet. *Crop Protection* 22(2): 579-588.
- Olivieri, F. P., Feldman, M. L., Machinandiarena, M. F., Lobato, M. C., Caldiz, D. O., Daleo G. R. and Andreu, A. B. 2012. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. *Crop Protection* 32: 1-6.
- Richard, L. 2011. *A Practical Guide to turfgrass fungicides*, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 24-36 pp.
- Riethmüller, A., Voglmayr, H., Göker, M., Weiß, M. and Oberwinkler F. 2002. Phylogenetic Relationships of the Downy Mildews (Peronosporales) and Related Groups Based on Nuclear Large Subunit Ribosomal DNA Sequences. *Mycologia* 94(5): 834-849.

- Salinger, J. P., 1991. Producción Comercial de Flores. Acribia S.A. Zaragoza, España. 56-78 pp.
- SIAP. Cierre de la producción agrícola. 2010. Disponible en línea: <http://www.edomex.gob.mx/portal/page/portal/sedagro/estadisticas-agropecuarias> [consultado Febrero de 2012].
- Thakur, R. P. and Mathur, K. 2002. Downy mildews of India. *Crop Protection* 21: 333-345.
- Van Schoonhoven, A. y Pastor, C. M. A., 1987. Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. Publicación especial. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 56 p.
- Voglmayr, H. 2003. Phylogenetic relationships of *Peronospora* and related genera based on nuclear ribosomal ITS sequences. *The British Mycological Society* 107(10): 1132-1142.
- Voglmayr, H. 2008. Progress and challenges in systematics of downy mildews and white blister rusts: new insights from genes and morphology. *European Journal of Plant Pathology* 122: 3-18.
- Waltera, M. P., Harris-Virginb, W., Thomasc, G., Tated, N.W. Waiparaa G. and Langforda. 2004. Agrochemicals suitable for downy mildew control in New Zealand boysenberry production. *Crop Protection* 23: 327-333.