

Caracterización de la respuesta de tres variedades de rosa a la infección de *Peronospora sparsa* Berkeley, bajo condiciones de invernadero

Response of three rose varieties to *Peronospora sparsa* Berkeley infection in greenhouse conditions

Sandra Gómez¹ y Germán Arbeláez²

Resumen: Plantas sanas de rosa de las variedades ‘Charlotte’, ‘Classy’ y ‘First Red’ injertadas en los portainjertos ‘Natal Briar’ y ‘Manetti’ y como estacas se inocularon con una suspensión de esporangios de *Peronospora sparsa*. Posterior a la inoculación, las plantas se mantuvieron por un período de 12 h bajo condiciones de cámara de humedad en condiciones de oscuridad y luego bajo condiciones ambientales normales del invernadero. Los síntomas de la enfermedad se registraron inicialmente en las hojas de las tres variedades 7 días después de la inoculación (ddi). La aparición de síntomas típicos en los tallos se observó 17 y 18 ddi en la variedad ‘Charlotte’ y entre 21 y 28 ddi en las variedades ‘Classy’ y ‘First Red’. Los síntomas en el botón floral se presentaron 14 ddi en la variedad ‘Classy’, entre 14 y 16 ddi en la variedad ‘Charlotte’ y entre 16 y 26 ddi en la variedad ‘First Red’. La caída de hojas afectadas se presentó primero en la variedad ‘Classy’ 12 ddi, en ‘Charlotte’ entre 18 y 28 ddi y en la variedad ‘First Red’ entre 15 y 28 ddi. En la incidencia de la enfermedad no se encontró interacción entre la variedad y el estrato de la planta. En la investigación se observó un efecto particular de la condición de injertación sobre cada una de las etapas de desarrollo del patógeno y de la enfermedad en las diferentes variedades.

Palabras claves adicionales: mildeo veloso, ciclo de patogénesis, portainjerto, ‘Charlotte’, ‘Classy’, ‘First Red’

Abstract: Healthy ‘Charlotte’, ‘Classy’ and ‘First Red’ variety rose plants grafted onto ‘Natal Briar’ and ‘Manetti’ rootstocks and others rooted directly were inoculated with a sporangial suspension of *Peronospora sparsa* and then incubated for 12 h in a moisture chamber in the dark. After that, plants were kept in normal greenhouse conditions. Symptoms of downy mildew were first observed in plants from the three tested varieties on leaves seven days after sporangia inoculation. The symptoms on stems occurred 17 and 18 d after inoculation in ‘Charlotte’ and between 21 and 28 d in ‘Classy’ and ‘First Red’. The symptoms on flower buds appeared 14 and 16 d after inoculation in ‘Charlotte’, 14 d after inoculation in ‘Classy’ and between 16 and 26 d in ‘First Red’ plants. Defoliation of affected leaves first occurred in ‘Classy’ 12 d after inoculation. This reaction was observed in ‘Charlotte’ from 18 to 28 d and in ‘First Red’ plants from 15 to 28 d. No interactions regarding incidence of the disease were observed between rose variety and plant stratum. Not all stages of disease development were similar in the different treatments employed in this research; some differences were observed, depending on the rootstock to which the materials had been grafted.

Additional key words: downy mildew, pathogenicity cycle, rootstocks, ‘Charlotte’, ‘Classy’, ‘First Red’

Introducción

EL MILDEO VELLOSO EN ROSAS ocasionado por *Peronospora sparsa*, reportado por primera vez en Europa (Horst, 1998), ha afectado los cultivos de rosa colombianos desde hace aproximadamente 40 años, y en los últimos ocho años esta enfermedad se ha convertido en su

principal problema fitosanitario, afectando sensiblemente la rentabilidad de los cultivos comerciales en la Sabana de Bogotá.

Los síntomas de mildeo veloso en rosa se presentan en las hojas, tallos, pedúnculos, cálices y pétalos. La infección está limitada generalmente a los ápices jóvenes. En

Fecha de recepción: 02 de septiembre de 2005

Aceptado para publicación: 21 de noviembre de 2005

¹ Profesora asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: sgomez@unal.edu.co

² Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: aligarretom@unal.edu.co

las hojas se desarrollan manchas irregulares que varían de tamaño, de color púrpura a café oscuro, y los folíolos pueden tornarse cloróticos. Con frecuencia se observan islas en el follaje verde normal (Horst, 1998). Los esporangióforos y esporangios le dan una apariencia vellosa o algodonosa de color marrón claro, que puede ser muy abundante en el envés, aunque también puede presentarse por el haz (Arbeláez, 1999). Con frecuencia, la esporulación se disemina ocasionando el incremento del número de plantas afectadas (Harwood, 1995).

La ocurrencia de epidemias en los cultivos de rosa de la Sabana de Bogotá ha aumentado notoriamente en los últimos años, aspecto que se explica tal vez por la renovación masiva del material vegetal en áreas sembradas con materiales menos susceptibles a *P. sparsa*, como las variedades 'Visa' y 'Madame Del Bard', por otras de mayor aceptación en el mercado, mayor productividad y mejor tamaño del botón floral, pero muy susceptibles al patógeno. En la actualidad los productores realizan la siembra de nuevas variedades sin conocer su comportamiento ante la enfermedad y aún se desconoce la respuesta de las variedades más comerciales a los ataques del patógeno.

En el ambiente de un invernadero, como los empleados regularmente en la Sabana de Bogotá, el mildew veloso de la rosa encuentra condiciones muy favorables para llevar a cabo los procesos de infección y reproducción durante la noche. El desconocimiento de la biología de la enfermedad en plantas de rosa, la estrecha relación del patógeno con la humedad relativa y la condensación de agua sobre la planta y la dificultad para el manejo de estas variables en los invernaderos utilizados comercialmente para la producción de rosa en la Sabana de Bogotá, dificultan el manejo sostenible del problema y lo convierten en una amenaza para el éxito del cultivo de la rosa bajo condiciones de invernadero sin climatización en Colombia.

La biología del patógeno sobre plantas de variedades de rosa cultivadas localmente no se había estudiado, y existían interrogantes sobre la relación del desarrollo de la enfermedad con las condiciones ambientales dentro de los invernaderos. La presente investigación tuvo como objetivo profundizar en el conocimiento de la biología de *P. sparsa*, bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá. Se evaluaron aspectos relacionados con la duración de los periodos de latencia e incubación en diferentes estructuras de las plantas de tres variedades comerciales de rosa injertadas en dos portainjertos y como estacas.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en media nave de un invernadero marca Flexon en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y contempló nueve tratamientos. Los tratamientos correspondieron a las variedades de rosa 'Charlotte', 'Classy' y 'First Red' injertadas en los dos portainjertos 'Natal Briar' y 'Manetti' y como estacas: 'Charlotte' en 'Natal Briar' (ChN), 'Charlotte' en 'Manetti' (ChM), 'Charlotte' en estaca (Che), 'Classy' en 'Natal Briar' (CN), 'Classy' en 'Manetti' (CM), 'Classy' en estaca (Ce), 'First Red' en 'Natal Briar' (FRN), 'First Red' en 'Manetti' (FRM), y 'First Red' en estaca (FRe). De cada una de las variedades se sembraron 17 plantas de 2 meses de injertadas en camas de 0,9 m de ancho y 18 m de largo, a una distancia de 14 cm entre plantas; como sistema de siembra se empleó una sola hilera, para facilitar la inoculación y la evaluación de la enfermedad. Cada tratamiento estuvo seguido de su parcela testigo, constituida por 10 plantas. El manejo cultural y de otros problemas fitosanitarios de las plantas se realizó de manera similar al practicado comercialmente.

Cuando las plantas de cada uno de los tratamientos presentaron entre dos y tres brotes basales, se podaron a la quinta yema para inducir el crecimiento de nuevos tallos florales. Una vez los nuevos brotes se encontraron en estado de 'botón arroz', se realizó la inoculación del patógeno con una suspensión de 9.000 esporangios/mL, empleando una bomba de aire comprimido a base de gas carbónico para garantizar el cubrimiento homogéneo dentro de las plantas y de todas las plantas del ensayo. Las plantas testigos de cada uno de los tratamientos se protegieron durante la inoculación y el período de cámara húmeda para evitar la infección.

Después de la inoculación, las plantas se mantuvieron por 12 h durante la noche bajo condiciones de cámara húmeda para asegurar el establecimiento del patógeno y continuaron su desarrollo bajo las condiciones ambientales normales del invernadero.

Para la evaluación, las plantas se dividieron en tres estratos, dependiendo del estado de desarrollo predominante del follaje: estrato uno o tercio bajo, donde predominó el follaje maduro; estrato dos o tercio medio, con follaje intermedio, y estrato tres o tercio superior, con follaje joven.

La evaluación de síntomas en las hojas de cada tratamiento se realizó estableciendo el porcentaje de folíolos

con síntomas y el grado promedio de la enfermedad en los folíolos apicales de las hojas que conformaban cada estrato de la planta, metodología de evaluación de *P. sparsa* propuesta por la presente investigación. Para esta evaluación se generó una escala de cuatro valores basada en el área visualmente afectada por el patógeno, en los estados jóvenes y maduros de los folíolos (figura 1). Cada tratamiento se evaluó diariamente para la aparición de síntomas de la enfermedad: en las hojas se registró el desarrollo de moteados cloróticos, manchas irregulares de color púrpura a café oscuro, islas verdes en el follaje maduro y caída de folíolos; en los tallos se registró la aparición de moteados púrpura, y en los pedúnculos florales, los sépalos y los pétalos, la aparición de manchas de este color y momificación de los botones florales pequeños.

En el ensayo, se empleó un diseño de bloques completos al azar, con dos repeticiones; como unidad experimental se consideró a las 17 plantas y como unidad de muestreo, a 5 plantas. Para las variables evaluadas en este experimento –incidencia y grado de la enfermedad por estrato de las plantas–, se utilizó la prueba de comparación de promedios de los contrastes ortogonales y polinomiales que evaluaron los efectos principales y sus interacciones. Se empleó el procedimiento *Mixed* del programa estadístico SAS, versión 8.2. Para el período de incubación, los datos se analizaron siguiendo el procedimiento de estima-

ción de la curva de distribución de aparición de síntomas, empleando el procedimiento *Lifetest* del programa SAS, versión 8.2.

La aparición de síntomas en las diferentes estructuras de las plantas se comparó con aquéllos presentes en ChN, usada como material de referencia para la comparación de los períodos de incubación por su importancia comercial en la Sabana de Bogotá. Con la ayuda de la prueba de Wilcoxon y Log-Rank se identificaron las diferencias entre las tasas de aparición de síntomas al inicio y al final de la evaluación, respectivamente.

Las condiciones ambientales del área de la investigación correspondieron a días calurosos y secos con temperaturas promedio de 16,3 °C (mínima 5,0 °C y máxima 38,1 °C) y humedades relativas (HR) de 73,5% (mínima 20,5% y máxima 100%). Los datos de temperatura y HR del invernadero durante la investigación se registraron con un medidor programable Cox Tracer®. Los registros se realizaron diariamente, cada 30 min.

Resultados

Período de incubación de *P. sparsa*

Las variedades injertadas en los diferentes portainjertos presentaron los síntomas típicos de la enfermedad en todas las estructuras de la planta. Después de la inoculación, los primeros síntomas se manifestaron como un moteado clorótico, visible a trasluz en los folíolos más jóvenes de las tres variedades; luego se desarrollaron los síntomas típicos, que correspondieron a manchas color rojizo de forma angular en la mayoría de las hojas de las tres variedades evaluadas. Posterior a la aparición de los síntomas en hojas, se presentaron los síntomas en otras estructuras de la planta (figura 2).

Los síntomas iniciales de la enfermedad en los tallos se caracterizaron por abultamientos blancos de la corteza, acompañados en algunos casos de moteados color marrón claro (figura 2d); los síntomas posteriores correspondieron a los moteados púrpura típicos de la enfermedad, seguidos del rajado longitudinal de la corteza en los sitios de la lesión en los tallos maduros

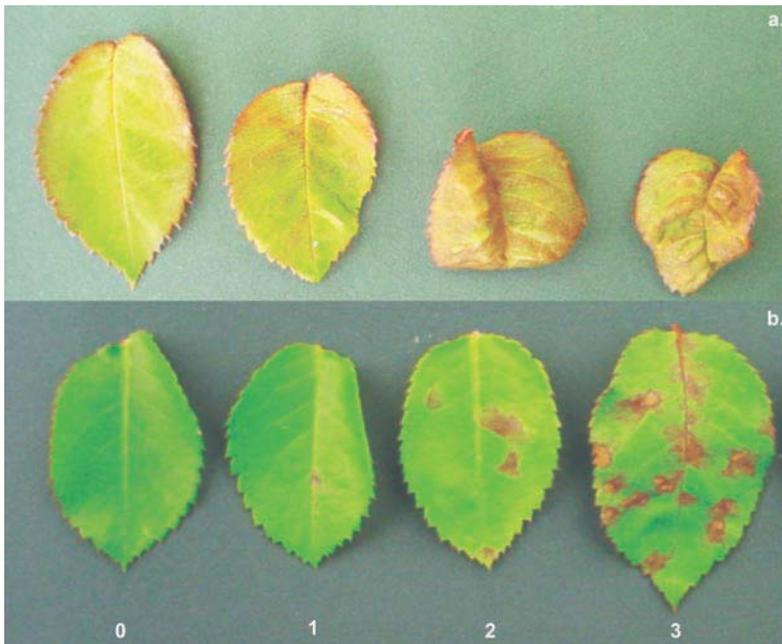


Figura 1. Escala de evaluación de síntomas de *Peronospora sparsa* en folíolos de rosa: a) folíolos jóvenes y b) folíolos maduros.

(figuras 2e y 2f). En los botones florales se presentaron momificaciones o manchas púrpura en los sépalos de la flor (figuras 2g y 2h).

El procedimiento de estimación de la curva de distribución de aparición de síntomas permitió calcular el número de días hasta su aparición en 50% de la población de plantas. La tabla 1 muestra los períodos de incubación de la enfermedad en las diferentes estructuras de las plantas en los nueve tratamientos y las diferencias estadísticas al inicio y al final de la evaluación con relación a los períodos de incubación presentados en el tratamiento ChN, de acuerdo a las pruebas de Wilcoxon y Log-Rank.

Tabla 1. Períodos de incubación de *Peronospora sparsa* en tres variedades de rosa injertadas en dos portainjertos y como estaca, bajo condiciones de invernadero.

Variedad/portainjerto	Período de incubación (d)			
	Hojas	Tallos	Botones	Defoliación
'Charlotte'/'Natal Briar'	7,0	18,0	16,0	25,5
'Charlotte'/'Manetti'	7,2 ns	18,0 ns	14,0 ns	18,0 ns
'Charlotte' estaca	7,2 ns	17,0 ns	15,0 ns	28,0 ns
'Classy'/'Natal Briar'	8,0 ns	21,5 [°]	14,0 ns	12,0 ^{**} ^{°°}
'Classy'/'Manetti'	7,7 ns	28,0 ^{**} ^{°°}	14,0 ns	12,5 [*]
'Classy' estaca	7,7 ns	24,0 ^{**} ^{°°}	14,0 ns	12,0 ^{**} ^{°°}
'First Red'/'Natal Briar'	7,8 ns	28,0 ^{**} ^{°°}	26,0 [*]	15,0 ns
'First Red'/'Manetti'	7,8 ns	26,0 ^{**} ^{°°}	21,0 ns	28,0 ns
'First Red' estaca	8,2 ns	21,5 [*] ^{°°}	16,0 ns	28,0 ns

* $P=0,05$; ** $P=0,01$ bajo prueba de Wilcoxon para la comparación de ChN vs. otros tratamientos.
[°] $P=0,05$; ^{°°} $P=0,01$ bajo prueba de Log-Rank para la comparación de ChN vs. otros tratamientos.
 ns: no significativo.

Los síntomas de la enfermedad se registraron inicialmente en hojas, entre 7 y 8 d después de la inoculación (ddi), de forma similar en las tres variedades. En cuanto al número de días hasta la aparición de síntomas en las hojas, no se presentaron diferencias estadísticas entre ChN con respecto a ChM y ChE, ni entre ChN y las demás variedades en las diferentes condiciones de injertación.

Los períodos de incubación en el botón floral en todos los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas con respecto a ChN, excepto en FRN, que manifestó diferencias al inicio de la evaluación. Los síntomas en la variedad 'Charlotte' se presentaron entre 14 y 16 ddi; en la variedad 'Classy', 14 ddi, y en la variedad 'First Red', entre 16 y 26 ddi. La aparición de síntomas típicos de la enfermedad en los tallos se

observó 17 y 18 ddi en la variedad 'Charlotte' y entre 21 y 28 dd en las variedades 'Classy' y 'First Red'. Los períodos de incubación en tallos fueron similares en ChM y Che, con respecto a ChN. El número de días hasta la aparición de síntomas en las variedades 'Classy' y 'First Red' en los dos portainjertos y como estacas fue estadísticamente diferente del presentado en ChN, tanto al inicio como al final de la evaluación.

La caída de hojas afectadas se presentó primero en la variedad 'Classy', 12 ddi, mientras que en 'Charlotte' ocurrió entre 18 y 28 ddi y en la variedad 'First Red', entre 15 y 28 ddi. Con relación al número de días hasta la caída de hojas enfermas, con respecto a ChN, sólo se presentaron diferencias estadísticas con respecto a 'Classy' en los dos portainjertos y como estaca, tanto al inicio como al final de la evaluación.

Bajo las condiciones de la investigación, los síntomas de la enfermedad en la nueva brotación se manifestaron únicamente en tallos provenientes de yemas que se encontraban expuestas al momento de la inoculación del patógeno. Los tallos procedentes de yemas que no se encontraban expuestas al momento de la inoculación no manifestaron síntomas de enfermedad 35 ddi. Posterior a la poda de las plantas de los nueve tratamientos del ensayo, los tallos desarrollados fueron normales y sin síntomas visibles de la enfermedad, aun aquéllos provenientes de yemas presentes en tallos afectados por el patógeno.

Incidencia de P. sparsa en diferentes tercios de las plantas

El análisis mostró un efecto significativo ($P = 0,031$) del genotipo (variedad) a partir del día 12 después de la inoculación y un efecto altamente significativo ($P < 0,0001$) del tercio o estrato de la planta durante toda la evaluación en la incidencia de la enfermedad; es decir que, al evaluar el desarrollo de la epidemia por estratos, se observó que los tratamientos sólo tuvieron efecto sobre la incidencia de la enfermedad a partir de los 12 ddi, pero en los diferentes estratos de las plantas los valores ya se diferenciaban desde 7 ddi. No se encontró interacción entre el genotipo y el estrato en ninguna de las evaluaciones, o sea, que la presencia de la enfermedad en el tercio superior, medio o inferior de las plantas no estuvo relacionado con el portainjerto utilizado o la variedad evaluada (tabla 2).

Durante la evaluación no se presentaron diferencias estadísticas entre la incidencia de la enfermedad

en estacas vs. portainjertos ni entre portainjertos de todas las variedades, en promedio; sin embargo, al analizar la interacción portainjerto por variedad para cada caso, se observó que las incidencias de la enfermedad en ‘Charlotte’ y ‘Classy’, respecto a las de ‘First Red’ en estaca, fueron estadísticamente

diferentes, lo que no sucedió cuando los portainjertos fueron ‘Natal Briar’ y ‘Manetti’. Adicionalmente, cuando se compararon los valores de la variedad ‘Charlotte’ con los valores de la variedad ‘Classy’ 10 ddi, éstos fueron estadísticamente diferentes en ‘Natal Briar’ y ‘Manetti’ (resultados no presentados).

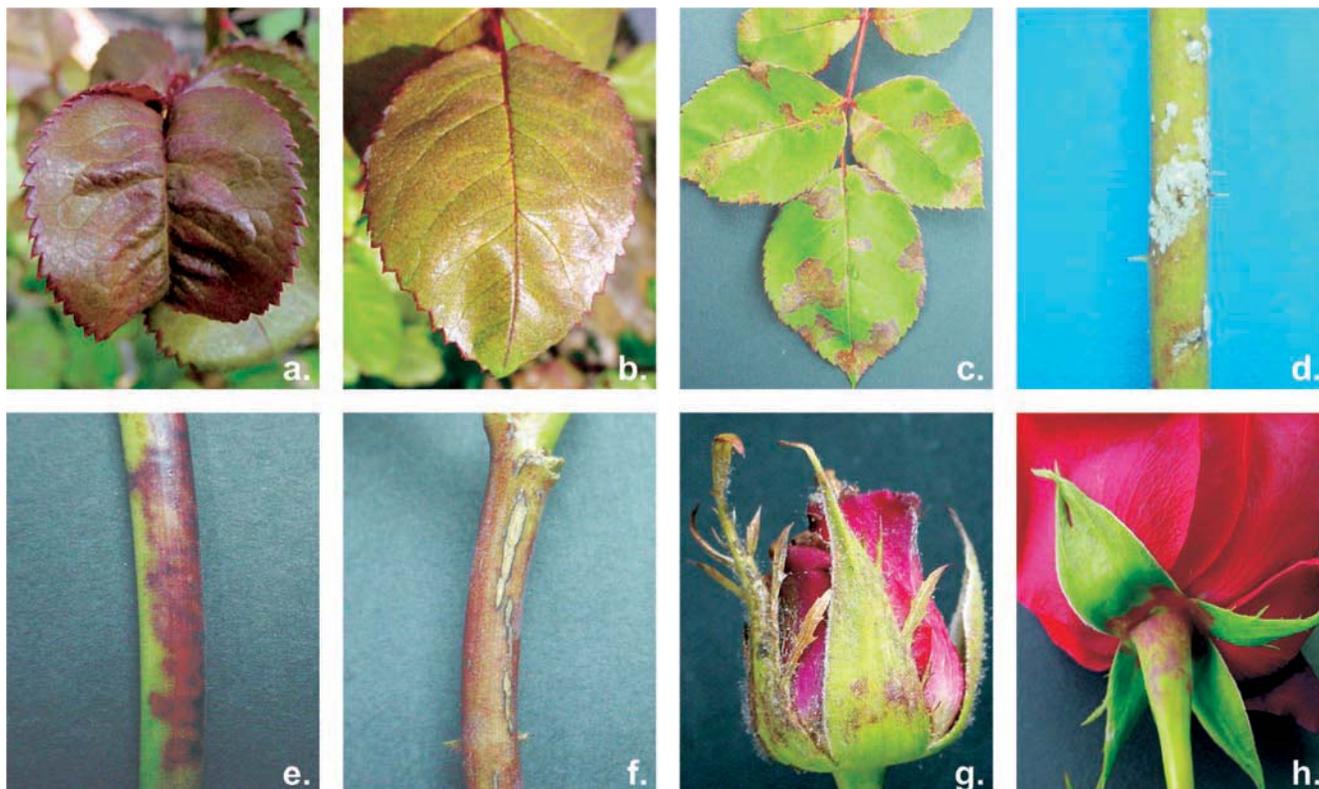


Figura 2. Síntomas de mildew veloso en hojas, tallos y flores de rosa variedad ‘Charlotte’: a) en folíolo joven; b) inicial en folíolo; c) en hojas maduras; d) abultamientos blancos en la corteza en tallos jóvenes con lesiones color pardo oscuro; e) manchas púrpura sobre tallos afectados; f) tallos maduros rajados con manchas pardas; g) síntomas en sépalos del botón floral y h) en pedúnculos de flores.

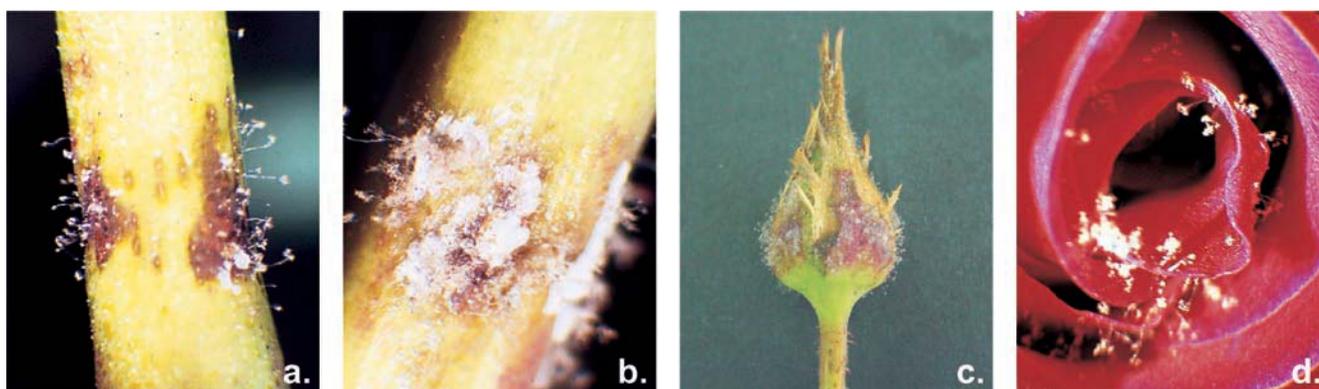


Figura 3. Esporulación de *Peronospora sparsa* en tallos y flores: a) y b) a partir de tallos jóvenes; c) en botón floral y d) en pétalos (detalle).

Tabla 2. Contrastes ortogonales para evaluación de efecto del estrato de la planta, la variedad y el portainjerto sobre la incidencia de *P. sparsa*, bajo condiciones de invernadero.

Efecto	7 ddi	9 ddi	10 ddi	12 ddi	14 ddi	18 ddi	23 ddi
	Pr>F	Pr>F	Pr>F	Pr>F	Pr>F	Pr>F	Pr>F
Genotipo	0,0629	0,2206	0,0575	0,0311	0,0179	0,0169	0,0161
Repetición	0,0059	0,9448	0,0242	0,0292	0,0253	0,0243	0,0290
Estrato	<0,0001	0,0244	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Genotipo x estrato	0,4463	0,5557	0,1319	0,4192	0,6783	0,6741	0,6718

ddi: días después de la inoculación.

Siete días después de la inoculación se observó incidencia de la enfermedad en los tres estratos de las plantas de los nueve tratamientos. En el tercio bajo, donde predominó el follaje maduro, la incidencia de hojas afectadas estuvo entre 20% y 50%, valores que se incrementaron ligeramente 12 y 18 ddi. Los tercios medio y superior con hojas más jóvenes mostraron incidencias mayores de 60%, 7 ddi, y alcanzaron incidencias de 70% y 90% a los 12 y 18 ddi, respectivamente.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación del grado de la enfermedad en el folíolo apical por estrato: los valores bajos correspondieron a síntomas leves en el folíolo apical de cada hoja y los valores superiores se relacionaron con lesiones de mayor tamaño, según la escala presentada en la figura 1.

El análisis mostró efecto significativo ($P = 0,0378$, tabla 4) del genotipo (variedad) sobre el grado de la

enfermedad desde el día 7 después de la inoculación hasta el día 14 y un efecto altamente significativo ($P = 0,0037$, tabla 4) del estrato de la planta durante este mismo período de tiempo. No se encontró interacción entre el genotipo y el estrato en ninguna de las evaluaciones realizadas, es decir, que el grado de la enfermedad en el tercio superior, medio o inferior de las plantas se presentó de forma similar en las diferentes variedades (tabla 4).

Al evaluar el desarrollo de la epidemia, en cuanto al grado de la enfermedad se observó que, tanto los tratamientos, como los estratos de la planta presentaron efecto a partir de 7 ddi. Al analizar las diferencias entre los genotipos se evidenció que, consistentemente, luego de 7 ddi no se presentaron diferencias estadísticas entre la incidencia de la enfermedad en estacas vs. portainjertos y entre portainjertos de las tres variedades, en promedio; sin embargo, al analizar la interacción portainjerto

Tabla 3. Grado de la enfermedad en el folíolo apical por tercio de la planta en tres variedades de rosa injertadas en dos portainjertos y como estaca, bajo condiciones de invernadero.

Variedad/portainjerto	Grado de la enfermedad*								
	Tercio superior (RR)			Tercio medio (RV)			Tercio inferior (VV)		
	9 ddi	12 ddi	18 ddi	9 ddi	12 ddi	18 ddi	9 ddi	12 ddi	18 ddi
'Charlotte'/'Natal Briar'	2	2	3	2	2	3	2	2	2
'Charlotte'/'Manetti'	2	3	3	2	3	3	1	2	2
'Charlotte' estaca	1	2	2	2	2	3	1	1	1
'Classy'/'Natal Briar'	1	1	1	2	2	2	1	1	1
'Classy'/'Manetti'	1	2	2	1	1	1	1	1	1
'Classy' estaca	2	2	2	2	2	2	1	1	1
'First Red'/'Natal Briar'	1	1	1	2	2	2	1	1	1
'First Red'/'Manetti'	1	1	1	2	2	2	1	1	1
'First Red' estaca	0	1	1	0	1	1	0	0	1

* La escala de evaluación se muestra en la figura 1.

ddi: días después de la inoculación; RR: folíolos color rojo; RV: folíolos color rojo-verde; VV: folíolos color verde.

Tabla 4. Contrastes ortogonales para evaluación de efecto del estrato de la planta, la variedad y el portainjerto sobre el grado de la enfermedad bajo condiciones de invernadero.

Efecto	7 ddi	9 ddi	10 ddi	12 ddi	14 ddi	18 ddi	23 ddi
	Pr>F						
Genotipo	0,0378	0,0249	0,0084	0,0253	0,0073	0,4670	1,0000
Repetición	0,0185	0,0478	0,0383	0,3305	0,0730	0,3009	<0,0001
Estrato	0,0037	0,0011	0,0010	0,0075	0,0010	0,3591	0,0003
Genotipo x estrato	0,5452	0,2307	0,0963	0,3973	0,1929	0,4793	1,0000

ddi: días después de la inoculación.

por variedad para cada caso, se observó que el grado de la enfermedad del grupo de ‘Charlotte’ y ‘Classy’, respecto al de ‘First Red’ en estaca, fue estadísticamente diferente, lo que no sucedió cuando los portainjertos fueron ‘Natal Briar’ y ‘Manetti’. Cuando se compararon los valores de ‘Charlotte’ con los de ‘Classy’, éstos fueron diferentes en ‘Natal Briar’ y en ‘Manetti’.

Nueve días después de la inoculación, en la variedad ‘Charlotte’ predominó el grado 2 en los tercios medio y superior de las plantas y en ‘Classy’ y ‘First Red’ predominó el grado 1 y la presencia de la enfermedad en el tercio medio; 18 ddi, en ‘Charlotte’ el grado se incrementó, particularmente en los tercios medio y superior, mientras que en ‘Classy’ se incrementó en el tercio superior y en ‘First Red’, en el tercio medio.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la enfermedad por grado y por incidencia fueron similares, con relación al efecto del estrato y a la interacción variedad por x portainjerto; sin embargo, en la evaluación de la enfermedad por grado en el folíolo apical se detectó el efecto de los genotipos 5 d antes que en la evaluación por incidencia.

Período de latencia de *P. sparsa*

Bajo las condiciones de la investigación, la esporulación del patógeno se vio asociada a períodos previos de humedad relativa alta en la noche y sólo se observó en plantas de la variedad ‘Charlotte’ en los dos portainjertos y en estaca. Sin embargo, la variación en las condiciones ambientales no favoreció una esporulación consistente del patógeno en las plantas, aspecto que no permitió estimar con precisión el período de latencia de *P. sparsa* en los nueve tratamientos. Las condiciones ambientales presentadas en la zona de estudio durante las tres semanas posteriores a la inoculación del patógeno no contribuyeron al establecimiento de la epidemia de

la enfermedad, aspecto que se reflejó tanto en las plantas de control, que permanecieron sanas durante todo el período de la investigación, como en los brotes nuevos originados a partir de tallos afectados, que tampoco manifestaron síntomas de la enfermedad.

Las diferentes estructuras de las plantas con síntomas de la enfermedad en los nueve tratamientos se colocaron bajo condiciones permanentes de humedad relativa alta en laboratorio, y en todos los casos se observó esporulación del patógeno. Estos resultados confirmaron a *P. sparsa* como el agente causal de la sintomatología observada. Dependiendo de la estructura de la planta afectada, se observó esporulación de *P. sparsa* después de períodos de 8-20 h continuas de humedad relativa alta.

En este estudio, la esporulación en tallos enfermos sólo pudo observarse a partir de material joven, pero no se observó ninguna esporulación del patógeno a partir de tallos maduros afectados (figuras 3a y 3b). En cortes transversales de tallos jóvenes con esporulación, sólo se evidenció micelio del patógeno a nivel del parénquima cortical y del parénquima de empalizada de los tallos. En flores se presentó esporulación del patógeno en áreas con los síntomas típicos de la enfermedad y a partir de zonas de sépalos y pétalos de flores aparentemente sanas (figuras 3c y 3d).

Discusión

En esta investigación, la presencia de los síntomas de la enfermedad y su evolución estuvieron asociadas al tipo de estructura de la planta y a la variedad de rosa. Los resultados obtenidos mostraron que, cuando a la inoculación del patógeno le sigue un período de 12 h de humedad alta, los síntomas de la enfermedad bajo condiciones de invernadero se presentan primero en las hojas y luego en los tallos y en los botones florales, y las estructuras más jóvenes manifiestan los síntomas de la enfermedad más rápido que las estructuras leñosas. Por lo tanto, bajo

condiciones de invernadero comercial, los primeros síntomas se presentarán en hojas y posteriormente, en las otras estructuras de la plantas. Sin embargo, es posible que la presencia de ciclos consecutivos del patógeno en las epidemias que ocurren en invernaderos comerciales no permita ver con claridad la duración de los períodos de latencia en las diferentes estructuras de las plantas.

Los síntomas iniciales de la enfermedad en hojas jóvenes se caracterizaron por moteados cloróticos, similares a los observados por Heist *et al.* (2001) en infecciones nuevas de *P. hyoscyami* en *Nicotiana tabacum* y *N. repanda*. Los primeros síntomas de la enfermedad en tallos se asociaron en algunos casos con la presencia de abultamientos de color blanco en la corteza, situación que, a pesar de presentarse comúnmente en cultivos comerciales, hasta el momento no estaba claramente relacionada con infecciones de mildew veloso; sin embargo, con lo observado en la presente investigación se confirma la relación de esta sintomatología en tallos jóvenes con las infecciones del patógeno. Por las características de desarrollo rápido de la enfermedad bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, la identificación oportuna de este tipo de síntomas en las diferentes variedades contribuiría enormemente a la implementación más oportuna de medidas de manejo, por lo que resulta conveniente trabajar a nivel comercial en la detección de los primeros síntomas.

Los períodos de incubación de *P. sparsa* en diferentes variedades de rosa pueden ser similares en las distintas estructuras de las plantas bajo condiciones semejantes de presión de inóculo, temperatura y duración del período de humedad relativa alta. Sin embargo, se pueden presentar diferencias importantes en la evolución de los síntomas según su susceptibilidad al patógeno y a la fenología propia de cada variedad, que incide directamente en el desarrollo de la enfermedad, como se observó en esta investigación. A nivel comercial, la respuesta de las variedades de rosa a los ataques del patógeno se debe asociar con factores como: la permanencia de las hojas o de otras estructuras enfermas en la planta, la capacidad de esporulación, el estado de desarrollo del follaje predominante en la planta y la velocidad de maduración de los órganos de la planta, interpretada como el cambio a estados menos susceptibles, aspecto que puede interpretarse como una menor oferta de patios de infección para el patógeno. En las plantas de la variedad ‘Charlotte’ predominó el follaje joven por períodos más prolongados de tiempo, con relación a las variedades ‘First Red’ y ‘Classy’; esto se reflejó en un

mayor grado de la enfermedad en esta variedad en los tres estratos de la planta. ‘Charlotte’ mantuvo por períodos más prolongados las hojas afectadas adheridas a los tallos, lo que puede representar una alta persistencia de las fuentes de inóculo en esta variedad. Por el contrario, en las variedades ‘Classy’ y ‘First Red’ el follaje maduró rápidamente, el grado de la enfermedad fue similar en el tiempo y sólo se incrementó su valor en el tercio medio de las plantas. Estas características dejan en claro el posible desarrollo de epidemias más frecuentes y severas en la variedad ‘Charlotte’ que en las variedades ‘Classy’ y ‘First Red’, situación que corresponde a lo observado comercialmente.

La evaluación del grado de la enfermedad en plantas evidenció el efecto significativo de los tratamientos antes que la evaluación de incidencia; sin embargo, con las dos metodologías de evaluación –incidencia por estratos de la planta y grado de la enfermedad– se obtuvieron comportamientos similares de las tres variedades y de las diferentes condiciones de injertación frente al patógeno. Por lo tanto, en investigaciones similares es aconsejable emplear la incidencia de la enfermedad en los folíolos como metodología de evaluación, ya que es una alternativa práctica a la severidad. Resultados similares fueron reportados por Mesa y Torres (2002) con *Phytophthora infestans* en papa y por Urrea (2003) en evaluaciones de *P. sparsa* en cultivos comerciales de rosa.

La propagación de rosas para cultivos comerciales se realiza esencialmente mediante plantas injertadas sobre un portainjerto. El alto costo de las plantas implica llevar a cabo una selección cuidadosa tanto de la variedad como del portainjerto que se va a usar. Gómez (1998) reportó que en la relación variedad/portainjerto en rosa el portainjerto tiene influencia en varias características de la variedad que pueden manifestarse en la adaptación, productividad y susceptibilidad a enfermedades, y cita el portainjerto ‘Natal Briar’ como susceptible a *Sphaerotheca pannosa*. Sin embargo, Aegerter *et al.* (2002) reportaron a ‘Manetti’ como altamente susceptible al mildew veloso. A nivel comercial en la Sabana de Bogotá, algunos productores han observado que el portainjerto ‘Natal Briar’ aumenta la susceptibilidad de las variedades de rosa al mildew veloso.

En la presente investigación no se encontró un efecto similar al de la condición de injertación sobre cada una de las etapas de desarrollo del patógeno y de la enfermedad en plantas de las tres variedades. Los períodos de incubación del patógeno fueron similares para cada

variedad en los portainjertos ‘Natal Briar’ y ‘Manetti’ y como estaca, y las variaciones significativas se encontraron asociadas a la variedad.

La incidencia de la enfermedad en plantas fue diferente cuando las variedades se injertaron, comparadas con plantas sembradas directamente como estacas. Se debe tener en cuenta que este comportamiento en invernadero, junto con las respuestas observadas a nivel de laboratorio por Gómez (2004), permite entender la intensidad de las epidemias en invernaderos comerciales, donde predominan las plantas injertadas en ‘Natal Briar’, que responden favorablemente y en menor tiempo para el desarrollo de *P. sparsa* a temperaturas menores, comparadas con plantas injertadas sobre ‘Manetti’. A esta situación contribuye posiblemente el mayor requerimiento en los niveles de riego por parte de ‘Natal Briar’, con relación a ‘Manetti’, como lo reportó Gómez (1998), condición que puede favorecer indirectamente las epidemias en plantas injertadas sobre aquel portainjerto. No obstante, a nivel comercial en plantas injertadas sobre ‘Manetti’ se desarrollará de igual forma la enfermedad, pero es posible que las epidemias más fuertes se presenten en épocas con temperaturas mayores.

Se debe tener en cuenta que las epidemias de mildew veloso no dependerán exclusivamente de factores climáticos y de la variedad, ya que el portainjerto empleado tiene efecto en algunas etapas del desarrollo de esta enfermedad. El efecto del portainjerto en el desarrollo del mildew veloso en rosa se puede entender como el resultado de aspectos de tipo fisiológico entre el portainjerto y la variedad, que se manifestarán en diferencias como las observadas en esta investigación. No obstante, a pesar de las respuestas particulares de la variedad en cada portainjerto a la infección de *P. sparsa* y al desarrollo de la enfermedad, las características agronómicas que el portainjerto confiere a la variedad son criterios importantes de selección que no se pueden desconocer a nivel comercial. En un programa de manejo integrado de la enfermedad es necesario caracterizar, en primer lugar, las respuestas de las variedades al patógeno y, en segundo lugar, evaluar el efecto de la combinación portainjerto y variedad, ya que la respuesta de las distintas variedades al patógeno en los diferentes portainjertos evaluados no se puede generalizar.

Los síntomas de la enfermedad observados en la nueva brotación de las plantas, a partir de yemas presentes

al momento de la inoculación, reflejan que *P. sparsa* puede infectar estructuras muy jóvenes que manifestarán los síntomas de la enfermedad simultáneamente con su desarrollo. Después de la poda de las plantas del ensayo, a partir de tallos afectados crecieron brotes sanos, debido tal vez a que las condiciones climáticas presentes no contribuyeron a una esporulación suficiente para generar nuevas infecciones, ni favorecieron el avance intercelular del patógeno.

El mildew veloso en rosa, por estar altamente asociado a las condiciones ambientales para su desarrollo, según lo observado en este trabajo y en estudios realizados por Horst (1998), Aegerter *et al.* (2002) y Gómez (2004), muestra que el manejo de las condiciones ambientales es determinante en los programas de manejo integrado de la enfermedad. Así, mediante la disminución de agua libre sobre los tejidos de la planta, es posible limitar tanto la etapa de germinación de los esporangios como la penetración e infección de las plantas, y con el manejo de invernaderos con humedades relativas iguales o inferiores a 85% podría reducirse la esporulación del patógeno, condición que limitaría la presión de inóculo en el cultivo y la ocurrencia de ciclos sucesivos de la enfermedad.

Contrario a lo que ocurre en el valle de San Joaquín, California, donde los ataques de mildew veloso son esporádicos (Aegerter *et al.*, 2003), en la Sabana de Bogotá la presencia de la enfermedad es permanente y los ataques severos se presentan en ciertas épocas del año, asociados a altas precipitaciones. Los resultados de esta investigación con relación a diferentes componentes de la biología de la enfermedad en plantas, como el efecto de los portainjertos en diferentes variedades de rosa, si bien contribuyen al entendimiento de la enfermedad bajo condiciones de la Sabana de Bogotá, abren también una ventana al conocimiento del mildew veloso, lo que demuestra la necesidad de realizar investigaciones en los modelos de predicción de epidemias y de seguimiento histológico de la enfermedad con el fin de profundizar en él.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Asocolfiores por la financiación de la investigación, a la empresa Flores Mocari S.A. por el material vegetal proporcionado para la investigación, así como a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

Literatura citada

- Aegerter, B.J., J.J. Núñez y R.M. Davis. 2002. Detection and management of downy mildew in rose rootstock. *Plant Dis.* 86, 1336-1368.
- Aegerter, B.J., J.J. Núñez y R.M. Davis. 2003. Environmental factors affecting rose downy mildew and development of a forecasting model for a nursery production system. *Plant Dis.* 87, 732-738.
- Arbeláez, G. 1999. El mildew veloso del rosal ocasionado por *Peronospora sparsa* Berkeley. *Acopaflor* 6, 37-39.
- Gómez, C. 1998. Patrones en rosa. pp. 4-17. En: Memorias del curso de actualización "Variedades nuevas, patrones y densidades de siembra en rosa". Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Chía (Colombia).
- Gómez, S. 2004. Determinación de componentes de la biología de *Peronospora sparsa* Berkeley y caracterización de la respuesta de tres variedades de rosa a la infección del patógeno bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 69 p.
- Harwood, C. 1995. Adventures of a rose pathologist. *Adv. Plant Pathol.* 2, 311-312.
- Heist, E.P., W.C. Nesmith y C.L. Schardl. 2001. Cocultures of *Peronospora tabacina* and *Nicotiana* species to study host-pathogen interactions. *Phytopathol.* 91, 1224-1230.
- Horst, R.K. 1998. Compendio de enfermedades en rosa. APS Press, Minnesota.
- Mesa, D.F y E. Torres. 2002. La incidencia evaluada en tallos y estructuras subordinadas permite distinguir las tasas diferenciales de progreso de la gota. En: Memorias XXIII Congreso Ascolfi. 3 a 6 de julio de 2002. Bogotá.
- Urrea, K. 2003. Evaluación de la eficacia de cinco fungicidas para el control de mildew veloso en un cultivo comercial de rosa, variedad 'Charlotte', en la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.