

**INFLUENCIA DEL TIPO DE PLANTA, RESPUESTA DEL HOSPEDANTE  
A LA INFECCION Y TRATAMIENTO DEL SUELO  
SOBRE LA DINAMICA DE LA POBLACION DE  
*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, EN UN SUELO COLOMBIANO**

**Effect of plant type, host response to infection and soil treatment  
on population dynamics of  
*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* in a Colombian soil.**

Oliverio Camargo<sup>1</sup>, Juan Carlos Sanabria<sup>1</sup>, Germán Arbeláez<sup>2</sup> y  
Juan Ospina<sup>3</sup>

**RESUMEN**

Este estudio se condujo para determinar la influencia de dos tipos de plantas (cultivares estándar y miniatura), dos respuestas del hospedante a la infección (resistencia y susceptibilidad), dos tratamientos al suelo con fumigantes (Dazomet y Formol) y dos tipos de testigos (Absoluto [parcelas sin aplicación de fumigantes y sin plantas enfermas, T<sub>A</sub>] y Relativo [parcelas sin aplicación de fumigantes y con plantas enfermas, T<sub>R</sub>]) sobre la densidad de la población de *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* y la incidencia de la enfermedad en un suelo de un cultivo comercial de clavel, localizado en el municipio de Gachancipá, Cundinamarca. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar en un arreglo factorial 2 x 2 x 4, con cuatro replicaciones, para un total de

16 tratamientos. El procedimiento consistió en el conteo de unidades formadoras de colonias del hongo a partir de muestras de suelo tomadas bimensualmente de la rizósfera de las plantas. El muestreo del suelo se desarrolló en tres áreas: planta foco (F) o planta infectada (o una planta al azar en caso de T<sub>A</sub>), plantas adyacentes 1 o plantas inmediatamente vecinas a la planta foco (A<sub>1</sub>) y plantas adyacentes 2 (A<sub>2</sub>) o plantas inmediatamente vecinas a las plantas A<sub>1</sub>. Las poblaciones del hongo en el suelo fueron similares en los dos tratamientos al suelo y en los dos testigos utilizados, pero descendieron durante el tiempo de muestreo. Las poblaciones más altas del hongo se presentaron, inicialmente, en las parcelas asignadas a los tratamientos con Formol y Dazomet y las poblaciones más bajas se observaron en los testigos absoluto y relativo. La mayor tasa de descenso de la población se presentó en el tratamiento con formol al suelo. De acuerdo con el tipo de cultivar, la población más alta del hongo se presentó en los cultivares estándar y la menor población, en los cultivares miniatura. La mayor población del hongo en el suelo se presentó en los cultivares resistentes y la menor población se encontró en los cultivares susceptibles. La población del hongo en el suelo no presentó un gradiente espacial consistente entre las áreas Foco, A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>. En las pruebas de pato-

1 Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá D.C.

2 Profesor Titular, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá D.C.

3 Profesor Asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá D.C.

genicidad, en donde se inocularon 90 aislamientos del hongo, solo 18 de ellos fueron capaces de ocasionar enfermedad en plantas de clavel. Este resultado muestra la abundancia de formas no patógenas de *Fusarium oxysporum* en cultivos de clavel.

**Palabras claves:** clavel, *Dianthus caryophyllus*, marchitamiento vascular, epidemiología.

## SUMMARY

This study was conducted to assess changes in density of *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* and disease incidence in the soil of a carnation crop in Gachancipá, Cundinamarca, Colombia, effected by plant type (standard vs. miniature), host response to infection (resistant vs. susceptible), and soil treatment (dazomet vs. formaline) vs. "absolute control" (non-fumigated plots without disease plants, T<sub>A</sub>) vs. "relative control" (non-fumigated plots with disease plants, T<sub>R</sub>). The experiment consisted of sixteen treatments arranged as 2 x 2 x 4 factorial with four replications in a completely randomized design. The procedure was to count colony forming units (cfu) of the fungus from soil samples taken bimonthly from the rhizosphere of plants. Sampling areas within each experimental plot were defined as disease progressed, with the view to allow the establishment of three sampling units: at site F, an infected plant (or at random plant in the case of T<sub>A</sub>), at site A<sub>1</sub>, an immediate neighbor plant taken at random, and at site A<sub>2</sub>, one plant taken at random from the next-to-immediate row or column in the plant grid. The largest initial cfu densities were observed in plots assigned to dazomet and formaline, and the smallest in plots assigned to control treatments. CfU values decreased over time in the treatments with dazomet and formaline. Regarding host factors, the largest densities of the fungus in the soil occurred around resistant plants. No consistent spatial gradient in cfu density could be discerned among sampling sites F, A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub>. Pathogenicity tests using 90 isolates of *Fusarium oxysporum* revealed that only 18 were capable of infecting carnation. This result points at the relative abundance of non-pathogenic forms of *Fusarium oxysporum* in carnation farms.

## Keywords

carnation, *Dianthus caryophyllus*, vascular wilt, epidemiology.

## INTRODUCCION

El marchitamiento vascular del clavel, causado por el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, constituye un factor limitante en la producción y causa pérdidas muy importantes en el cultivo del clavel en Colombia. El conocimiento del comportamiento de la población del hongo en el suelo es de primordial importancia para lograr un manejo adecuado de la enfermedad.

La mayoría de las empresas productoras de clavel estándar y miniatura, localizadas en la Sabana de Bogotá, se encuentran afectadas por la enfermedad en mayor o menor grado. Muchas de las medidas de control aplicadas no han resultado efectivas en el país, debido al sistema de cultivo utilizado, a las variadas formas de diseminación del patógeno y a su alta persistencia en el suelo (Arbeláez et al, 1993).

La incidencia de la enfermedad depende de la concentración de inóculo del patógeno en el suelo, presentándose una relación directa entre su densidad en el suelo antes de la siembra y la incidencia posterior de la enfermedad (Parra, 1988); dicha incidencia puede modificarse, también, por las condiciones ambientales (Vanderplank, 1963).

La estimación periódica de la población del hongo en el suelo permite predecir la futura incidencia de la enfermedad en un área determinada y, además, permite tomar decisiones sobre las medidas de control para aplicar.

El hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* puede diseminarse, principalmente, por esquejes infectados, por movimiento de suelo infestado de un área a otra a través de maquinaria, herramientas y equipos de labranza, mangueras de riego y fumigación, de los trabajadores y por el agua de riego (Baker, 1980; Rattink, 1977).

El estudio epidemiológico de la enfermedad permite conocer la interacción de las poblaciones del patógeno en el suelo con las poblaciones de

la planta hospedante para entender el comportamiento de la enfermedad en el tiempo y en el espacio y, así, aplicar las medidas más convenientes para la reducción de la cantidad de inóculo inicial y de la tasa de desarrollo de la enfermedad (Berger, 1977; Zadoks y Schein, 1979).

Los objetivos del trabajo fueron:

1. Estimar la densidad de población de *Fusarium oxysporum* en el suelo donde se presentó la enfermedad y en la zona de erradicación de las plantas afectadas, en donde, previamente, se realizaron tratamientos para reducir el inóculo del patógeno.
2. Determinar la patogenicidad de 90 aislamientos de *Fusarium oxysporum* obtenidos de diversas muestras de suelo.
3. Estudiar la dinámica de la enfermedad en el tiempo y en el espacio de un bloque comercial de clavel.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo, en su parte de campo se llevó a cabo en la finca de la Empresa Queen's Flowers de Colombia, localizada en el municipio de Gachancipá, Cundinamarca. La determinación de las poblaciones del hongo en el suelo se hizo en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, en Santafé de Bogotá.

### Estimación de las poblaciones de *Fusarium oxysporum* en el suelo

Las muestras de suelo para el análisis de la población de *Fusarium oxysporum* se tomaron en 96 sitios seleccionados de acuerdo con los tratamientos previamente realizados al suelo con formol y con Dazomet. También, se tomaron muestras de las plantas donde recientemente se había detectado la enfermedad, o sea, un foco nuevo y a las cuales no se realizó tratamiento alguno (Testigo Relativo, T<sub>R</sub>). Igualmente, se obtuvieron muestras de plantas aparentemente sanas y que no presentaron algún síntoma de la enfermedad y sin aplicación de fumigantes (Testigo Absoluto, T<sub>A</sub>).

Las muestras de suelo se tomaron con un barreno holandés, desinfectado con formol al 5% y se obtuvieron alrededor de la rizósfera de las plantas a una profundidad no mayor de diez centímetros.

Para la toma de las muestras de suelo se consideraron tres áreas de muestreo, de la manera siguiente (Figura 1):

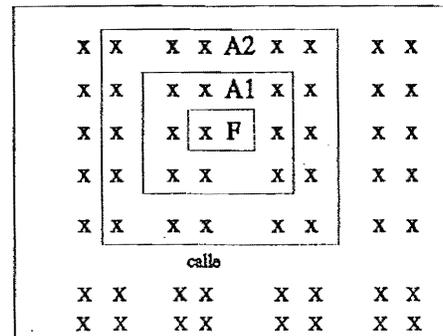


Figura 1. Esquema de la distribución de las áreas de muestreo [en las camas].

X = representa la planta de clavel.  
 F = planta afectada por la enfermedad (planta foco).  
 A1 = plantas vecinas a la planta foco.  
 A2 = plantas vecinas a las plantas adyacentes

1. Planta foco: planta afectada por la enfermedad (F).
2. Plantas adyacentes 1: plantas vecinas a la planta foco (A<sub>1</sub>).
3. Plantas adyacentes 2: plantas vecinas a las plantas adyacentes 1 (A<sub>2</sub>).

El muestreo de suelo se efectuó tres veces, a los 11, 13 y 15 meses de edad de las plantas. Para las plantas foco, se tomó un cuarto muestreo a los 17 meses de edad de las mismas. El muestreo se realizó en plantas de variedades de clavel estándar y de clavel miniatura, las cuales pre-

sentaban diferentes respuestas de resistencia o susceptibilidad a la enfermedad.

El tratamiento con formol se hizo en la planta foco y en las 29 plantas aledañas a la misma, es decir, por cada planta enferma se trataron ésta y las plantas de los dobles surcos vecinos, o sea, se trataron 30 plantas de los tres dobles surcos; estas plantas recibieron formol a razón de 30 cm. por planta, se cortaron por la base y el suelo se tapó con polietileno negro; las muestras se tomaron a los siete meses de haber realizado el tratamiento descrito.

Otras muestras se tomaron de los sitios donde previamente se habían detectado plantas enfermas y, después de su arranque, se trataron con Dazomet en dosis de 70 g/m<sup>2</sup> antes de la siembra del nuevo cultivo de clavel.

La población del hongo se determinó mediante el método de las diluciones decimales, utilizando el medio selectivo para *Fusarium oxysporum* de Komada (1975).

El diseño experimental empleado fué completamente al azar en un arreglo factorial de 2 x 2 x 4, con cuatro repeticiones y cuatro épocas de muestreo. Las variables estudiadas fueron dos tipos de cultivares de clavel (estándar y miniatura), dos niveles de respuesta de los cultivares a la infección (resistente y susceptible), dos tratamientos al suelo con fumigantes (Dazomet y Formol) y dos tipos de testigos (Absoluto y Relativo).

#### **Pruebas de Patogenicidad**

Para determinar la patogenicidad de los aislamientos de *Fusarium oxysporum* obtenidos del suelo, se inocularon 90 aislamientos en la variedad de clavel estándar U Conn., la cual es susceptible a las razas 2 y 4 del patógeno. De los 90 aislamientos seleccionados, 15 correspondieron a tratamientos con formol, 28 a tratamientos con Dazomet, 17 al Testigo Relativo y 30 al Testigo Absoluto.

La inoculación de cada aislamiento a probar se hizo mediante la inmersión de las raíces de los esquejes en una suspensión de un millón de esporas por mililitro, durante 15 segundos. Los es-

quejes se sembraron individualmente en bolsas de polietileno que contenían un kilogramo de suelo esterilizado y se mantuvieron en un invernadero de vidrio durante 16 semanas; observaciones semanales para registrar los síntomas de la enfermedad se hicieron hasta la finalización del experimento. Cada aislamiento se inoculó en cinco plantas de clavel.

#### **Estudio Epidemiológico**

El área de estudio se localizó en el Bloque 5 de la finca en donde se realizó la investigación, por presentar una infestación alta de la enfermedad y un gran número de focos de plantas enfermas en las dos siembras de clavel realizadas anteriormente. Los muestreos para la observación de las plantas enfermas se hicieron cada 15 días, al igual que la determinación del avance de los focos de plantas enfermas; para el efecto se realizaron mapas y, mediante un estudio epidemiológico, se realizó un diagnóstico de la dinámica de la enfermedad en el campo, con la estimación de la tasa de incremento y de la dispersión de la enfermedad.

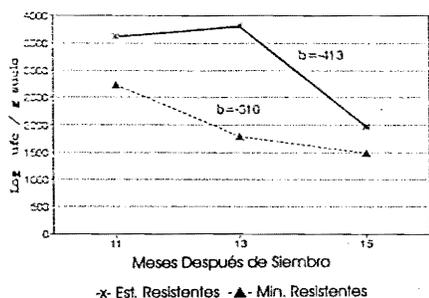
Los modelos matemáticos seguidos fueron el monomolecular, el logístico y el de Gompertz. Los datos se transformaron para determinar el modelo o modelos que se ajustaron a la prueba estadística. Los parámetros epidemiológicos, dentro de los modelos, se usaron para el análisis del comportamiento de la enfermedad en el tiempo. El estudio espacial se hizo a nivel descriptivo, mediante el método de la varianza del cuadrante, el cual permite determinar el patrón seguido por el patógeno en el espacio. Los datos se procesaron con el paquete estadístico SAS.

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

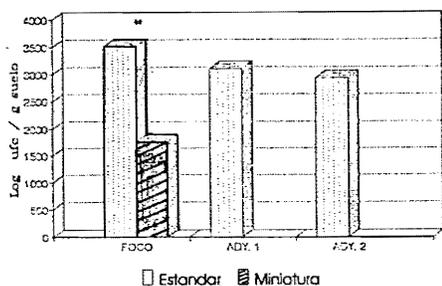
#### **Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en la rizósfera de cultivares estandar y miniatura**

Las poblaciones iniciales de *Fusarium oxysporum* en la rizósfera de las plantas aparentemente sanas (Testigo Absoluto) mostraron un descenso en su densidad y fluctuaron entre 1.490 y 2.700 ufc/g de suelo para los cultivares miniatura

resistentes y, para los cultivares estándar resistentes, variaron entre 1.970 y 3.600 ufc/g de suelo. La tasa de descenso de la población del hongo fué de -310 ufc/mes para los cultivares miniatura resistentes y de -413 ufc/mes para los cultivares estándar resistentes (Figura 2).



**Figura 2.** Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el área de influencia de la planta Foco para los cultivares de clavel estándar resistentes y Miniatura resistentes, en el Tratamiento Testigo Absoluto.



**Figura 3.** Población de *Fusarium oxysporum* en la rizosfera de las plantas Foco, Adyacentes 1 y Adyacentes 2, de acuerdo con el tipo de cultivar en el Testigo Relativo a los 13 meses después de la siembra.

\*\*se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos cultivares.

En cuanto el tipo de cultivar, los cultivares estándar, que son los más susceptibles a la enfermedad, presentaron una mayor población del hongo a nivel de la rizósfera que los cultivares miniatura (Cuadro 1 y Figura 3).

**Cuadro 1.** Población de *Fusarium oxysporum* para el tratamiento Testigo Absoluto, expresado en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, de acuerdo con el tipo de cultivar de clave, en las tres fechas de muestreo.

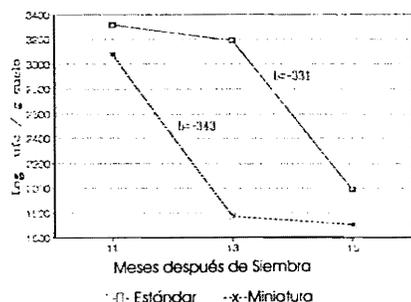
	11 meses de edad del cultivo		13 meses de edad del cultivo		15 meses de edad del cultivo	
	Estándar	Miniat.	Estándar	Miniat.	Estándar	Miniat.
Foco	3289 +	3004	3505**	1767	1989	1704
Adyacentes 1	3477	3015	3100			
Adyacentes 2	3184	3206	2935			

+ = cada dato es el promedio de cuatro replicaciones por área de muestreo.

\*\* = se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos cultivares.

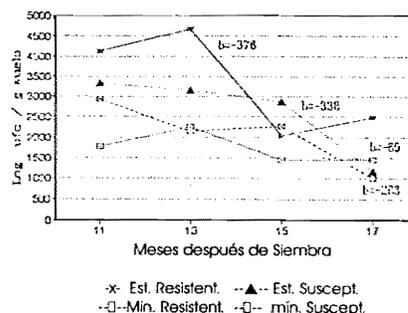
La comparación de las curvas de densidad de población del hongo en el tiempo, de acuerdo con el tipo de cultivar, presentó una respuesta de tipo lineal. En los cultivares estándar, la población del hongo tendió, inicialmente, a mantenerse constante en el curso de las dos primeras fechas de muestreo, pero, luego, mostró un descenso marcado. Estos mismos cultivares presentaron las poblaciones más altas del hongo en las tres fechas de muestreo (Cuadro 2 y Figura 4). Este hecho parece deberse a que los cultivares estándar producen mayor cantidad de exudados en sus raíces, los cuales estimulan un aumento en la población del hongo y, además, producen un mayor volumen de raíces que los cultivares miniatura. Al comparar las tasas de la población del hongo, los cultivares miniatura mostraron un descenso más rápido ( $b=-343$

ufc/mes), que los cultivares estándar ( $b=-331$  ufc/mes) (Figura 4).



**FIGURA 4.** Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el tiempo para los cultivares Estándar y Miniatura, en el Tratamiento Testigo Absoluto.

La población del hongo en la rizósfera de los cultivares estándar resistentes, después de haberse registrado una planta enferma nueva, aumentó en los dos meses subsiguientes (11 a 13 meses) y, luego, descendió rápidamente con una tasa de  $-376$  ufc/mes. En los cultivares estándar susceptibles, la población del hongo, desde el momento en que la planta manifestó los



**FIGURA 5.** Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el área de influencia de la planta Foco para los cultivares Estándar y Miniatura, de acuerdo con el tipo de respuesta diferencia de resistencia o susceptibilidad al hongo en el Tratamiento Testigo Relativo.

síntomas de la enfermedad, comenzó a descender lentamente con una tasa de  $-337$  ufc/mes. El descenso en la población del hongo en los cultivares miniatura no fue tan pronunciado. La tasa de descenso de la población del hongo para los cultivares miniatura resistentes y susceptibles fue de  $-283$  y  $89$  ufc/mes, respectivamente (Cuadro 2 y Figura 5).

**Cuadro 2.** Población de *Fusarium oxysporum* para el tratamiento Testigo Relativo, expresada en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, de acuerdo con el tipo de cultivar, en las cuatro fechas de muestreo.

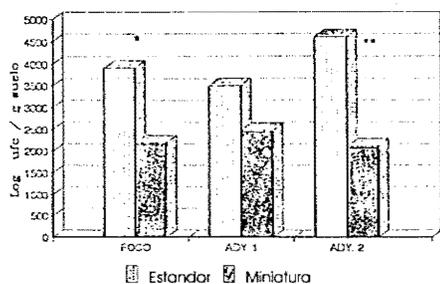
	11 meses de edad del cultivo		13 meses de edad del cultivo		15 meses de edad del cultivo		17 meses de edad del cultivo	
	Estándar	Miniatura	Estándar	Miniatura	Estándar	Miniatura	Estándar	Miniatura
Foco	3727 +	2352	3910 *	2198	2453	1849	1831	259
Adyacentes 2	3496	2266	3508	2479	3089	1675		
Adyacentes 1	4683	3508	4592 **	2116 **	1861	2278		

+ = cada dato es el promedio de cuatro replicaciones por área de muestreo.

\* y \*\* = se presentaron diferencias significativas y altamente significativas entre los dos cultivares.

Tanto en el grupo de cultivares estándar, como en el de cultivares miniatura, la población del hongo en la rizósfera de los cultivares resistentes fue mayor que aquélla de los cultivares susceptibles. Este fenómeno lo explica Baayen (1988), quien observó que la resistencia del clavel a *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* se fundamenta en la localización física del patógeno dentro de las raíces y tallos de la planta y en la producción de fitoalexinas.

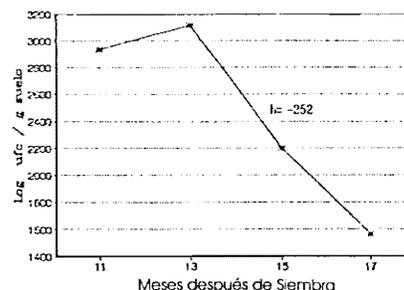
Las poblaciones del hongo *Fusarium oxysporum* en la rizósfera de los dos cultivares de clavel, en las tres áreas de muestreo, no presentaron diferencias significativas (Cuadro 2). Por consiguiente, se puede observar que, a partir de la planta foco, no se encontró un gradiente espacial de aumento en la población del hongo hacia las áreas vecinas (Figura 6). Las plantas situadas en las áreas adyacentes 1 y adyacentes 2 se mantuvieron aparentemente libres de la enfermedad, o sea, que no presentaron algún tipo de síntoma de la enfermedad.



**FIGURA 6.** Población de *Fusarium oxysporum* en la rizósfera de la planta Foco, Adyacentes 1 y Adyacentes 2, a los 13 meses de edad del cultivo de acuerdo con el tipo de cultivar en el Tratamiento Testigo Relativo.

\*y \*\* se presentaron diferencias significativas y altamente significativas entre los dos cultivares.

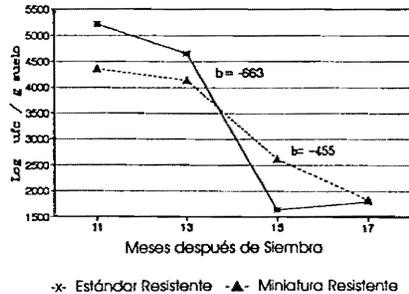
En general, la dinámica de la población para el Testigo Relativo fue similar a los otros tratamientos observados. En la primera fecha de muestreo, se observó una población alta (2.936 ufc/g de suelo), la cual continuó su aumento, alcanzando, en la segunda fecha de muestreo, 3.117 ufc/g de suelo; a partir de la segunda fecha (13 meses), la población comenzó a descender, debido, posiblemente, al agotamiento de los patios de infección. La tasa de descenso del hongo fué de -252 ufc/mes (Figura 7).



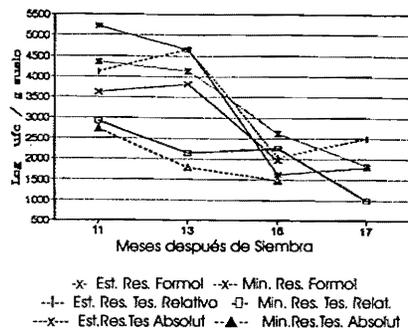
**FIGURA 7.** Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el tiempo para el Tratamiento Testigo Relativo.

Los muestreos para la determinación de la población del hongo se iniciaron a los 11 meses de edad del cultivo y la aplicación de Formol se hizo siete meses antes de comenzar el muestreo. Es decir, que las plantas tenían cuatro meses de edad cuando expresaron los primeros síntomas de la enfermedad. Para este tratamiento, los cultivares estándar resistentes mostraron una población inicial de 5.209 ufc/g de suelo a los 11 meses, la cual descendió hasta 1.792 ufc/g de suelo a los 17 meses de edad del cultivo. La población inicial registrada para los cultivares miniatura resistentes fue de 4.363 ufc/g de suelo y la población final, a 17 meses de edad del culti-

vo, fué de 1.832 ufc/g de suelo (Figura 8). La tasa de descenso de la población para los cultivares estándar resistentes fue de -663 ufc/mes y la misma, para los cultivares miniatura resistentes, fue de -455 ufc/mes.



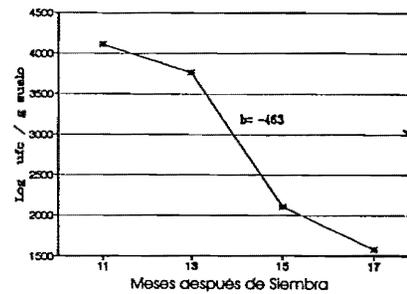
**FIGURA 8.** Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el área de influencia de la planta Foco para los cultivares Estándar y Miniatura resistentes en el Tratamiento con Formol.



**FIGURA 9.** Comparación de la dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el área de influencia de la planta Foco para los cultivares Estándar y Miniatura resistentes en los Tratamientos Formol, Testigo Relativo y Testigo Absoluto.

La población de *Fusarium oxysporum* en el tratamiento con Formol comparada con aquellas poblaciones encontradas en los tratamientos Testigo Absoluto y Testigo Relativo en los cultivares resistentes fué más alta al iniciar los muestreos (Figura 9).

En general, en el tratamiento con Formol, se encontró una población inicial más alta, alcanzando 4.115 ufc/g de suelo y, a partir de este dato, comenzó el descenso de la población, el cual fué más apreciable entre los 13 y 15 meses de edad; lo anterior permitió que la tasa de aumento fuera la mayor, en comparación con los tres tratamientos en estudio; la tasa de descenso de población para el tratamiento con Formol fué de -463 ufc/mes y, para el Testigo Relativo, fué de -252 ufc/mes (Figura 10).

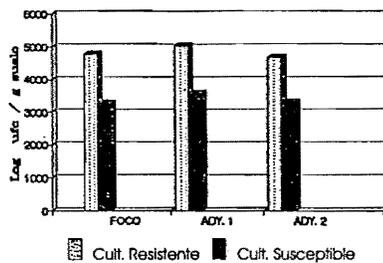


**FIGURA 10.** Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el tiempo para el tratamiento con Formol al suelo.

Las poblaciones de *Fusarium oxysporum* en la rizósfera de los cultivares resistentes y susceptibles para las tres áreas de muestreo no presentaron diferencias significativas (Cuadro 3). Por consiguiente, no se observó un gradiente de aumento de la población del hongo a partir del sitio donde estuvo La planta foco hacia las áreas vecinas (Figura 11).

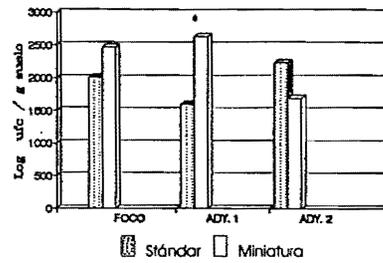
De acuerdo con el tipo de cultivar, tampoco, se presentaron diferencias, por lo cual, no se observó un gradiente espacial de aumento de la población del hongo a partir de la planta foco (Cuadro 4). En la mayoría de los casos, al comparar las poblaciones entre los cultivares estándar y miniatura, la

densidad más alta se obtuvo en los cultivares estándar. En el tratamiento con Formol, este fenómeno, también, se observó en las evaluaciones efectuadas a los 11 y a los 13 meses de edad del cultivo (Cuadro 4), excepto para el muestreo realizado a los 15 meses (Figura 12).



**FIGURA 11.** Población de *Fusarium oxysporum* en el Tratamiento con Formol al suelo de acuerdo con el tipo de respuesta diferencial de resistencia o susceptibilidad al hongo en las tres áreas de muestreo, a los 11 meses de edad del cultivo.

\*se presentaron diferencias significativas entre los dos cultivares.



**FIGURA 12.** Población de *Fusarium oxysporum* en el Tratamiento con Formol al suelo de acuerdo con el tipo de cultivar en las tres áreas de muestreo, a los 15 meses de edad del cultivo.

\*se presentaron diferencias significativas entre los dos cultivares.

**Cuadro 3.** Población de *Fusarium oxysporum* para el tratamiento con Formol al suelo, expresada en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, de acuerdo con el tipo de respuesta diferencial de resistencia o susceptibilidad al hongo, en las cuatro fechas de muestreo (meses de edad del cultivo)

	11 meses de edad del cultivo		13 meses de edad del cultivo		15 meses de edad del cultivo		17 meses de edad del cultivo	
	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible
Foco	4786 +	3278	4396 *	2914	2129	2342	1812	1352
Adyacentes 2	5050	3569	4683	3323	1686	2551		
Adyacentes 1	4683	3323	4205 **	3002	1573	2350		

+ = cada dato es el promedio de cuatro replicaciones por área de muestreo.

\* se presentaron diferencias significativas entre los dos cultivares.

**Cuadro 4.** Población de *Fusarium oxysporum* para el tratamiento con Formol al suelo, expresada en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, de acuerdo con el tipo de cultivar, en las cuatro fechas de muestreo (meses de edad del cultivo)

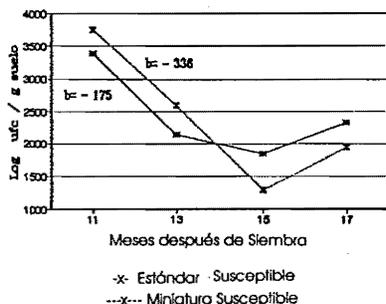
	11 meses de edad del cultivo		13 meses de edad del cultivo		15 meses de edad del cultivo		17 meses de edad del cultivo	
	Estándar	Miniatura	Estándar	Miniatura	Estándar	Miniatura	Estándar	Miniatura
Foco	4377 +	3686	4204 *	3106	2007	2464	1380	1784
Adyacentes 1	4376	4243	4584	3421	1602 *	2635		
Adyacentes 2	4584	3421	4216 **	2989 **	2233	1689		

+ = cada dato es el promedio de cuatro replicaciones por área de muestreo.

\* se presentaron diferencias significativas entre los dos cultivares.

El tratamiento con Dazomet al suelo, efectuado antes de la siembra de los cultivares de clavel, pretendió reducir significativamente el inóculo del patógeno, formado en el ciclo anterior de producción de clavel.

La población promedio de *Fusarium oxysporum* registrada en el área de la rizósfera fue de 3.749 ufc/g de suelo en la primera fecha de muestreo para los cultivares miniatura susceptibles y de 3.393 ufc/g de suelo para los cultivares estándar susceptibles (Figura 13).



**FIGURA 13.** Dinámica poblacional de *Fusarium oxysporum* en el tiempo en el área de influencia de la planta Foco para los cultivares Estándar y Miniatura susceptibles en el Tratamiento con Dazomet.

A pesar de las altas poblaciones del hongo en la rizósfera, en la mayoría de los casos no se registraron nuevos focos de infección. Sólo, en algunos cultivares miniatura susceptibles, se registraron plantas enfermas en la última fase del muestreo.

De acuerdo con lo anterior, en los dos tipos de cultivares se presentó un descenso en la población del hongo hasta los 15 meses de edad del cultivo, cuando se registró, en los cultivares estándar susceptibles, 1.848 ufc/g de suelo y, en los cultivares miniatura susceptibles, 1.293 ufc/g de suelo. A partir de esta fecha, la población del hongo mostró un aumento en los dos tipos de cultivares. Los cultivares estándar susceptibles alcanzaron una población de 2.324 ufc/g de suelo a los 17 meses de edad del cultivo y los cultivares miniatura susceptibles alcanzaron una densidad de 1.943 ufc/g de suelo. La mayor tasa de descenso de la población, en este caso, la presentaron los cultivares miniatura susceptibles ( $b = -336$  ufc/mes) y la menor tasa se presentó en los cultivares estándar susceptibles ( $b = -175$  ufc/mes).

La población del hongo, registrada en el tratamiento con Dazomet, en la primera fecha de muestreo fue muy similar a la población observada en el tratamiento con Formol, aunque la población final sufrió un aumento en la cuarta fecha de muestreo, como consecuencia de algunas infecciones tardías.

**Cuadro 5.** Población de *Fusarium oxysporum* para el tratamiento con Dazomet al suelo, expresada en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, de acuerdo con el tipo de respuesta diferencial de resistencia o susceptibilidad, en las cuatro fechas de muestreo

	11 meses de edad del cultivo		13 meses de edad del cultivo		15 meses de edad del cultivo		17 meses de edad del cultivo	
	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible
Foco	4544 *	3571	2250 *	2374	2204	1570	1397	2134
Adyacentes 1	4015	3990	4381	4141	2114	1662		
Adyacentes 2	4381	4141	2130 **	1950	2339	1393		

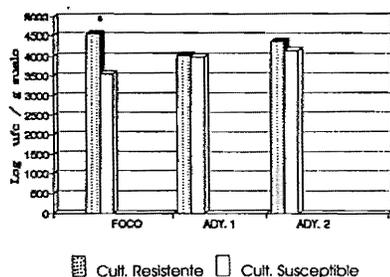
+ = cada dato es el promedio de cuatro replicaciones por área de muestreo.

\* = se presentaron diferencias significativas entre los dos cultivares.

Las poblaciones de *Fusarium oxysporum* en la rizósfera, tanto en los cultivares resistentes, como en la de los cultivares susceptibles, para las tres áreas de muestreo no presentaron diferencias significativas (Cuadro 5). Por consiguiente, a partir de la planta foco no se observó un gradiente de aumento de la población del hongo hacia las áreas adyacentes. En la comparación de las poblaciones del hongo por cultivar de clavel

resistente o susceptible, sólo se determinaron diferencias en el estrato foco, presentando, nuevamente, los cultivares resistentes la mayor población (Figura 14).

De acuerdo con el tipo de cultivar y el tipo de respuesta diferencial de resistencia o susceptibilidad al hongo, se observó que los cultivares estándar resistentes presentaron la mayor densidad del hongo en la rizósfera de la planta foco. En cuanto a los cultivares miniatura, a los 11 meses, en los estratos adyacentes 1 y 2, se presentó un resultado inverso, o sea, los cultivares susceptibles presentaron una mayor población que los resistentes (Cuadro 6 y Figura 15). En cuanto a la comparación de las poblaciones del hongo dentro de estos mismos parámetros, sólo, se determinaron diferencias a los 11 meses de edad en los estratos Adyacentes 1 y Adyacentes 2, siendo las diferencias significativas en el primero y altamente significativas en el segundo (Figura 15).



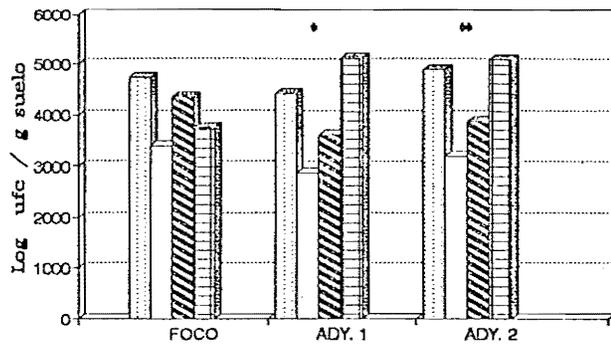
**FIGURA 14.** Población de *Fusarium oxysporum* en el Tratamiento con Dazomet al suelo, de acuerdo con el tipo de respuesta diferencial de resistencia o susceptibilidad al hongo, a los 11 meses de edad del cultivo. \*se presentaron diferencias signitivas

La mayoría de los aislamientos de *Fusarium oxysporum* fueron no patogénicos en plantas de clavel, encontrándose que 72 de los 90 aislamientos inoculados fueron no patogénicos (77%), y solamente 18 aislamientos fueron patogénicos (23%). Este resultado muestra la abundancia de aislamientos de *Fusarium oxysporum* no patogénicos o de formas especiales diferentes a la forma *dianthi* en los suelos en donde se realizó la investigación. Esta alta población de

**Cuadro 6.** Población de *Fusarium oxysporum* para el tratamiento con Dazomet al suelo, expresada en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, de acuerdo con la interacción tipo clavel por tipo de respuesta diferencial de resistencia o susceptibilidad al hongo, en las cuatro fechas de muestreo.

	11 meses de edad del cultivo				13 meses de edad del cultivo			
	Estándar Resistente	Estándar Susceptible	Miniatura Resistente	Miniatura susceptible	Estándar Resistente	Miniatura Susceptible	Estándar Resistente	Miniatura Susceptible
Foco	4379 +	3393	4349	3749	3005	2145	1495	2603
Adyacentes 1	4422	2863	3607 **	5116	4884	3186	3879	5096
Adyacentes 2	4884	3186	3879 **	5096 **	3104	1724	1400	2176
	15 meses de edad del cultivo				17 meses de edad del cultivo			
	Estándar Resistente	Estándar Susceptible	Miniatura Resistente	Miniatura Susceptible	Estándar Resistente	Estándar Susceptible	Miniatura Resistente	Miniatura Susceptible
Foco	2603 +	1848	1805	1293	1298	2324	1495	1943
Adyacentes 1	2138	2183	2095	1142				
Adyacentes 2	2369	1991	2309	795				

\*y\*\* presentaron diferencias significativas y altamente significativas entre los cuatro cultivares.  
+ = cada dato es el promedio de cuatro replicaciones por área de muestreo.



**FIGURA 15.** Población de *Fusarium oxysporum* las tres áreas de muestreo para el tratamiento con Dazomet al suelo, a los 11 meses de edad del cultivo. \* y\*\* se presentaron diferencias significativas y altamente significativas entre los cuatro cultivares.

Estándar Res. Estándar Susce. Miniatura Resis. Miniatura Susce.

**Cuadro 7.** Origen, patogenicidad e incidencia de los 90 aislamientos de *Fusarium oxysporum* inoculados.

	Tratamiento Formol	Tratamiento zomet	Testigo Relativo	Testigo soluto	Promedio
Número y porcentaje de aislamientos no patogénicos	8 - 53,4%	24 - 85,7%	14 - 82,4%	26 - 86,7%	77% - (85%)
Número y porcentaje de aislamientos patogénicos	7 - 46,6%	4 - 14,3%	3 - 17,6%	4 - 13,3%	23% - (15%)
Incidencia	15 - 80%	28 - 60%	17 - 60%	30 - 60%	65% - (60)%

formas no patógenas del hongo debe evaluarse más profundamente para establecer la potencialidad de algunos de esos aislamientos en el control biológico de la enfermedad.

La incidencia promedio de enfermedad fue del 65 %, coincidiendo, nuevamente, que los aislamientos provenientes de los sitios tratados con Formol mostraron el nivel de incidencia más alto (80 %) (Cuadro 7).

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Queens Flower de Colombia y a los doctores Enrique García, Alejandro Saavedra y Mauricio Hernández por el apoyo brindado a la investigación, así como a los profesores Enrique Torres, Ernesto Guevara y Germán Tovar por sus comentarios y sugerencias.

#### LITERATURA CITADA

1. ARBELAEZ, G., GUZMAN, S., LEON, J., GONZALEZ, M., MOLINA, J. C., PARRA, J., ANGULO, J. F., & ALVAREZ, J. D. 1993. Control integrado del marchitamiento vascular del clavel ocasionado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*. Agronomía Colombiana 10: 68-89.
2. BAAYEN, R. P. 1988. *Fusarium* wilt of carnation. Disease development, resistance mechanism of the host and taxonomy of pathogen. Ph. D. Thesis. University of Utrecht, The Netherlands.
3. BAKER, R. 1980. Measures to control *Fusarium* and *Phialophora* wilt diseases of carnation. Plant Disease 64: 743-749.
4. BERGER, R. D. 1977. Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. Annual Review of Phytopathology 15: 165-183.
5. KOMADA, H. 1975. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. Rev. Plant Protect. Res. 8: 114-125.
6. PARRA, J. 1988. Efecto de la combinación de algunos tratamientos físicos y químicos sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* en el cultivo del clavel (*Dianthus caryophyllus*) en la Sabana de Bogotá. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.
7. RATTINK, H. 1977. Spread of *Fusarium* spp. in carnation by means of water. Acta Horticulturæ 71: 103-1065.
8. VANDERPLANK, J. E. 1963. Plant diseases: epidemics and control. Academic Press, New York.
9. ZADOKS, J. C. & R. D. SCHEIN. 1979. Epidemics and plant disease management. Oxford University Press, Oxford.