

Variabilidad espacial de la temperatura superficial del suelo y de algunas variables de producción en cultivos de crisantemo bajo invernadero

Spatial variability of soil surface temperature and of some variables of production in greenhouse cultivation of chrysanthemum

Daniel Francisco JARAMILLO JARAMILLO

Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias, Escuela de Geociencias. Bloque 14 Oficina 215, Medellín, A.A. 3840. Colombia. E-mail: djaramal@unal.edu.co

Recibido: 09/12/2009 Fin de arbitraje: 20/10/2010 Revisión recibida: 07/12/2010 Aceptado: 20/12/2010

RESUMEN

En un cultivo de crisantemo bajo invernadero, variedad Delistar, se estudió la relación entre la temperatura superficial del suelo, la altura, el peso de las plantas y el diámetro de la flor, al momento de hacer la cosecha. Se encontró correlación estadísticamente significativa entre el peso de la planta, su altura y el diámetro de su flor. Mediante un diseño anidado se estudió el efecto de la distancia de muestreo sobre las variables analizadas. Se estudiaron 4 distancias: 30 m, 10 m, 5 m y 0,80 m, encontrándose que la mayor parte de la variabilidad, en todas las variables, se presentó en distancias menores a 0,80 m, con muy poca acumulación de variabilidad a distancias mayores a 5 m. Para utilizar las variables trabajadas con fines predictivos se recomienda hacer los muestreos de manera aleatoria y caracterizarlas con su valor promedio.

Palabras clave: Diseño anidado, temperatura del suelo, crisantemo, variabilidad espacial.

ABSTRACT

In a commercial greenhouse cultivation of chrysanthemum Delistar variety, the relation between superficial temperature of soil, height and weight of plants as well as flower diameter to the moment of harvest were studied. There was only statistically significant correlation between the weight of plants, with their height and diameter of their flower. A nested design was used to study the effect of sampling distance on tested variables. Four distances were studied: 30 m, 10 m, 5 m and 0,80 m, we found that most of the variability, in all variables, are presented for distances less than 0,80 m, with very little accumulation of variability at distances greater than 5 m. To use the variables worked with predictive purposes it is recommended that a random sampling and characterized by its average value.

Key words: Nested design, soil temperature, Chrysanthemum, spatial variability

INTRODUCCIÓN

La temperatura del suelo influye sobre la actividad de las raíces y de los microorganismos en él. Según el cultivo, una temperatura demasiado alta o demasiado baja puede inhibir el desarrollo y funcionamiento de la planta. La temperatura de las capas superficiales del suelo influye sobre la germinación de semillas y sobre la emergencia y crecimiento de plántulas y raíces. Se han observado problemas con germinación en suelos arenosos en el trópico debido a las temperaturas máximas altas durante el día en las capas superficiales (Forsythe, 1996; Hillel, 1998).

El valor de la temperatura del suelo y su variación en el tiempo y en el espacio determinan las tasas y direcciones de los procesos físicos y de los

intercambios de energía y masa que se dan entre el suelo y la atmósfera (Hillel, 1998).

La capacidad que tiene el suelo de transmitir calor, es decir, la conductividad térmica, depende de su composición y contenido de materiales orgánicos y minerales, así como de su contenido de agua y su aireación y es especialmente sensible a la organización de los sólidos que aquel posea (estructura y porosidad). Un suelo mojado se calienta menos que uno seco cuando absorbe cierta cantidad de calor y viceversa. La conductividad térmica de un suelo se reduce al secarse (Forsythe, 1996; Hillel, 1998).

Según el Soil Survey Staff (SSS, 1999), los procesos biológicos en el suelo están fuertemente controlados por su temperatura. A temperaturas entre

0 y 5 °C la germinación de muchas semillas y el crecimiento de las raíces de muchas plantas es imposible. Cada planta tiene sus requerimientos específicos de temperatura y éstos son altos (24 °C o más) en condiciones tropicales. Ésto también ocurre con las necesidades de la fauna del suelo para su supervivencia.

El uso de las cubiertas sobre el suelo ha sido una práctica de manejo utilizada durante siglos para generar una relación térmica suelo-agua-planta favorable. Cuando se usan cubiertas de plástico transparente hay un incremento en la temperatura del suelo hasta profundidades que, en Puerto Rico, fueron de 22.5 cm (Rivera *et al.*, 1990) y en Chile de 15 cm (Misle y Norero, 2002). Este resultado se ha llamado “solarización” o “efecto invernadero”. Dicha práctica también disminuye las pérdidas de agua por evaporación, debido a la condensación de ésta bajo la cubierta. La interacción de estas dos características hace que mejoren el rendimiento y la calidad de los cultivos y que se aceleren la floración y el llenado de frutos (Rivera *et al.*, 1990).

Los sistemas de siembra influyen en el comportamiento térmico del suelo. Chidichimo y Asbornio (2000) obtuvieron diferencias significativas entre el número de días requeridos para la germinación de plantas de trigo en Argiudoles de Argentina, cuando compararon dos sistemas de siembra: siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). Con el sistema de SD el nacimiento de las plantas se produjo a los 16 días después de la siembra, 5 días más tarde que con la LC. Con la LC también obtuvieron mayor porcentaje de emergencia, mejor establecimiento del cultivo y mayor producción de materia seca, lo que atribuyeron a unas mejores condiciones termohídricas (mayor temperatura y menos humedad) con este sistema de labranza.

La temperatura del suelo se ha determinado como una característica fundamental en el desarrollo de la raíz y en la germinación de muchas especies de plantas en floricultura. En Crisantemo se ha establecido que el medio de enraizamiento debe tener temperaturas entre 18 y 21 °C (Infoagro, s.f.a) y que la temperatura óptima del suelo para su desarrollo es de 18 °C (Sabatergrup, s.f.). Además, se ha observado que un marchitamiento ocasional de las hojas puede deberse a la presencia de bajas temperaturas en el suelo (Infoagro, s.f.a).

En Aster se recomienda tener una temperatura en el suelo de 21 °C para favorecer la germinación y, una vez producida la germinación, reducir la temperatura por debajo de este valor pero manteniéndola por encima de 15 °C, hasta el momento del trasplante (Sakata, 2007). En Gérberas se sabe que la temperatura del suelo ejerce un efecto positivo sobre el diámetro de la flor, la velocidad de la floración y sobre la longitud del pedúnculo y se recomienda que esa temperatura no sea menor a los 14 °C (Infoagro, s.f.b), estando la óptima entre 18 y 20 °C (Sabatergrup, s.f.). Se ha establecido que en los suelos fríos se bloquea la asimilación de hierro por estas plantas produciéndose una clorosis intervenla en las hojas (Infoagro, s.f.b).

Para la germinación y desarrollo de la raíz del Lisianthus se deben tener temperaturas en el suelo de entre 20 y 22 °C; desde aquí hasta el trasplante, mantener la temperatura entre 18 y 20 °C, reduciéndola a 17 ó 18 °C durante la última semana de este periodo (PanAmericanSeed, 2005).

Bongiovani (2004) establece que existe una gran variabilidad en las propiedades del suelo y, por ende, en los rendimientos que se obtienen en él. Además, dice que el suelo puede variar espacialmente en sus propiedades físicas y químicas, siendo una parte de esa variabilidad natural y otra debida al manejo que se hace en él. Ovalles (1992) comenta que la variabilidad depende de la propiedad que se considere y que las químicas varían más que las físicas, así como que la variabilidad es mayor en aquellos suelos que están siendo sometidos a uso que en los que están en su condición natural.

Goovaerts (1998) establece que detrás de un aspecto aparentemente errático puede haber alguna estructura espacial relacionada con la acción combinada de algunos procesos físicos, químicos y biológicos que actúan a diferentes escalas espaciales y cuyo efecto puede ser determinado, según Webster y Oliver (2007) y Montgomery (1991), categorizando la población en diferentes niveles o jerarquías de modo que se haga un muestreo para estimar la contribución de la varianza de cada nivel a la variabilidad total del atributo en cuestión.

Webster y Oliver (2007) resaltan el aporte que pueden hacer los diseños anidados al estudio de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo, al fraccionar la varianza en diferentes distancias de muestreo. Aplicaciones de este método de trabajo en

suelos han sido hechas por Peña *et al.* (2009) en Inceptisoles de los Llanos Orientales de Colombia, por Ovalles y Rey (1994) y Ovalles (1991) en Venezuela, por Abril y Ortiz (1996) y Castillo y Gómez (1995) en Andisoles del Oriente Antioqueño, y por Lopera y López (1997) en cultivos de flores bajo invernadero, también en el Oriente Antioqueño.

Yates *et al.* (1988) estudiaron la variabilidad espacial y temporal de la temperatura superficial en un suelo desnudo y en la canopia de un cultivo de algodón en Arizona en un campo de 1 ha y en 5 épocas diferentes. Encontraron dependencia espacial de la temperatura con rango variando entre 18 y 40 m.

Con el presente trabajo se pretende establecer si hay relación entre la temperatura del suelo medida a 10 cm de profundidad y tres propiedades de calidad de las flores de crisantemo cultivadas bajo invernadero: peso del tallo, diámetro de la flor y altura de la planta. Además, hacer un estudio exploratorio sobre la variabilidad espacial de las variables seleccionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un cultivo de flores, bajo condiciones de invernadero, ubicada en el sector de Llano Grande, Oriente Antioqueño, con coordenadas 6° 8' 31" N, 75° 25' 15" W. Se trabajó con flores de crisantemo, variedad Delistar, sembradas en camas de 30 m de largo por 1.20 m de ancho.

Los suelos en que se desarrolla este cultivo, según resultados de análisis de laboratorio hechos el 2 de mayo de 2007, son de reacción neutra (pH alrededor de 6,8), tienen una conductividad eléctrica alrededor de 0,6 dS m⁻¹, presentan texturas medias (franco limosas) y densidad aparente baja (0,69 Mg m⁻³). Tienen contenidos relativamente altos de P, K, Ca, Mg, NO₃⁻, S, Fe, Mn, Zn y B, con valores de alrededor de 78, 324, 3739, 512, 300, 100, 223, 33, 2,2 y 0,93 ppm, respectivamente. Sólo el Cu se encuentra en cantidades relativamente bajas (0,6 ppm).

Las variables evaluadas fueron:

- **T:** Temperatura del suelo a 100 mm de profundidad, medida con un termómetro digital y precisión de 0,01 °C. La lectura se hizo a una distancia aproximada de 100 mm

de la planta seleccionada para las determinaciones biológicas.

- **P:** Peso del tallo con la flor, cortado en el cuello de la planta, medido con una balanza colgante de resorte y precisión de 0,1 g.
- **D:** Diámetro de la flor medido con una regla y precisión de 1 mm.
- **A:** Altura de la planta desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la flor, medida con flexómetro y precisión de 1 mm.

La toma de datos se hizo siguiendo un diseño anidado en el cual los niveles correspondieron a diferentes distancias de muestreo (Figura 1), así:

- Nivel 1: 30 m. Corresponde a una cama de cultivo.
- Nivel 2: 10 m. Corresponde a una tercera parte de la cama de cultivo.
- Nivel 3: 5 m. Es un eje que se ubica en el centro del tercio de la cama de cultivo seleccionado para el nivel 2.
- Nivel 4: 0,8 m. Dos puntos ubicados en cada uno de los extremos del eje de 5 m. En cada uno de los puntos del nivel 4 se hicieron 2 determinaciones que sirvieron de replicaciones.

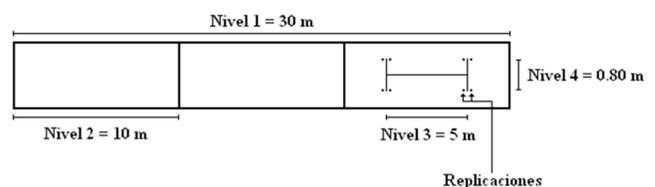


Figura 1. Vista general de un bloque de cultivo de flores bajo invernadero (Nótese las camas) y esquema de muestreo anidado.

Para llevar a cabo el muestreo se seleccionaron, al azar, 6 camas (nivel 1) en una nave compuesta por 12. Se dividió el largo de cada cama en 3 porciones iguales y se seleccionaron, también al azar, dos de ellas para conformar el nivel 2. En la parte central de cada porción de cama seleccionada en el nivel 2 se delimitó un eje de 5 m de longitud y en los extremos de este eje se ubicaron líneas perpendiculares a él y centradas de 0,80 m de longitud. En los extremos de la última línea se hicieron dos determinaciones de cada variable, espaciadas 0,20 m, que se tomaron como replicaciones para establecer el error en el análisis de varianza. Se definió así un diseño anidado con 4 niveles en el cual se replicó 6 veces el nivel 1 y 2 veces los demás, lo que dio un total de $6 \times 2 \times 2 \times 2 = 96$ muestras.

Los resultados obtenidos con todas las variables evaluadas fueron sometidos a análisis estadísticos exploratorios para estudiar sus propiedades, luego se hicieron análisis de correlación y de regresión lineal simple y múltiple entre la temperatura (variable independiente) y las variables biológicas de la planta (dependientes) y, finalmente, análisis de varianza anidado a cada una de las variables para estimar el efecto de las distancias de muestreo sobre la varianza de las mismas. Todos estos análisis estadísticos se hicieron con el programa Statgraphics 5,1 plus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los valores de los estadísticos que caracterizan las variables evaluadas.

Cuadro 1. Principales estadísticos de las variables analizadas.

| Estadístico | Temperatura (°C) | Peso planta (g) | Altura planta (cm) | Diámetro flor (cm) |
|-------------------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Tamaño de la muestra | 95 | 94 | 96 | 96 |
| Promedio | 20,28 | 56,94 | 108,5 | 15,0 |
| Mediana | 20,3 | 55,0 | 109,0 | 15,0 |
| Varianza | 0,1956 | 155,37 | 53,3 | 3,3 |
| Desviación estándar | 0,4423 | 12,47 | 7,3 | 1,8 |
| Coefficiente de variación (%) | 2,18 | 21,89 | 6,73 | 12,12 |
| Valor mínimo | 19,4 | 30,0 | 91,0 | 9,7 |
| Valor máximo | 21,4 | 85,0 | 126,0 | 19,0 |
| Rango | 2,0 | 55,0 | 35,0 | 9,3 |
| Cuartil inferior | 19,9 | 50,0 | 103,0 | 13,7 |
| Cuartil superior | 20,5 | 65,0 | 114,0 | 16,0 |
| Asimetría estandarizada | 1,26373 | 1,74103 | -0,2066 | 0,9473 |
| Kurtosis estandarizada | -0,411674 | -0,01393 | -0,9157 | 0,5542 |
| Valor p de Shapiro-Wilk | 0,09662 | 0,000965 | 0,4520 | 0,0803 |

El peso de la planta presenta alta variabilidad (coeficiente de variación de 21,89 %) y su distribución no se ajusta a una distribución normal (valor p de Shapiro-Wilk < 0,05). Las demás variables presentan coeficientes de variación bajos y todas, incluyendo el peso, tienen distribuciones simétricas.

La Figura 2 muestra valores extremos (outliers): uno en la temperatura y dos en el peso de la planta. También se presentan valores anómalos, aunque no extremos, en el diámetro de la flor. En la altura de la planta no se presentaron valores ni extremos ni anómalos. Al analizar los valores extremos no se encontró ninguna explicación para su presencia y la causa más probable de ellos es que sean producto de errores en las mediciones hechas por lo que, teniendo en cuenta ésto, además de que el tamaño de la muestra es grande y el número de aquellos valores es bajo en cada variable, se optó por eliminarlos de la base de datos (Webster y Oliver, 2007).

Los resultados del análisis de correlación entre todas las variables se exponen en la Cuadro 2. Se presentó un coeficiente de correlación lineal positivo, y significativo al 99 %, entre el peso de la planta con su altura, y negativo entre la altura y el diámetro de su flor. Entre el peso de la planta y el diámetro de la flor hubo correlación estadísticamente significativa al 99 %, positiva y no lineal. Contrario a los resultados reportados por Infoagro (s.f.b) para gérberas, no se presentó correlación significativa entre la temperatura superficial del suelo y las

variables de calidad de la producción, probablemente debido a que el rango de variación de esta propiedad edáfica es muy estrecho y sus valores se mantienen dentro de la temperatura óptima para el desarrollo de este cultivo.

Al llevar a cabo el análisis de varianza anidado para definir la importancia de la distancia de

muestreo en la variabilidad de cada una de las variables analizadas, se obtuvo el peso de cada una de las distancias de muestreo en la varianza (Cuadro 3). La Figura 3 muestra las gráficas acumulativas de la varianza para cada variable.

Los resultados del Cuadro 3 muestran que el error aporta la mayor cantidad de variabilidad en casi

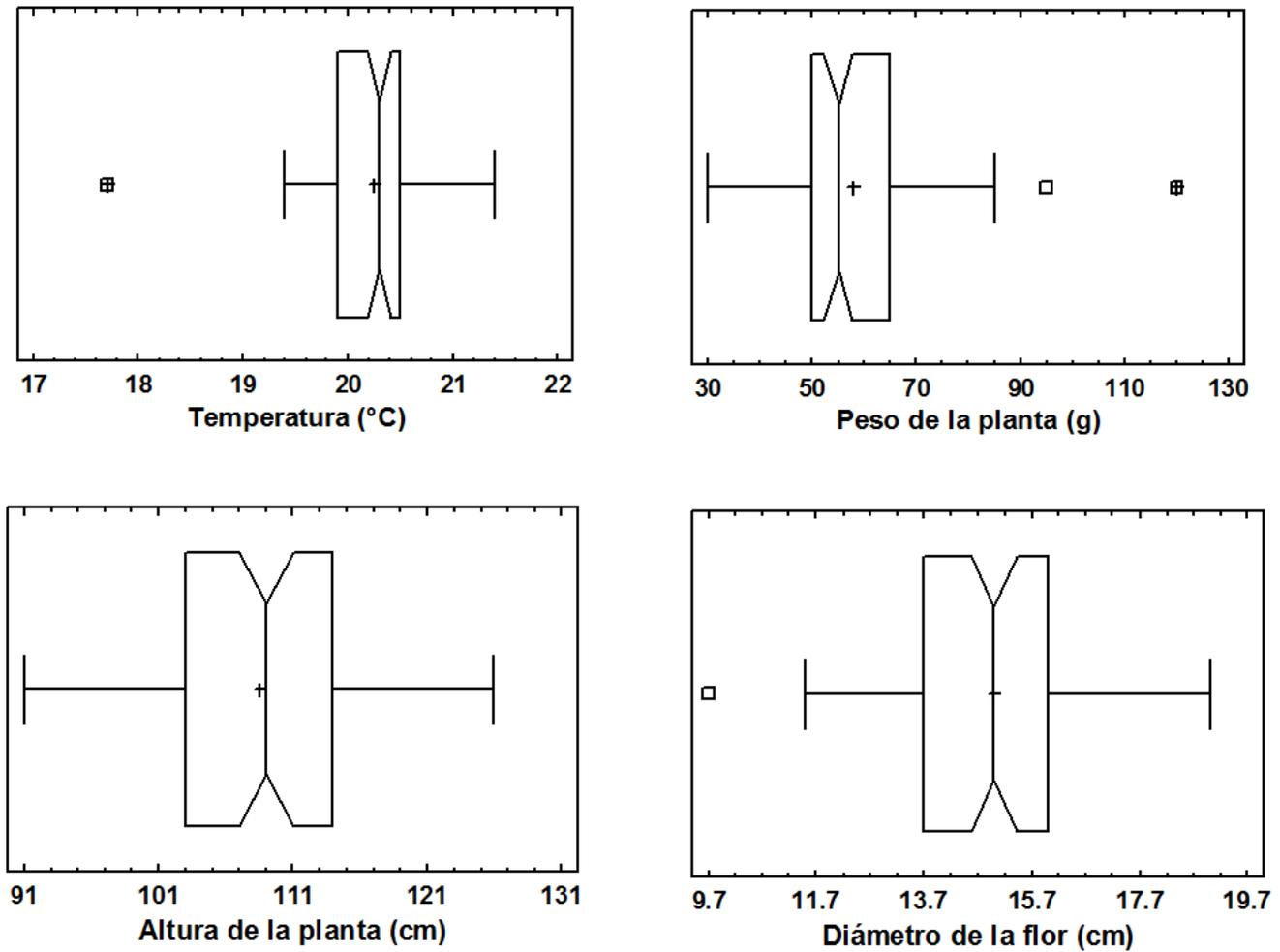


Figura 2. Gráficos de cajas y bigotes de las variables estudiadas.

Cuadro 2. Matriz de coeficientes de correlación de Pearson y de Spearman entre las variables analizadas (T: Temperatura del suelo; P: Peso de la planta; A: Altura del tallo; D: Diámetro de la flor).

| | Pearson | | | Spearman | | |
|---|---------|----------|-----------|----------|----------|---------|
| | T | P | A | T | P | A |
| T | 1 | | | 1 | | |
| P | 0,1985 | 1 | | 0,1604 | 1 | |
| A | 0,1152 | 0,3734** | 1 | 0,1412 | 0,3020** | 1 |
| D | 0,0653 | 0,5560** | -0,0303** | 0,1104 | 0,5755** | -0,0229 |

** Correlación altamente significativa con nivel de confianza > 99 %.

todas las variables, excepto en la altura de la planta. Teniendo en cuenta la magnitud de la varianza que aporta el error y que las replicaciones utilizadas para establecer éste se hicieron con muestras separadas por distancias de alrededor de 0,20 m, además de que como se observa en la Figura 3, ninguna de las variables alcanza el 100 % de su variabilidad antes de los 30 m, puede pensarse que la variabilidad de las propiedades estudiadas en este trabajo (con las plantas, suelos y manejo específicos del sitio) tiene un alto componente aleatorio y que, si existe alguna variabilidad espacial en ellas, o ésta es de rango muy corto: estaría en distancias menores a 0,80 m, o será de rango largo y estará actuando a distancias de más de 30 m.

Como el largo de las camas de cultivo es de 30 m, la variabilidad espacial entre camas, es decir aquella que actúa a distancias mayores a 30 m, debe ser estudiada pues, en caso de que ella sea importante, su conocimiento podría generar pautas para hacer un manejo por sitio específico (por camas) en el cultivo.

El hecho de que a distancias tan cortas como 0,80 m se acumule más de la mitad de la variabilidad total de las propiedades evaluadas y que, por tanto, se presente una alta variabilidad aleatoria de rango corto, sugiere que la intensidad del manejo (Figura 4) que se hace en estos cultivos: laboreo y vaporización del suelo, aplicaciones masivas de materia orgánica, agroquímicos y fertilizantes, altas frecuencias de fertirriego, todo aunado a la explotación bajo invernadero con el consiguiente cambio ambiental de manera drástica, en lugar de homogeneizar las propiedades del suelo que se relacionan directamente

con la producción, las están tornando más heterogéneas y variables, confirmándose lo que sostiene Ovalles (1992) cuando dice que las propiedades que más se manipulan con el uso del suelo son las que adquieren mayor variabilidad.

Resultados muy similares a los encontrados en este trabajo fueron obtenidos por Lopera y López (1997). Ellos observaron, en los primeros 15 cm del suelo en un cultivo de Aster bajo invernadero, que el 53,46 % de la variabilidad del pH se producía a distancias menores a 60 cm y que el 30,59 % de dicha variabilidad se presentaba a distancias mayores de 30 m. También encontraron que el 14,13 % de la variabilidad de la conductividad eléctrica se daba a menos de 60 cm de distancia y que el 73,64 % se acumulaba a distancias mayores a 30 m. Teniendo en cuenta que tanto el pH como la conductividad eléctrica se relacionan con cantidad y calidad del crisantemo (Infoagro, s.f.a), se hace necesario estudiar el efecto de estas dos variables en el comportamiento espacial de la producción de este cultivo.

En la Figura 3 llama la atención la diferencia de comportamientos que se presenta entre las variables, con respecto a la influencia que tienen las distancias de muestreo sobre su variabilidad. De particular interés es el comportamiento del peso de la planta y del diámetro de su flor, ya que estas dos variables fueron las que mostraron un mayor coeficiente de correlación lineal (Cuadro 2) entre ellas y, sin embargo, sus variabilidades espaciales no se relacionan en nada.

Cuadro 3. Porcentaje de la varianza que le corresponde a cada una de las distancias de muestreo estudiadas, establecido mediante un análisis de varianza anidado.

| Fuente de variación | Tempe- ratura | Peso planta | Altura planta | Diámetro flor |
|---------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| | Porcentaje | | | |
| Distancia 30 m | 20,96 | 21,56 | 20,20 | 35,44 |
| Distancia 10 m | 28,99 | 5,52 | 18,88 | 0,00 |
| Distancia 5 m | 1,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Distancia 0,8 m | 18,54 | 23,76 | 34,53 | 28,79 |
| Error | 30,37 | 49,15 | 26,39 | 35,77 |

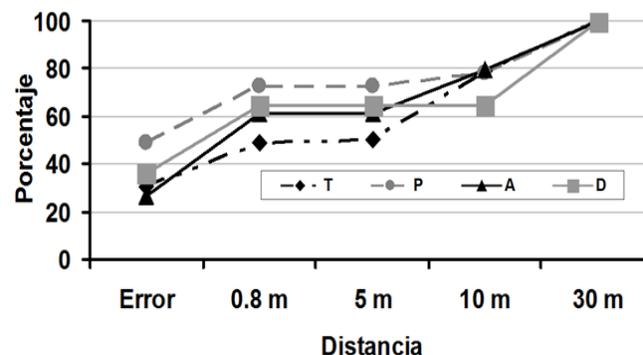


Figura 3. Variogramas de las variables estudiadas. T: Temperatura del suelo; P: Peso de la planta; A: Altura del tallo; D: Diámetro de la flor.

El comportamiento de la variabilidad observado permite recomendar que si se van a utilizar las variables aquí analizadas con fines de predicción de cantidad y calidad de producción, el muestreo para

tomar la información básica debe hacerse en forma aleatoria y que las variables deben caracterizarse con sus valores promedios. Además, se deben hacer estudios de variabilidad espacial a mayor escala, con técnicas geoestadísticas, para definir si hay una semivarianza que esté actuando a unas escalas diferentes a las del alcance de este trabajo



Figura 4. Algunas actividades de manejo que se realizan ordinariamente en el cultivo del crisantemo bajo invernadero.

CONCLUSIONES

En este trabajo se observó que la temperatura superficial del suelo no se correlacionó estadísticamente con ninguno de los atributos que definen la calidad de las flores producidas bajo invernadero.

En todas las variables estudiadas se encontró una alta variabilidad en distancias muy cortas entre sitios de muestreo (0,20 m), lo que sugiere que puede haber una variabilidad espacial de rango muy corto o que esta variabilidad es muy pequeña y que la variabilidad dominante es aleatoria. Este comportamiento hace que las variables estudiadas se deban muestrear al azar y que se caractericen con el promedio, cuando se vayan a utilizar con el fin de hacer predicciones sobre la calidad de la producción de crisantemos en invernadero.

LITERATURA CITADA

- Abril, M. y B. Ortiz. 1996. Variabilidad espacial de algunas propiedades físico-químicas del horizonte A de Andisoles hidrofóbicos, bajo plantaciones de *Pinus patula*. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 75 p.
- Bongiovani, R. 2004. La agricultura de precisión en la cosecha. [En línea]. INTA Manfredi. [Consultado el 19 de octubre de 2004]. Disponible en <http://www.e-campo.com>
- Castillo, A. y S. Gómez. 1995. Variabilidad espacial de algunas propiedades físico-químicas del horizonte A hidrofóbico de Andisoles, bajo cobertura de *Pinus patula*. Trabajo de Grado. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias

- Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 116 p.
- Chidichimo, H. O. y M. D. Asborno. 2000. Influencia de la humedad y la temperatura del suelo sobre el crecimiento del trigo en dos sistemas de labranza. *Revista Brasileira de Agrometeorología* 8 (1): 69-74.
- Forsythe, W. 1996. Las condiciones físicas, la producción agrícola y la calidad del suelo. X Congreso Nacional Agronómico y II Congreso de Suelos. Costa Rica. pp: 189-199.
- Goovaerts, P. 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biol. Fertil. Soils* 27: 315-334.
- Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. Academic Press. San Diego. 771 p.
- Infoagro. s.f.a. El cultivo de la gerbera. [En línea]. (s. n.). [Consultado el 11 de septiembre de 2007]. Disponible en <http://www.infoagro.com>.
- Infoagro. s.f.b. El cultivo del crisantemo. [En línea]. (s. n.). [Consultado el 11 de septiembre de 2007]. Disponible en <http://www.infoagro.com>.
- Lopera, M. y L. C. López. 1997. Variabilidad espacial de la salinidad en suelos con cultivo de flores bajo invernadero. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 66 p.
- Misle, E. y A. Norero. 2002. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. II. Efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades. *Agricultura Técnica* 62 (1): 133-142.
- Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 589 p.
- Ovalles, F. 1991. Evaluación de la variabilidad de suelos a nivel de parcela, para el establecimiento de lotes experimentales en el Estado de Cojedes. *Agronomía Tropical* 41 (1-2): 5-21.
- Ovalles, F. 1992. Metodología para determinar la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. FONAIAP-CENIAP-IIAG. Instituto de Investigaciones Agrícolas Generales. Serie B. Maracay. 44 p.
- Ovalles, F. y J. C. Rey. 1992. Variabilidad interna de unidades de fertilidad en suelos de la depresión del lago de Valencia. *Agronomía Tropical* 44 (1): 41-65.
- PanAmericanSeed. 2005. Lisianthus para flor de corte. [En línea]. Ball Horticultural Company. [Consultado el 10 de septiembre de 2007]. Disponible en <http://www.panamseed.com>.
- Peña, R.; Y. Rubiano; A. Peña y B. Chaves. 2009. Variabilidad espacial de los atributos de la capa arable de un Inceptisol del piedemonte de la cordillera oriental (Casanare, Colombia). *Agronomía Colombiana* 27(1): 111-120.
- Rivera, L. E.; M. R. Goyal y E. Caraballo. 1990. Uso de las cubiertas del suelo. Capítulo 17 del libro "Manejo de riego por goteo". Universidad de Puerto Rico. Mayagüez. pp: 422-432.
- Sabatergrup. s.f. Tabla de condiciones climáticas para el cultivo de diferentes especies. [En línea]. (s. n.). [Consultado el 11 de septiembre de 2007]. Disponible en <http://www.sabatergrup.com>.
- Sakata, 2007. Aster Matsumoto. [En línea]. Sakata Seed de México S. A. [Consultado el 11 de septiembre de 2007]. Disponible en <http://www.sakata.com.mx>.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Second Edition. USDA. Washington. 871 p.
- Webster, R. and M. Oliver. 2007. *Geostatistics for environmental scientists*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd. England. 315 p.
- Yates, S. R.; A. W. Warrick; A. D. Matthias and S. Musil. 1988. Spatial variability of remotely sensed surface temperatures at field scale. *Soil Science Society American Journal* 52: 40-45.