

ÁREAS BÁSICAS

CRECIMIENTO EN CLAVEL ESTÁNDAR CV. NELSON, EN SUELO Y EN SUSTRATOS ⁽¹⁾

ADRIANA DEL PILAR BARACALDO ARGÜELLO ⁽²⁾; ALEJANDRA IBAGUÉ OVALLE ⁽²⁾;
VÍCTOR JULIO FLÓREZ RONCANCIO ^(3*); BERNARDO CHAVES CORDOBA ⁽³⁾

RESUMEN

El cultivo de clavel en la sabana de Bogotá ha sido importante, ya que representa en la actualidad el segundo lugar de exportación en flores de corte. Recientemente, su producción en sistema de cultivo en sustrato ha aumentado debido fundamentalmente a limitantes de tipo sanitario, por lo cual es importante el estudio del crecimiento de las plantas establecidas en este sistema de cultivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento del clavel estándar cv. Nelson establecido en sustratos y en suelo, a segundo pico de cosecha, para lo cual, en el SENA - Centro Multisectorial de Mosquera, plantas de clavel se sometieron a los siguientes tratamientos: 100% de cascarilla de arroz quemada; 65% cascarilla de arroz quemada - 35% fibra de coco; 35% cascarilla de arroz quemada - 65% fibra de coco y suelo. En muestreos continuos se evaluaron las variables número de hojas, longitud del tallo, diámetro de tallo, número de nudos y diámetro y longitud del botón floral y se ajustaron curvas de crecimiento. Las plantas cultivadas en el tratamiento suelo presentaron mayor número de tallos. En este tratamiento los tallos florales también presentaron un mayor número de nudos y de hojas; sin embargo, fueron más cortos. Así mismo, presentaron menor diámetro de tallo y menor longitud y diámetro del botón floral; características determinantes de la calidad. Por tanto, la producción de tallos exportables de grado "select" fue significativamente inferior en el tratamiento suelo, en comparación con los demás tratamientos.

Palabras claves: *Dianthus caryophyllus*, cultivo en sustratos, modelos de crecimiento.

⁽¹⁾ Este trabajo se realizó en el marco del proyecto "Producción más limpia de rosa (*Rosa* spp.) y clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) con dos técnicas de cultivo sin suelo en la Sabana de Bogotá, con el apoyo del SENA. Asocolflores y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Recibido para publicación el 20 de junio, 2007 y aceptado el 30 de julio, 2009.

⁽²⁾ Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. E-mail: adbaracaldoa@gmail.com; ibaguealeja@yahoo.es

⁽³⁾ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. A. A. 14490 Bogotá. E-mail: vjflorezr@unal.edu.co (*) Autor correspondiente. bchavesc@unal.edu.co.

ABSTRACT

GROWTH OF STANDARD CARNATION CV. NELSON, IN SOIL AND SUBSTRATES

The production of carnation cut flowers in the Bogotá plateau has been important in the last decades, bringing them to second place in the total of Colombian cut flowers exports. Recently, due to pathogenic diseases, this crop is grown using soil-less techniques, particularly on organic substrates. For this reason, it is important to investigate the growth of carnation plants in such conditions. The aim of this research was to evaluate the growth of standard carnation cv. Nelson grown both in soil and substrates, in the second harvest peak of production. For that purpose, in the SENA - Multisectorial Center of the municipality of Mosquera, rooted cuttings were transplanted into the following substrates and mixes: 100% burnt rice husk; 65% burnt rice husk-35% coconut fiber; 35% burnt rice husk-65% coconut fiber and soil, reflecting the treatments to be analyzed. Through continuous sampling, the variables leaves number, length and diameter of flowering stem, nodes number, and length and diameter of floral bud were evaluated. The data were then fitted to growth curves. The plants grown in the soil treatment produced more flowering stems; however, despite showing a higher number of nodes and leaves, they were shorter than those of the other treatments. Likewise, the quality parameters diameter of flowering stem, and length and diameter of floral bud were lower in soil in comparison with the other treatments. In consequence, the production of select exportable flowering stems produced in the plants grown in soil was significantly lower compared with those grown in substrates.

Key words: *Dianthus caryophyllus*, soil-less culture, growth models.

RESUMO

CRESCIMENTO DE CRAVO ESTANDAR CV. NELSON, EM SOLO E EM SUBSTRATOS

O cultivo de cravo no planalto de Bogotá tem sido importante, visto que representa, na atualidade, o segundo lugar nas exportações colombianas de flores de corte. Recentemente, sua produção em sistemas de cultivo em substrato tem aumentado em consequência de fatores sanitários. O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento do cravo tipo estandar cv. Nelson, estabelecido em substratos e em solo, na segunda colheita. No SENA - Centro Multisetorial de Mosquera, plantas de cravo foram submetidas aos seguintes tratamentos: 100% de casca de arroz queimada; 65% casca de arroz queimada - 35% fibra de coco; 35% casca de arroz queimada - 65% fibra de coco, e solo. Em amostragens contínuas foram avaliadas as variáveis número de folhas, comprimento, diâmetro e número de nós do caule, e diâmetro e comprimento do botão floral e se ajustaram curvas de crescimento. Em plantas cultivadas em solo observou-se maior número de hastes. Nesse tratamento também ocorreu maior número de nós e de folhas nas hastes florais, que no entanto, foram mais curtas. Além disso, notaram-se menor diâmetro de caule e menor comprimento e diâmetro do botão floral, características determinantes da qualidade. Portanto, a produção de hastes exportáveis do tipo "select" foi significativamente inferior no cultivo em solo, em comparação com os demais tratamentos.

Palavras-chave: *Dianthus caryophyllus*, cultivo sem solo, modelos de crescimento.

1. INTRODUCCIÓN

A la planta de clavel durante su desarrollo inicial se le realiza un despunte, que produce un desarrollo de brotes laterales; así se inicia un periodo de elongación de tallos y desarrollo de botones florales, que culmina con una floración casi simultánea, lo que constituye la primera cosecha. Ya cortadas las flores, la planta vuelve a entrar a una etapa vegetativa, en la que se desarrollan brotes laterales por debajo de los puntos de corte. Esta etapa es menos uniforme que la primera, ya que los brotes laterales son inducidos no solamente por la cosecha de flores sino también por la luminosidad y la misma condición reproductiva. Estos brotes pasan igualmente

por periodos de crecimiento vegetativo, elongación y desarrollo de botones florales, hasta culminar en una segunda floración, que se denomina segunda cosecha o segundo pico de producción. El proceso se repite para dar lugar a una tercera y cuarta floración, las cuales se entrelazan dando lugar a una producción relativamente estable (PIZANO DE MARQUEZ, 2000).

En los últimos años en Colombia la producción de claveles (estándar y miniatura) en suelo se ha visto afectada por la marchitez vascular del clavel, enfermedad ocasionada por el hongo *Fusarium oxysporum*, que ha provocado pérdidas económicas debido a su difícil control. Por esta razón, la mayoría del área cultivada en clavel ha pasado a ser sembrada en sustrato, utilizando principalmente

cascarilla de arroz, que por ser un subproducto de la industria arrocera resulta económico, abundante y de fácil consecución. En la sabana de Bogotá, por lo menos el 70% de las siembras de clavel se están haciendo en este sistema de producción.

Se entiende por sustrato a todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical y desempeña el papel de soporte a la planta (ABAD-BERJON et al., 2005). Presenta un volumen físico limitado, debe encontrarse aislado del suelo y tiene como funciones mantener la adecuada relación de aire y solución nutritiva para proporcionar a la raíz el oxígeno y los nutrientes necesarios. No existe el sustrato ideal, cada uno presenta una serie de desventajas e inconvenientes y su elección depende de las características del cultivo a implantar, de las variables ambientales y de la instalación; lo que sí existe es un manejo ideal para cada tipo de sustrato (ALARCON-VERA, 2000).

El crecimiento es definido como un proceso fisiológico complejo e irreversible en términos de incremento en masa, número de células, cantidad de protoplasma y volumen, en función del tiempo, que involucra procesos de división, expansión y diferenciación celular. Se ha representado el tamaño o masa de un organismo en función del tiempo, con lo que se obtiene una curva de crecimiento que a menudo es de tipo sigmoidal, la cual presenta tres fases: logarítmica, lineal y de senescencia (SALISBURY y ROSS, 1992).

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el crecimiento del clavel estándar cv. Nelson sembrado en diferentes tipos de sustrato y en suelo a segundo pico de cosecha, en condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó entre agosto y diciembre de 2005 en las instalaciones del SENA - Centro Multisectorial de Mosquera, Cundinamarca, ubicado a 5° norte y 75° este y a 2.516 msnm, con temperatura promedio anual de 12,6 °C y precipitación anual promedio de 670 mm.

Para la realización del ensayo se construyó un módulo de invernadero tradicional en madera a dos aguas, compuesto de cuatro naves con ventilación cenital fija y un sistema de cortinas laterales de manejo manual. Las naves fueron de 6,8 m de ancho por 65 m de largo, con alturas mínima de cubierta a 3,3 m y máxima de cubierta en cumbre a 8,58 m. Esquejes con raíz de clavel estándar cv. Nelson se sembraron

en los sustratos y en suelo. Para el sistema de cultivo en sustrato se construyeron camas elevadas de 0,85 m de ancho por 30 m de longitud, en donde se acondicionaron dos hileras de diez contenedores de 0,3 m de ancho por 3 m de longitud en cada hilera. Para el montaje de estos contenedores de forma cóncava se utilizó plástico negro calibre 6, madera y alambre como soportes, de tal forma que cada contenedor tuviera la capacidad para 0,27 m³ de sustrato. Las plantas se sembraron en surcos dobles a una distancia de 0,11 m entre plantas y 0,22 m entre surcos, para un total de 1092 plantas por cama y densidad de 24,3 plantas m⁻²-invernadero.

Los tratamientos evaluados fueron 100% de cascarilla de arroz quemada (100CAQ); 65% cascarilla de arroz quemada - 35% fibra de coco (65CAQ); 35% cascarilla de arroz quemada - 65% fibra de coco (35CAQ) y suelo. Para este último tratamiento se usó un suelo franco (30,3% de arena, 14,7% de arcilla y 54,3% de limo), con las siguientes características químicas (%): N, 0,5; (meq 100g⁻¹): CIC, 38,1; Ca, 24,4; K, 1,4; Mg, 8,4; Na, 6,8; (mg kg⁻¹): Cu, 4,6; Fe, 356,7; Mn, 23,8; Zn, 51; B, 2; P, 140 y pH = 5,1.

Para controlar la cantidad de solución nutritiva aplicada se utilizó un sistema de riego computarizado Galileo. La solución nutritiva se preparó de acuerdo con referencias de los cultivos comerciales, según las siguientes concentraciones (mg L⁻¹): N, 150; P, 30; K, 125; Ca, 160; Mg, 30; S, 24; Fe, 1,5; Cu, 1,5; Zn, 0,5; B, 1 y Mo, 0,1; CE = 1,6 dS m⁻¹ y pH = 5,5 - 6,0. Se aplicó en promedio 120 L cama día⁻¹ de solución en cuatro pulsos para sustratos y dos pulsos para suelo. En días soleados y en días nublados los volúmenes de riego aumentaron o disminuyeron, en promedio, 30 L cama día⁻¹.

El control de plagas y enfermedades, así como las prácticas culturales de despunte, tutoraje y desbotone, entre otras, se manejaron como de rutina en las empresas comerciales. Para la preparación de las plantas para la segunda cosecha se hizo una poda sanitaria y de formación, con la finalidad de igualar la generación de los nuevos brotes que darían origen a los tallos de la segunda cosecha.

Para los muestreos continuos propuestos a segundo pico de cosecha se utilizaron 108 plantas. Las mediciones se hicieron cada siete días, desde la semana 32 hasta la semana 50 (Desde la semana del 8 de agosto hasta la semana del 12 de diciembre de 2005). Las variables medidas fueron: longitud del tallo, número de hojas, número de nudos, diámetro del tallo, longitud y diámetro del botón floral. Para llevar a cabo estas medidas se seleccionaron al azar diez brotes por cama, que se encontraban en un rango de altura diferencial no mayor a diez o quince centímetros.

La variable número de pétalos se consideró al momento de la cosecha de los tallos florales.

Además de la fortaleza de los tallos, del tamaño de la flor y del estado sanitario, se consideraron los grados de calidad para flor exportable según la longitud de los tallos así: "select" (longitud de 65 cm), "fancy" (57 cm) y estándar (50 cm).

A partir de las mediciones de las variables a través del tiempo, se modeló el crecimiento mediante la función logística: $y = \frac{\alpha}{1 + e^{-\kappa(t-\gamma)}}$ donde α es la máxima magnitud de la variable, κ es el parámetro que determina la pendiente de la curva y γ es el momento en que se logra la máxima tasa de crecimiento. Los datos de la variable diámetro del tallo floral se ajustaron a la función cuadrática $y = \beta_0 + \beta_1t + \beta_{11}t^2$, donde y = diámetro del tallo, t = semanas calendario (SEBER y WILD, 1989).

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar (BCA), con tres bloques y tres tratamientos, donde la unidad experimental fueron dos camas de cultivo de 25,5 m² cada una. El tratamiento suelo con tres repeticiones se mantuvo fuera del diseño. Para el análisis de crecimiento se muestrearon diez plantas por cama, para un total de 210 plantas. El ajuste de los modelos y el análisis multivariado de componentes principales se realizó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Excepto para las categorías de calidad, en la cual se usó la prueba de Tukey (5%), la comparación de los tratamientos se hizo teniendo en cuenta los intervalos de confianza (95%) de los parámetros estimados, de manera que intervalos que se traslapen no tienen diferencia estadística significativa ($p = 0,05$). La tasa absoluta de crecimiento se derivó a partir de la curva ajustada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores de los coeficientes estimados a partir de las variables del tallo floral (longitud, número de hojas, número de nudos) y del botón floral (longitud y diámetro).

Longitud del tallo floral

En las plantas del tratamiento suelo los parámetros estimados α , κ y γ fueron estadísticamente diferentes, con una estimación de los parámetros $\hat{\alpha}$ (120,3 cm) y $\hat{\gamma}$ (42,11cm) superior a los demás tratamientos (Tabla 1). Así mismo, las plantas del tratamiento suelo alcanzaron su máxima tasa absoluta de crecimiento (TAC) aproximadamente cuatro semanas después, respecto a las plantas de los demás tratamientos (Figura 1A).

Tabla 1. Valores estimados para los parámetros $\hat{\alpha}$, $\hat{\kappa}$ y $\hat{\gamma}$ según el ajuste al modelo logístico para las variables del tallo floral (longitud, número de hojas, número de nudos) y del botón floral (longitud y diámetro); en plantas de clavel estándar cv. Nelson sembrado en sustratos y suelo

Tratamiento	Tallo floral						Botón floral													
	Longitud			Número de hojas			Número de nudos			Longitud			Diámetro							
	α (1)	κ	γ	R^2	α	κ	γ	R^2	α	κ	γ	R^2	α	κ	γ	R^2				
100CAQ	102,80a*	0,23a	38,41a	0,99	31,45a	0,22a	34,05a	0,99	18,62a	0,27a	37,13a	0,99	70,00a	0,28a	47,86a	0,96	34,92a	0,30a	46,73a	0,96
65CAQ	104,50a	0,23a	38,78a	0,99	31,28a	0,21ab	34,21a	0,99	18,31a	0,27a	37,13a	0,99	70,00a	0,26a	48,26ab	0,94	46,62a	0,23a	49,40a	0,96
35CAQ	103,90a	0,24a	38,29a	0,99	31,36a	0,22a	33,93a	0,99	18,89a	0,26a	36,92a	0,99	70,00a	0,25a	47,96a	0,95	45,84a	0,22a	48,83a	0,96
Suelo	120,30b	0,16b	42,11b	0,98	33,89b	0,18b	35,38b	0,99	21,15b	0,20b	39,21b	0,99	70,00a	0,31a	48,67b	0,93	37,51a	0,30a	47,69a	0,98

(1) $\hat{\alpha}$ = máxima magnitud de la variable, $\hat{\kappa}$ = constante que determina la pendiente de la curva y $\hat{\gamma}$ = momento de mayor tasa de crecimiento.
 100CAQ = 100% de cascarrilla de arroz quemada; 65CAQ = cascarrilla de arroz quemada 65% - fibra de coco 35%; 35CAQ = cascarrilla de arroz quemada 35% - fibra de coco 65% y suelo.
 * Considerando intervalos de confianza, los valores estimados en la columna con letras distintas son significativamente diferentes ($p=0,05$).

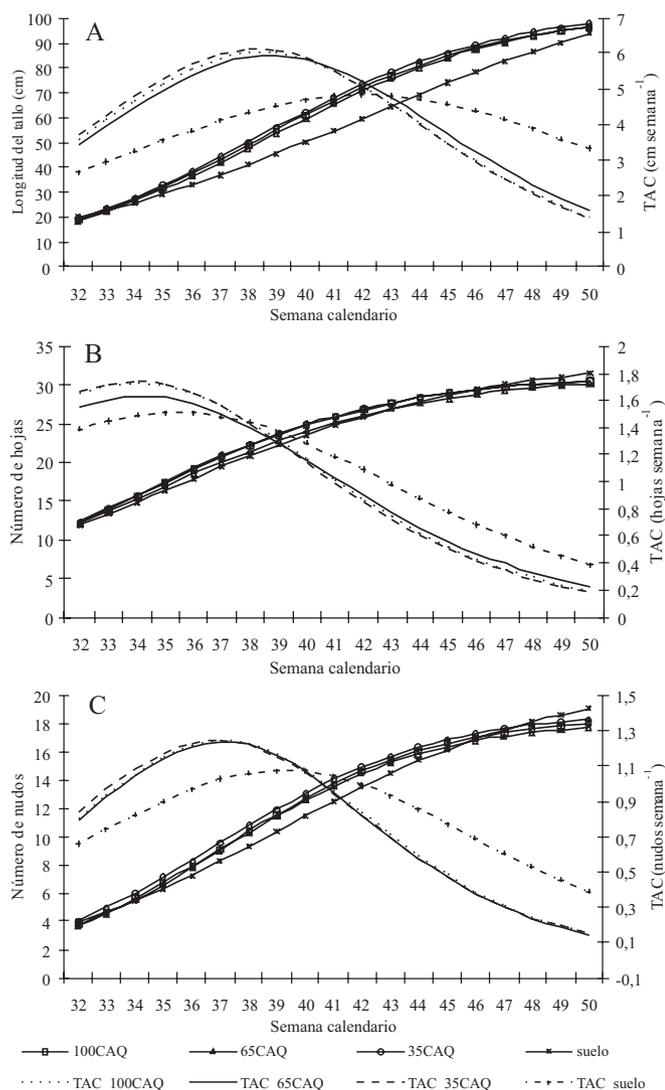


Figura 1. Curvas y tasas de crecimiento para las variables longitud del tallo floral (A), número de hojas (B) y número de nudos (C), en plantas de clavel estándar cv. Nelson sembrado en: 100% de cascarilla de arroz quemada (100CAQ); cascarilla de arroz quemada 65% - fibra de coco 35% (65CAQ); cascarilla de arroz quemada 35% - fibra de coco 65% (35CAQ) y suelo.

En la figura 1A se aprecia que los tallos florales del tratamiento suelo presentaron la máxima TAC alrededor de la semana 42 ($4,8 \text{ cm semana}^{-1}$) numéricamente menor en comparación con los demás tratamientos, que muestran valores cercanos a 6 cm semana^{-1} , entre las semanas 38 y 39. También se evidencian los bajos valores en la longitud del tallo para el tratamiento suelo respecto a los demás tratamientos, diferencia que se redujo considerablemente hacia la semana 50 (punto de corte). Esto puede ser debido a una menor TAC en las plantas del tratamiento suelo; y a que la estimación de la asíntota superior rebosa a la semana 50 y por

tanto se sobrestima. Lo anterior indica que en suelo la fase lineal de crecimiento fue de menor valor como se puede observar en la estimación de parámetro κ (Tabla 1).

Según MORRISON et al. (1994), citado por Bennouna et al. (2004), la extensión de los entrenudos tiene dos funciones primarias: la elevación de los órganos fotosintéticos para la óptima intercepción de radiación fotosintéticamente activa y la elevación de los órganos reproductivos para asegurar la polinización. Por lo tanto, las plantas del tratamiento suelo que presentaron los valores más bajos en la variable longitud del tallo tuvieron dificultad para elevar sus órganos fotosintéticos, por lo que pudo haberse presentado autosombreamiento.

Número de hojas del tallo floral

Se obtuvo diferencia estadística significativa en los coeficientes α , κ y γ entre las plantas de los tratamientos 100 CAQ, 65 CAQ, 35 CAQ y suelo. Las plantas del tratamiento suelo presentaron el máximo número de hojas por tallo (34) y alcanzaron su máxima TAC poco más de una semana después, en comparación con las plantas de los demás tratamientos (Tabla 1 y Figura 1B). Hasta la semana 45 el número de hojas de las plantas en el tratamiento suelo estuvo por debajo de los demás tratamientos, luego los sobrepasó hasta alcanzar la mayor magnitud (Figura 1B). La máxima TAC para esta variable la obtuvieron las plantas de los tratamientos 100CAQ y 35CAQ ($\sim 1,7 \text{ hojas semana}^{-1}$), en la semana 34 de la evaluación (Figura 1B).

La mayor captura de luz depende del área foliar y de la habilidad fotosintética (LOOMIS, 1997). El número de hojas de las plantas en el tratamiento suelo se demoró en igualar al número de hojas de los demás tratamientos, por lo que estas plantas pudieron inicialmente tener una baja habilidad fotosintética, en función de una menor TAC. Esto se pudo traducir en una lenta exportación de asimilados y en la aparición tardía del botón floral.

Número de nudos del tallo floral

Se observa que para las plantas del tratamiento suelo los valores de los parámetros α , κ y γ fueron diferentes estadísticamente de los demás tratamientos. El mayor número de nudos (21) se presentó en el tratamiento suelo (Tabla 1). También se observa que el momento de mayor tasa de crecimiento para las plantas en los tres sustratos se presentó en la semana 37, con un valor cercano a $1,25 \text{ nudos semana}^{-1}$ y para el tratamiento suelo en la semana 39, con un valor de $1,1 \text{ nudos semana}^{-1}$ (Tabla 1 y Figura 1C).

Las plantas evidencian cambios en características de desarrollo y estructura debido a su exposición en ambientes particulares (GRIME y MACKAY, 2002). El entorno edáfico influye en el desarrollo de las raíces, porque aunque esta sea controlada genéticamente, las raíces son susceptibles al impedimento mecánico, la temperatura, la aireación, la disponibilidad de agua y de sales (SALISBURY y ROSS, 1992). Esto mismo podría ocurrir con algunas variables que en el tratamiento suelo tienden a ser menores que en los sustratos durante las primeras semanas; pero que luego repuntan hasta incluso presentar diferencias estadísticas. Este es el caso de las variables número de hojas, número de nudos y longitud de los tallos florales.

Para las tres variables antes mencionadas, en el tratamiento suelo se observan valores máximos (α) mayores, sobreestimados debido a su forma exponencial, y menores valores en la pendiente (κ), por lo que tardan más en alcanzar la tasa máxima (γ). Esto, supone un manejo diferente y en consecuencia un comportamiento también diferente al de las plantas en los sustratos, donde se presentó un crecimiento inicial más rápido.

Longitud y diámetro del botón floral

En la tabla 1 se observa que para los parámetros estimados α y κ para estas dos variables no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Aunque hay que considerar que se fijó el valor \hat{a} para ajustar las curvas de la longitud del botón, ya que el crecimiento hasta ese momento era exponencial, es decir, estaba en la etapa logarítmica. Sin embargo, en los tallos florales de las plantas del tratamiento suelo la TAC de la longitud del botón floral fue significativamente más tardía (parámetro γ) en comparación con los tratamientos 100CAQ y 35CAQ.

En la figura 2 se observa que la medición de los botones florales en las plantas del tratamiento suelo fue posible a partir de la semana 42, dos semanas después de los demás tratamientos. La variable longitud del botón floral de las plantas del tratamiento suelo presentó los valores más bajos durante el periodo evaluado, pero, en las dos últimas semanas se evidenció un ligero incremento igualando la longitud del botón en el tratamiento 65CAQ; aunque sin diferencias significativas para el parámetro κ . La variable diámetro del botón floral se comportó de forma similar, donde las plantas del tratamiento suelo también incrementaron el diámetro del botón, superando los valores del tratamiento 65CAQ en la última semana, igualmente sin diferencias en el parámetro κ (Tabla 1).

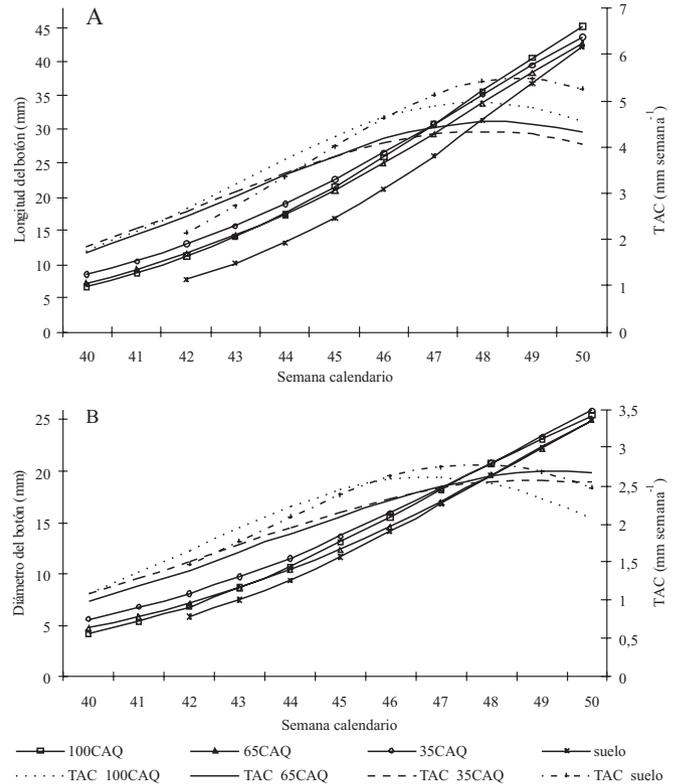


Figura 2. Comportamiento de la longitud del botón floral (A), del diámetro del botón floral (B) y de sus respectivas tasas absolutas de crecimiento (TAC) en plantas de clavel estándar cv. Nelson, sembrado en: 100% de cascarilla de arroz quemada (100CAQ); cascarilla de arroz quemada 65% - fibra de coco 35% (65CAQ); cascarilla de arroz quemada 35% - fibra de coco 65% (35CAQ) y suelo.

Diámetro del tallo floral

En la tabla 2 se presentan las estimaciones de los parámetros de la curva ajustada al modelo cuadrático para la variable diámetro del tallo floral. Los coeficientes de la ecuación cuadrática de los tratamientos fueron estadísticamente diferentes de cero.

El valor del parámetro β_{11} del tratamiento suelo es diferente significativamente de los tratamientos 65CAQ y 35CAQ, pero no difiere del tratamiento 100CAQ, lo cual se evidencia en la figura 3, por la forma más cerrada de las curvas de los tratamientos 65CAQ y 35CAQ, que las de los tratamientos 100CAQ y suelo. Los valores del parámetro \hat{a}_0 en los tratamientos 65CAQ y suelo son diferentes, lo que indica que el diámetro al inicio de la medición fue significativamente menor en suelo (Tabla 2).

Las plantas de los tratamientos 35CAQ y suelo presentaron los valores absolutos más alto (~ 5,4 mm) y más bajo (~ 4,7 mm), respectivamente, entre las

semanas 41 a 43, mostrando diferencia significativa (parámetro β_{11}), indicando que las plantas en el tratamiento suelo tendrían menor y más lenta exportación de asimilados para la formación del botón floral (Figura 3).

Tabla 2. Valores estimados para los parámetros β_0 , β_1 y β_{11} según el ajuste al modelo cuadrático para la variable diámetro del tallo, en plantas de clavel estándar cv. Nelson sembrado en sustratos y suelo.

Tratamiento	β_0^1	β_1	β_{11}	R ²
100CAQ	-8,97ab*	0,68ab	-0,008ab	0,12
65CAQ	-12,68a	0,88a	-0,011a	0,12
35CAQ	-11,35ab	0,82a	-0,010a	0,11
Suelo	-4,33b	0,41b	-0,005b	0,07

(¹) $y = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_{11} t^2$, donde y = diámetro del tallo y t = semana calendario.

100CAQ = 100% de cascarilla de arroz quemada; 65CAQ = cascarilla de arroz quemada 65% - fibra de coco 35%; 35CAQ = cascarilla de arroz quemada 35% - fibra de coco 65% y suelo.

* Considerando intervalos de confianza, los valores estimados en la columna con letras distintas son significativamente diferentes ($p=0,05$).

Los valores del parámetro β_1 de los tratamientos 65 CAQ y suelo presentan diferencia significativa lo que se evidencia en el momento de encontrar su máximo valor (semana 41 y 44 respectivamente) (Tabla 2 y Figura3). Al llegar al punto de corte, las plantas del tratamiento 100 CAQ presentaron mayor diámetro del tallo floral.

Como ocurrió en el estudio realizado por CHAPARRO-TORRES et al. (2006), la variable diámetro del tallo floral fue la única que se ajustó a la función cuadrática, decreciendo igualmente en el momento de exportación de asimilados para la formación del botón floral. El tratamiento suelo fue el de menor y más lenta exportación en comparación con los sustratos.

Análisis descriptivo integrado de las variables de crecimiento

En la figura 4 se presenta la nube de puntos de los tratamientos en función de los dos primeros componentes, que explican el 89% de la variación. Excepto el número de pétalos, todas las variables contribuyen principalmente al componente uno.

Al final del estudio las variables número de tallos, número de hojas y número de nudos tienden a ser mayores en las plantas en suelo con respecto a los demás tratamientos; mientras que la tendencia para las plantas establecidas en los sustratos es presentar valores mayores en longitud y diámetro del tallo y longitud y diámetro del botón floral.

Al momento de la cosecha se observaron los siguientes valores promedio para la variable número de pétalos: 67,9 en 100CAQ; 65,3 en 65CAQ; 62,7 en 35CAQ y 65,2 en suelo; mostrando, que independientemente del tratamiento suelo, hay una tendencia creciente en el número de pétalos con el aumento del porcentaje de cascarilla de arroz en el sustrato (Figura 4).

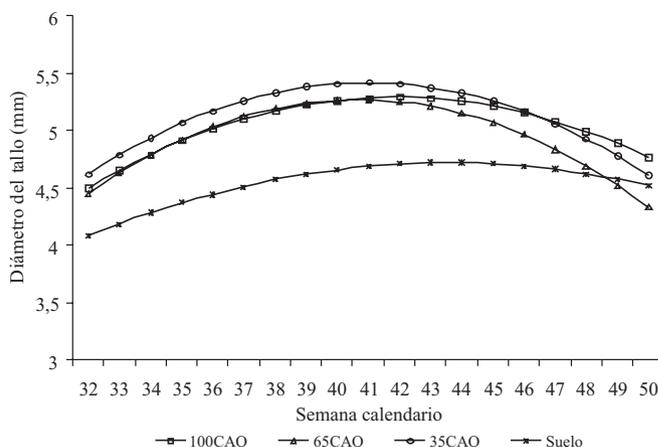


Figura 3. Curvas de crecimiento para la variable diámetro del tallo floral en plantas de clavel estándar cv. Nelson, sembrado en: 100% de cascarilla de arroz quemada (100CAQ); cascarilla de arroz quemada 65% - fibra de coco 35% (65CAQ); cascarilla de arroz quemada 35% - fibra de coco 65% (35CAQ) y suelo.

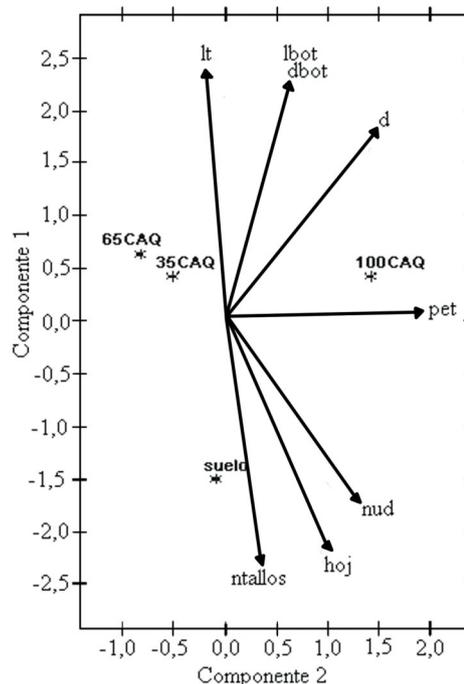


Figura 4. Nube de puntos de los tratamientos en función de los dos primeros componentes en clavel estándar cv. Nelson sembrado en diferentes sustratos y en suelo. lt = longitud del tallo floral, d = diámetro del tallo floral, hoj = número de hojas, nud = número de nudos, lbot = longitud del botón, dbot = diámetro del botón, pet = número de pétalos y ntallos = número de tallos.

Además, de acuerdo con los porcentajes de producción por grados de calidad (Figura 5), el grado de calidad "select" fue significativamente menor en el tratamiento en suelo en comparación con los tallos florales producidos por las plantas establecidas en los sustratos. Al contrario, el porcentaje promedio más alto de tallos florales en grado nacional provino de las plantas en el tratamiento en suelo.

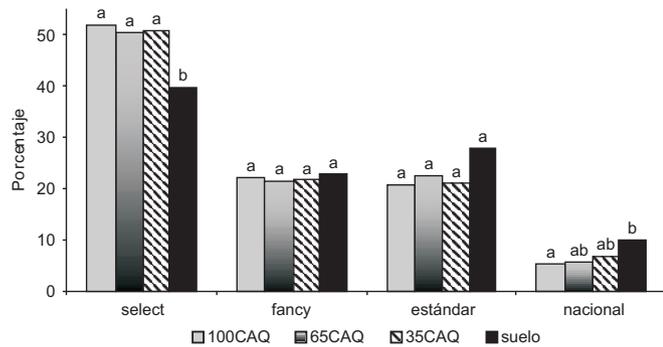


Figura 5. Porcentajes de producción de tallos florales por grados de calidad correspondientes a plantas de clavel estándar cv. Nelson a segundo pico de cosecha, sembradas en diferentes sustratos y en suelo.

100CAQ = 100% de cascarilla de arroz quemada, 65CAQ = cascarilla de arroz quemada 65% - fibra de coco 35% y 35CAQ = cascarilla de arroz quemada 35% - fibra de coco 65%.

*Medias en la columna con letras distintas son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

De acuerdo con lo anterior, las plantas cultivadas en el tratamiento suelo presentaron un menor porcentaje de tallos exportables ("select"), debido a la baja tendencia de las características más importantes que determinan la calidad. Es posible que la competencia por los insumos para el óptimo desarrollo de las plantas ocasionada por un mayor número de tallos en las plantas de este tratamiento, haya influido sobre los componentes de la calidad.

4. CONCLUSIONES

1. Los parámetros de los modelos que mejor se ajustaron al crecimiento de las plantas del tratamiento suelo presentaron valores estimados inferiores para las variables longitud y diámetro del tallo floral así como para longitud y diámetro del botón floral, y superiores para número de nudos, de hojas por tallo floral y de tallos florales. Las plantas establecidas en el tratamiento 100CAQ tendieron a presentar mayor número de pétalos por flor.

2. El crecimiento, para la mayoría de las variables en suelo, aunque con valores máximos (α) mayores sobreestimados debido a su forma exponencial, presenta menores valores en la pendiente (κ) y por tanto se tarda más en alcanzar la tasa máxima (γ). Así, el crecimiento inicial es más lento y por lo tanto las tasas son más bajas.

3. Las plantas cultivadas en suelo presentarían mayor productividad en función del mayor número de tallos; sin embargo, los tallos florales tendieron a ser más cortos y con menor diámetro así como con menor longitud y diámetro del botón floral, características determinantes de la calidad.

4. Las plantas establecidas en los sustratos presentaron porcentajes significativamente más altos de tallos en grado "select", de mayor valor económico.

REFERENCIAS

- ABAD-BERJÓN, M., NOGUERA-MURRAY, P. y CARRIÓN-BENEDITO, C. **Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación**. En: Cadahía L., C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Madrid: Ed Mundiprensa, 2005. p. 301-354.
- ALARCON-VERA, A.L. **Introducción a los cultivos sin suelo** En: Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2000. p. 191 - 197.
- BENNOUNA, B., LAHROUNI, A., BETHENOD, O., FOURNIER, C., ANDRIEU, B. and KHABBA, S. Development of maize internode under drought stress. **Journal of agronomy**, v. 3, n. 2, p. 94-102, 2004.
- CHAPARRO-TORRES, L.A., FARÍAS-ARIAS, A., FLÓREZ-RONCANCIO, V.J. and CHAVES-CORDOBA, B. Growth rates of rose cv. 'Charlotte' in both soil and soilless crop systems in the Bogotá plateau, Colombia. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.718, p. 607-614, 2006.
- GRIME, J.P. and MACKAY, J.M.L. The role of plasticity in resource capture by plants. **Evolutionary Ecology**, Netherlands, v. 6, n.3, p. 299-307, 2002.
- LOOMIS, R. S. On the utility of nitrogen in leaves. **The national academy of sciences**, v. 94, p. 13378-13379, 1997.
- PIZANO DE MARQUEZ, M. **Clavel *Dianthus caryophyllus***. Bogotá: Ed. Hortitecnia Ltda, 2000. p. 15-19.
- SEBER G., A.F. and WILD, C.J. **Nonlinear regression**. New York: John Wiley and Sons, 1989. p. 325-335.
- SALISBURY, F.B. y ROSS, C.W. **Fisiología de las plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental**. Madrid: Editorial Paraninfo, 1992. p. 201-203, 529-564.