

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO DE CLAVEL
(*Dianthus caryophyllus*) cv. Delphi, ESTABLECIDO EN DIFERENTES TIPOS
DE SUSTRATOS**

**Carlos Román Cala Gómez
Martha Liliana Guasca Beltran**

**Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Agronomía
Ingeniería Agronómica
Bogotá D.C.
2010**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO DE CLAVEL
(*Dianthus caryophyllus*) cv. Delphi, ESTABLECIDO EN DIFERENTES TIPOS
DE SUSTRATOS**

**Carlos Román Cala Gómez
Martha Liliana Guasca Beltran**

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Director:
Víctor Julio Flórez Roncancio
Ingeniero Agrónomo, Magíster, Doctor

**Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Agronomía
Ingeniería Agronómica
Bogotá D.C.
2010**

“Este trabajo hace parte de las investigaciones realizadas por la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia. Sin embargo, las personas, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Universidad”

Artículo 14 de la Resolución N° 00047 de Noviembre del 2001


Firma del director

Nota de Aceptación



Firma del director

Bogotá 11 de Febrero de 2010

*A Dios creador y director de los hombres de ciencia,
A mi Padre y Madre por brindarme la vida,
su esfuerzo, ejemplo, dedicación y paciencia.
A mis hermanas por su ejemplo y apoyo constante.
A Tita por su ternura e infinita colaboración.
A mi novia, porque ella se constituyó en el
motor de este esfuerzo, y apoyó durante esta etapa.
A Branco, Frost y Becky por su fiel lealtad*

Carlos Cala

*A Dios quien me ha brindado grandes cosas en la vida y unos Padres maravillosos
A mi Madre quien me enseñó la fortaleza de la mujer, la lucha de surgir por un
mañana mejor, la dedicación por conseguir lo que se desea en la vida.
A mi padre quien me apoyo día a día, me demostró que para conseguir grandes
cosas en la vida se necesita de pocos elementos.
A mi hermano por su apoyo y colaboración.
A Yango por hacer feliz cada día de mi vida*

Liliana Guasca

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo y dirección del profesor Víctor Julio Flórez Roncancio, por su paciencia y comprensión.

Al proyecto “Producción mas limpia de clavel y rosa en la sabana de Bogotá”, por nuestra vinculación.

A las instituciones que hicieron parte del proyecto: Universidad Nacional de Colombia, SENA, Asocolflores y Colciencias. Así como a las empresas Brenntag Colombia S. A., Productos Químicos Andinos S. A., Bayer CropScience y Suata Plants, por el aporte en fertilizantes, materiales plásticos, portafolio de agroquímicos y esquejes de clavel, respectivamente.

Al Ing. Diego Nieto, por su constante colaboración y al resto del equipo técnico, practicantes y demás colaboradores.

A los profesores, formadores y maestros, que compartieron su conocimiento y labraron el camino del entendimiento y la curiosidad por el saber.

A nuestros compañeros cuya colaboración y apoyo nos motivaron y aportaron en los momentos necesarios.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Materiales y métodos.....	5
Resultados y discusión.....	6
Masa seca de raíz.....	6
Masa seca de tallo.....	7
Masa seca Foliar.....	7
Masa seca del botón floral.....	8
Área foliar.....	8
Altura del tallo floral.....	10
Diámetro del tallo floral	10
Longitud y diámetro del botón floral	10
Tasa relativa de crecimiento.....	14
Índice de área foliar.....	15
Área foliar específica.....	16
CONCLUSIONES.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

Evaluación del crecimiento en cultivo de clavel estándar cv. Delphi, establecido en diferentes tipos de sustratos

RESUMEN

Es necesario el uso de un sustrato adecuado para el cultivo de plantas ornamentales en horticultura intensiva, el cual se podría conformar con mezclas de diferentes materiales. En la sabana de Bogotá, limitantes físicas, químicas o sanitarias de los suelos estimulan la adopción de cultivos en sustrato, en particular, la alta incidencia de la marchitez vascular del clavel hace relevante esta práctica. El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Biotecnología Agropecuaria del SENA, ubicado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca). Allí se estableció un cultivo de clavel estándar cv. Delphi, en un invernadero tradicional para flores de corte, al cual se le realizó análisis de crecimiento, entre *pinch* y primer pico cosecha. Esquejes con raíz de la variedad en estudio fueron sembrados en los siguientes sustratos: 35% cascarilla de arroz quemada - 65% fibra de coco (35CAQ); 65% cascarilla de arroz quemada - 35% fibra de coco (65CAQ) y 100% cascarilla de arroz quemada (100CAQ). El diseño experimental fue bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Para el análisis de crecimiento, se llevaron a cabo muestreos de tipo continuo y destructivo. Estos muestreos permitieron determinar la variación en el crecimiento continuo del tallo, hojas y del botón floral en función de la longitud, el diámetro y así mismo de la masa seca, mediante el ajuste al modelo logístico. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas, excepto en las variables masa seca de tallo para 65CAQ y área foliar para 100CAQ. Entre tanto, se observaron diferencias en las tendencias de las tasas absolutas de crecimiento (TAC) de las mezclas frente al tratamiento 100CAQ, donde se evidencia que las plantas establecidas en los sustratos a base de mezclas presentan un comportamiento precoz en la máxima TAC, respecto a las plantas establecidas en 100CAQ.

Palabras clave: índices y tasas de crecimiento, flor de corte, horticultura protegida, asignación de masa seca, cultivo en sustratos.

Growing evaluation of standard carnation cv. Delphi set in different types of substrates

For growing ornamental plants vegetables, its necessary to use a suitable substrate which might form from mixtures of different materials. In the savannah of Bogota, soil health or physical and chemical constraints, makes crop adoption in the substrate, in particular by the high incidence of vascular wilt of carnations becomes relevant. This work was place at the campus of the Agricultural Biotechnology Center of SENA, located in the municipality of Mosquera (Cundinamarca). There was established a standard carnation crop cv. Delphi, in a traditional greenhouse for cut flowers, analysis of growth was made between pinch and the first harvest peak. Rooted cuttings of the variety under study were grown on the following treatments or substrates: 35% burned rice husk - 65% coconut fiber (35CAQ); 65% burned rice husk - 35% coconut fiber (65CAQ) and 100% burnt rice husk (100CAQ). The experimental design was randomized block design with three treatments and three replications. For the analysis of growth, there were two types of sampling: one continuous and one destructivedestructive samplings were done. These samplings used to assess the variation in the continued growth of the leaves, stem and flower buds depending on the length and diameter by adjusting the logistic model. No crop growth significant statistical differences were, foundedassessing crop growth without finding significant differences, except with the dry mass of stem variable where treatment more favourable was 65CAQ and leaf area in 100CAQ. Moreover, differences were observed in the trends of absolute growth rates of growth (TAC) versus mixture 100CAQ treatment. Meanwhile, evidence that plants in the mixtures based substrates have a worse early in the maximum TAC, compared to plants established in 100CAQ.

Keywords: Substrates, growth index, cut flowers, greenhouse, dry matter soil-less culture.

Introducción

La producción de plantas en sustratos en condiciones de invernadero ha aumentado notoriamente en los últimos años, especialmente, en las explotaciones de flores de corte y plantas de follaje y paisajismo (Pire y Pereira, 2003). El clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) hace parte del gran mercado de las flores en el mundo. Colombia tiene un papel importante en dicha producción de flores, con 7.290 ha localizadas, en su gran mayoría, en zonas frías-moderadas, en alturas comprendidas desde los 2200 hasta los 2600 msnm. La Sabana de Bogotá es la mayor productora de clavel de corte y exportación, con un valor anual cercano a los US\$800 millones, siendo el segundo exportador mundial después de Holanda y el primero en claveles (Mayorga e Higuera, 2007). Sin embargo, la producción ha disminuido en los últimos años por factores que inciden en la productividad y por tanto en el mercado. Los principales factores que afectan su producción son patógenos y plagas del suelo, siendo el marchitamiento vascular causado por el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* raza 2, el principal problema (García y Camargo, 1998). Dicho patógeno, se encuentra ampliamente distribuido en las zonas donde se cultivan claveles en nuestro país (Ardila *et al.*, 2007), y por esta razón, la mayoría de áreas cultivadas en clavel, han pasado de ser sembradas en suelo, a ser sembradas en sustratos que desde el punto de vista agronómico, tienen como finalidad producir cosechas de calidad, en el más corto periodo de tiempo, con bajos costos de producción junto con un bajo impacto ambiental. Sin embargo, las respuestas de las plantas al tipo de sustrato, varían de acuerdo con las características o propiedades de los mismos y no a los materiales constituyentes (Cadahia *et al.*, 2000). Una ventaja importante de los sustratos con respecto al cultivo en suelo, es que los sustratos tienen una alta porosidad (>85%), de la cual una buena proporción pertenece a macroporos; mientras que en un suelo la porosidad total en algunas ocasiones puede alcanzar apenas un 50%, entre macroporos y microporos, en suelos bien drenados (Burés, 1997; Díaz, 2004).

El uso de un sustrato adecuado para el cultivo de plantas ornamentales conformado por mezclas de diferentes materiales es una práctica importante en horticultura bajo cubierta, ya que cada vez es más difícil obtener suelos con características deseables para su crecimiento (Yong, 2004). Así mismo, las raíces de las plantas establecidas

en sustratos están más expuestas a las fluctuaciones de las condiciones del medio pues este tiene poca capacidad amortiguadora frente a dichas variaciones. De esta forma, los medios de crecimiento o sustratos usados en la producción de plantas tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces. El equilibrio entre el agua retenida y la aireación en el medio de crecimiento es un aspecto esencial (Cadahia *et al.*, 2000). Así, además de reunir las propiedades físicas y químicas, uno de los parámetros más importantes al elegir un sustrato, es la disponibilidad y fácil consecución del material. Por tal razón, en Colombia el uso de materiales como la cascarilla de arroz y la fibra de coco es ampliamente difundido pese a que la técnica de cultivo sin suelo aumenta los costos de producción, lo cual debe compensarse con incrementos en productividad y una mejor calidad de las flores (Nieto y Flórez, 2006).

De esta manera la cascarilla de arroz, cruda o parcialmente carbonizada, es el sustrato más empleado en los cultivos sin suelo en Colombia. Este sustrato cuenta con una baja tasa de descomposición por su alto contenido de sílice, un pH neutro, alta conductividad hidráulica, baja conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico, así mismo es un material rico en potasio (3000 y 3500 ppm), fósforo (80 y 120 ppm) y por otra parte pobre en nitrógeno (menos de 100 ppm) (Quintero, 2009). El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz en su estado crudo, es su baja capacidad de retención de humedad y el bajo reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas. Para mejorar la retención de humedad de la cascarilla, se ha recurrido a la quema parcial de la misma obteniendo incrementos importantes en cuanto a la humectabilidad (Quintero, 2009; Perdomo, 2006). Por otra parte, la fibra de coco es un material ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y buena aireación. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar y presenta ventajas en aplicaciones de cultivo hidropónico frente a otros sustratos, al ser ligera y poder comprimirse fácilmente, lo cual simplifica su transporte y manipulación, además de su capacidad de rehidratarse posteriormente con gran facilidad (Perdomo, 2006). Sin embargo Materiales orgánicos como la fibra de coco en algunas ocasiones contienen concentraciones altas de compuestos fenólicos, inhibiendo el crecimiento de las

plantas por lo que se recomienda su previo compostaje antes de su uso, mejorando la disponibilidad de nutrientes, aumentando la tasa de infiltración, la porosidad total y la conductividad hidráulica del medio donde se utiliza (Quintero, 2009; Sánchez *et al.*, 2004).

Dado lo anterior, los análisis de crecimiento en plantas establecidas en diferentes tipos de sustratos se convierten en una herramienta importante, con la finalidad de evaluar en que tipo de sustrato se presenta el mejor desempeño de las plantas y, en consecuencia, se obtienen las mejores productividades y calidades.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento del cultivo de clavel estándar (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Delphi sembrado en sustratos a base de cascarilla de arroz y fibra de coco en la Sabana de Bogotá.

Materiales y métodos

El presente ensayo se llevo a cabo en las instalaciones del Centro de Biotecnología Agropecuaria del SENA, ubicado en el municipio de Mosquera, departamento de Cundinamarca – Colombia, a una altura de 2516 msnm. Cuyas coordenadas geográficas corresponden a 5° N 75° E y presenta precipitación promedio anual de 646 mm y temperatura media mensual de 13 °C (Corpoica, 2008).

El cultivo se estableció en un invernadero tradicional en madera, con ventilación pasiva lateral y cenital. Se utilizaron esquejes con raíz de clavel estándar cv. Delphi, cedidos por Suata Plants S.A.; los cuales se sembraron a una densidad de 24,7 plantas/m² de invernadero, en camas suspendidas compuestas por dos contenedores plásticos de 15 m de largo y 0,25 m de ancho, separadas entre sí por 0,3 m. Los tratamientos o sustratos utilizados fueron: 100% cascarilla de arroz quemada (100CAQ); 65% cascarilla de arroz quemada - 35% fibra de coco (65CAQ); y 35% cascarilla de arroz quemada - 65% fibra de coco (35CAQ).

La fertirrigación se realizó basándose en la fórmula (mg · L⁻¹): N, 150; P, 30; K, 125; Ca, 160; Mg, 30; S, 24; Fe, 1,5; Zn, 0,5; B, 1; Mo, 0,1; Cu, 1,5, utilizando un sistema automatizado de riego por goteo. Las decisiones de riego se tomaron de acuerdo con las condiciones de temperatura y humedad diarias, teniendo en cuenta la composición de las mezclas, aplicando entre 90 y 120 L/cama.

Para el análisis de crecimiento se hicieron dos tipos de muestreo durante las etapas comprendidas de *pinch* a “pico de cosecha”. Se hizo seguimiento continuo en campo y muestreos destructivos; para estos últimos, con frecuencia quincenal y evitando los extremos de la cama se tomaron de manera aleatoria dos plantas del surco central, para un total de 13 muestreos. En seguida, se transportaron al laboratorio de fisiología vegetal de la facultad de agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, donde se determinó la masa seca por órganos y el área foliar. Paralelamente, con frecuencia semanal, se hizo seguimiento a cinco plantas previamente identificadas al azar en cada unidad experimental, midiendo dos tallos en el tercio medio de cada una de las plantas, para un total de diez tallos por unidad experimental. Las variables medidas para este análisis fueron longitud del tallo y del botón floral así como sus respectivos diámetros.

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar con tres repeticiones, donde los tratamientos fueron conformados por los tipos de sustrato, para un total de nueve unidades experimentales. A partir de la variable masa seca de los diferentes órganos se calcularon las siguientes tasas e índices: Tasa de absoluta de crecimiento (TAC), tasa relativa de crecimiento (TRC), área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF). Estas se ajustaron al modelo sigmoideal con la función logística $Y = \frac{\alpha}{1 + e^{-k(x-Y)}}$, considerando cada uno de los parámetros, según Flórez *et al.* (2006). Los datos fueron procesados mediante el programa estadístico SAS System V8.

Resultados y discusión

Masa seca de raíz

La masa seca de raíz no presentó diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros estimados (tabla 1). Entre tanto, los tratamientos 65CAQ y 35CAQ obtuvieron una masa seca de raíz (0,72 g) mayor que 100CAQ (0,63 g) (figura 1A y tabla 1). Así mismo, la máxima TAC para esta variable es más precoz en 100CAQ en comparación de los demás tratamientos.

Estas diferencias entre las mezclas y 100CAQ posiblemente se deban a algún tipo de estrés radicular en el sustrato a base de cascarilla de arroz; como por ejemplo, la más baja retención de humedad e inadecuado reparto homogéneo de la misma reportado

por Quintero (2009). La disminución en la producción de masa seca puede resultar de la inhibición de la capacidad fotosintética bajo esas condiciones, lo cual está directamente relacionado con el transporte hormonal que se realiza en el xilema desde la raíz hasta la parte aérea (Posada y Gómez, 2008).

Las características químicas y físicas de los sustratos pueden limitar el crecimiento y desarrollo de la raíz (Salisbury y Ross, 1982). De esta forma, se podría justificar la tendencia de mayor acumulación de masa seca en la raíz en los tratamientos que contenían mezclas, ya que la fibra de coco mejora las condiciones del sustrato.

Masa seca de tallo

Como se observa en la tabla 1, para esta variable el tratamiento 65CAQ (3,76 g) fue significativamente mayor a los tratamientos 35CAQ (3,06 g) y 100CAQ (2,91 g). Por otra parte, la máxima TAC de los tallos florales se presentó de forma tardía a los 95 ddp en el tratamiento 65CAQ, frente a los otros dos tratamientos que exhibieron valores máximos de TAC a los 81 ddp. Esto indica que, aun cuando la máxima TAC es tardía, la acumulación de biomasa en los tallos florales establecidos en 65CAQ es superior, constituyendo una ventaja para las plantas en dicho sustrato frente a los otros tratamientos, ya que el peso de los tallos juega un papel importante al momento de determinar la calidad del producto final, tal como lo indican Arévalo *et al.* (2007).

La cascarilla de arroz es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, presenta un buen drenaje, pero tiene una baja retención de humedad inicial y es difícil conservar la humedad homogéneamente cuando se usa como sustrato único. Al mezclarlo con fibra de coco, que tiene buena capacidad de retención de humedad y alta capacidad de aireación (Botero, 2007), el contenido de agua es mayor en el sustrato favoreciendo su disponibilidad para la planta. Esto permite el desarrollo de los tallos por la expansión celular, aumentando el potencial hídrico en el interior de las células incrementando la acumulación de material en la pared celular hasta cuando la célula alcanza el tamaño final (Da Silva *et al.*, 2009).

Masa seca foliar

De manera análoga a lo ocurrido con la masa seca de la raíz, en la variable masa seca foliar no se constató diferencias estadísticas significativas en ninguno de los

parámetros estimados por el modelo (tabla 1). En este sentido, la fijación y acumulación de fotoasimilados en este órgano, tales como carbohidratos y polisacáridos, es similar para todos los tratamientos.

Sin embargo, el tratamiento 35CAQ (15,9g) presentó una masa seca menor respecto a 65CAQ (16,29g) y 100CAQ (16,22g). Entre tanto la máxima TAC para 35CAQ se presentó de manera precoz el día 41 ddp, frente a 65CAQ y 100CAQ, los cuales presentaron la máxima TAC los días 46 y 45 ddp respectivamente. Estos resultados son similares a los encontrados por Cárdenas *et al.*(2000) para el cv. Nelson, cuando los tratamientos a base de mezclas de fibra de coco presentaron precocidad en las tasas de crecimiento.

Masa seca del botón floral

La masa seca para esta variable tampoco presentó diferencias significativas en ninguno de los parámetros estimados (tabla 1), lo cual se evidencia en la similitud de las curvas de crecimiento de acumulación de biomasa, sin importar el sustrato donde se encontraban establecidas (Figura 1D). De manera semejante a lo ocurrido con la masa seca foliar, el máximo valor en la TAC de la masa seca del botón floral se presentó de manera precoz en el tratamiento 35CAQ (112 ddp), frente a 65CAQ (117 ddp) y 100CAQ (117 ddp). La semejanza entre los resultados en cuanto a la precocidad de las TAC encontradas para las variables masa seca foliar y del botón floral son fácilmente comprensibles debido a la relación fuente – vertedero, pues, el desarrollo precoz de los órganos encargados del proceso fotosintético también generaría una respuesta precoz en la traslocación hacia los órganos florales.

Área foliar

La variable área foliar presentó diferencias significativas en la estimación de los parámetros α y k del modelo estudiado (tabla 1). Se constató que la superficie fotosintéticamente activa de las plantas en el tratamiento 100CAQ fue mayor (234,9 cm²), frente a los tratamientos 65CAQ (227 cm²) y 35CAQ (226,7 cm²). Así mismo, la TAC de 100CAQ es tardía (44 ddp) respecto a 65CAQ (40 ddp) y a 35CAQ (36 ddp) (Figura 1 E).

Es probable que las plantas en 100CAQ, la cascarilla de arroz participe en la dirección y control del crecimiento en términos de acumulación de masa seca de la planta.

El decrecimiento de la TAC se podría explicar debido a que el solapamiento que existe entre las hojas de una misma planta y las plantas del cultivo, influyen en la intercepción de luz solar, ejerciendo control dominante sobre el proceso fotosintético afectando la producción de asimilados y el intercambio de energía entre el dosel de la planta y el ambiente circundante, reduciendo el crecimiento de la planta en el transcurso del tiempo (Aydişakir y Büyüктаş, 2009).

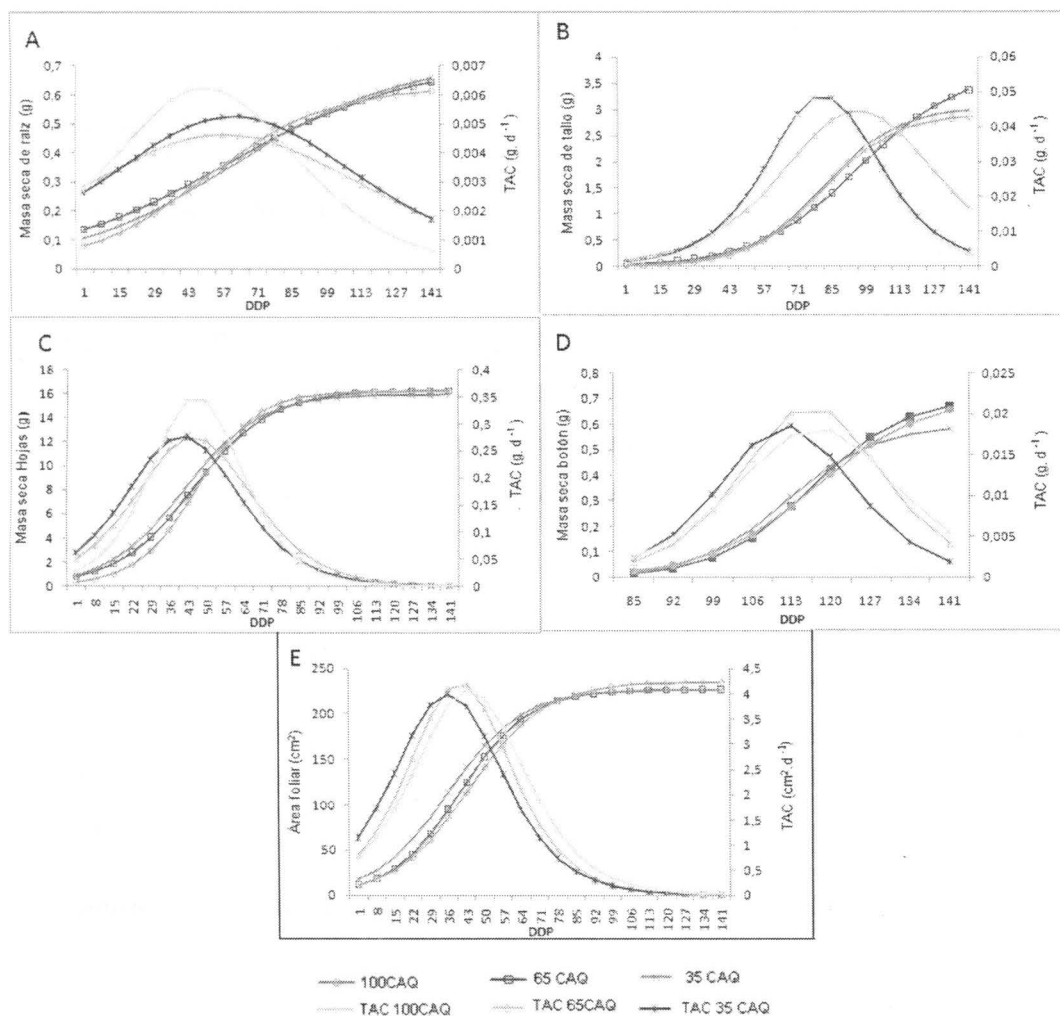


Figura 1. Comportamiento de la masa seca de la raíz (A), del tallo (B), foliar (C), y del botón (D); área foliar (E), y sus respectivas tasas absolutas de crecimiento (TAC) en plantas de clavel cv. Delphi, cultivado en sustratos.

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

Altura del tallo floral

La variable altura de tallo no presentó diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros estimados (tabla 1); sin embargo, el tratamiento 35CAQ exhibió su máxima TAC de manera precoz a los 71ddp, mientras que 65CAQ y 100CAQ presentaron la máxima TAC a los 77 ddp (Figura 2A).

La mezcla 35CAQ presenta un mayor porcentaje de fibra de coco, el cual al tener un mayor porcentaje de partículas gruesas, mejora el espacio poroso y la liberación de agua, aumentando la disponibilidad de nutrientes, optimizando el desempeño de la planta en su crecimiento (Quintero, 2009). Estas condiciones que presenta la mezcla pueden favorecer la elongación del tallo y la rigidez de las paredes celulares como resultado de la expansión celular dada por cambios en la presión de turgencia (Balaguera *et al.*, 2009).

Diámetro del tallo floral

No se evidenciaron diferencias significativas para esta variable (tabla 1), lo cual se puede observar en el comportamiento de las curvas de crecimiento que se presentan en la figura 2B. Esto indica que la asignación de asimilados para la expansión del diámetro del tallo se dio de manera similar para todos los tratamientos. El diámetro del tallo floral presentó al inicio de la evaluación un crecimiento progresivo, para luego mantenerse constante.

Estos resultados concuerdan con los presentados por Baracaldo *et al.* (2006) en clavel estándar cv. Nelson, quienes constataron que la acumulación de masa seca en el diámetro de tallo descende con el transcurso del tiempo; los autores argumentan que esto es debido al direccionamiento de asimilados a la formación del órgano floral.

Longitud y diámetro del botón floral

Para estas variables tampoco se presentaron diferencias estadísticas significativas para los parámetros estimados (tabla 1). Sin embargo, el tratamiento 65CAQ obtuvo una longitud máxima de 31,04 frente a los tratamientos 35CAQ y 100CAQ con longitudes de 25,6 y 25,8, respectivamente. 65CAQ presentó el mayor valor en la

TAC el día 89, mientras que el tratamiento 35CAQ presento el pico en la TAC el día 75 y 100CAQ el día 78.

El diámetro floral de las plantas en los diferentes tratamientos mostró un comportamiento similar en el transcurso del tiempo (figura 2D), sin embargo al final de la evaluación las tendencias de las curvas fueron diferentes entre tratamientos. La distribución de biomasa en las estructuras reproductivas tubo una menor inversión en 100CAQ, lo cual podría ser una estrategia en el balance de la relación fuente-vertedero en la planta al producir nuevos brotes (Arévalo, 2007; Salisbury y Ross, 1982). En los tratamientos se observa una relación entre la TAC y el diámetro, ya que a menor diámetro se obtiene una TAC más precoz, lo cual fue reportado por Papadopoulus (1991) en un cultivo de tomate bajo cubierta, donde tallos mas gruesos se interpretan como un indicador de un largo periodo vegetativo.

Las condiciones dadas por los sustratos permiten que las plantas presenten un estado reproductivo adecuado, las demandas de asimilados dadas por las plantas mantiene el balance entre la fuente y el vertedero (Salisbury y Ross, 1982).

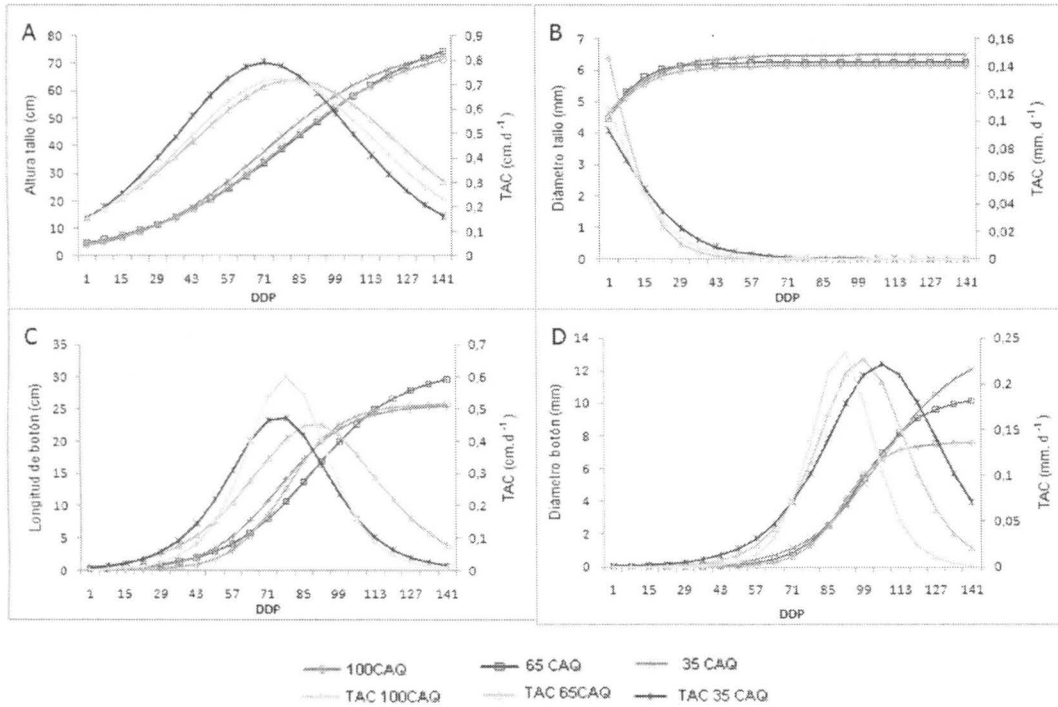


Figura 2. Curvas y tasas absolutas de crecimiento (TAC) para las variables: Altura del tallo (A), diámetro del tallo (B), longitud del botón (C), diámetro botón (D), en sus respectivas mezclas de sustratos.

Tabla 1. Valores estimados de los parámetros considerados para el ajuste al modelo logístico encontrados a partir de las masas secas de los diferentes órganos de plantas de clavel estándar cv Delphi, establecidas en cascarilla de arroz quemada 100% (100CAQ), cascarilla de arroz quemada 65% - fibra de coco 35% (65CAQ), y cascarilla de arroz quemada 35% - fibra de coco 65% (35CAQ).

Tratamiento	Variable	Parámetro	Valores estimados					
			100CAQ		65CAQ		35CAQ	
Masa seca raíz	α	0,629	a*	0,719	a	0,722	a	
	k	-0,040	a	-0,026	a	-0,029	a	
	γ	49,987	a	57,856	a	61,510	a	
Masa seca tallo	α	2,913	a	3,764	b	3,057	a	
	k	-0,066	a	-0,048	b	-0,064	a	
	γ	81,250	a	95,905	a	81,500	a	
Masa seca foliar	α	16,221	a	16,289	a	15,953	a	
	k	-0,086	b	-0,067	a	-0,069	a	
	γ	46,382	a	45,212	a	41,428	a	
Masa seca de botón	α	0,713	a	0,707	a	0,596	a	
	k	-0,103	a	-0,120	a	-0,125	a	
	γ	117,400	a	116,600	a	112,100	a	
Área Foliar	α	234,900	b	227,000	a	226,700	a	
	k	-0,069	b	-0,075	a	-0,070	a	
	γ	43,986	a	40,351	a	35,917	a	
Altura tallo floral	α	78,311	a	84,313	a	77,020	a	
	k	-0,037	a	-0,034	a	-0,041	a	
	γ	77,364	a	82,806	a	71,498	a	
Diámetro tallo floral	α	6,145	a	6,240	a	6,480	a	
	k	-0,091	a	-0,116	a	-0,071	a	
	γ	-9,858	a	-6,974	a	-12,102	a	
Longitud Botón floral	α	25,777	a	31,047	a	25,573	a	
	k	-0,094	a	-0,058	a	-0,075	a	
	γ	78,269	a	89,045	a	75,171	a	
Diámetro Botón floral	α	7,577	a	10,407	a	13,215	a	
	k	-0,125	a	-0,088	a	-0,067	a	
	γ	90,403	a	98,058	a	106,000	a	

α = máxima longitud de la variable; k = constante que determina la pendiente de la curva; γ = momento en días de mayor tasa de crecimiento.

*promedios seguidos de la misma letra en la fila no presentan diferencias estadísticamente significativas según intervalos de confianza y probabilidad estadística ($P < 0,05$).

Tasas e índices de crecimiento

Tasa relativa de crecimiento

El tratamiento 65CAQ presentó una tendencia decreciente lineal, mientras que los otros dos tratamientos presentaron una curva sigmoide decreciente. Los tratamientos 35CAQ y 100CAQ se caracterizaron por presentar una primera fase de TRC constante, hasta los 50ddp; en seguida, una fase marcadamente decreciente para luego estabilizarse con los valores más bajos de TRC al final del ciclo. Esto indicaría que entre los 50 y los 104 ddp estas plantas asignaron cantidades importantes de carbohidratos a vertederos metabólicos. En cuanto que, el tratamiento con 65CAQ, si bien presenta valores más altos que los demás tratamientos al comienzo y al final del ciclo evaluado, su direccionamiento de asimilados fue constante.

Estos resultados están dados por la capacidad que posee la planta para aumentar la producción de masa seca por unidad de tiempo con relación a la masa seca inicial. La reducción en el pico de cosecha de la TRC, se pudo explicar por el autosombreamiento de las hojas o por la reducción en la producción de área foliar a lo largo del cultivo (Da Silva *et al.*, 2009).

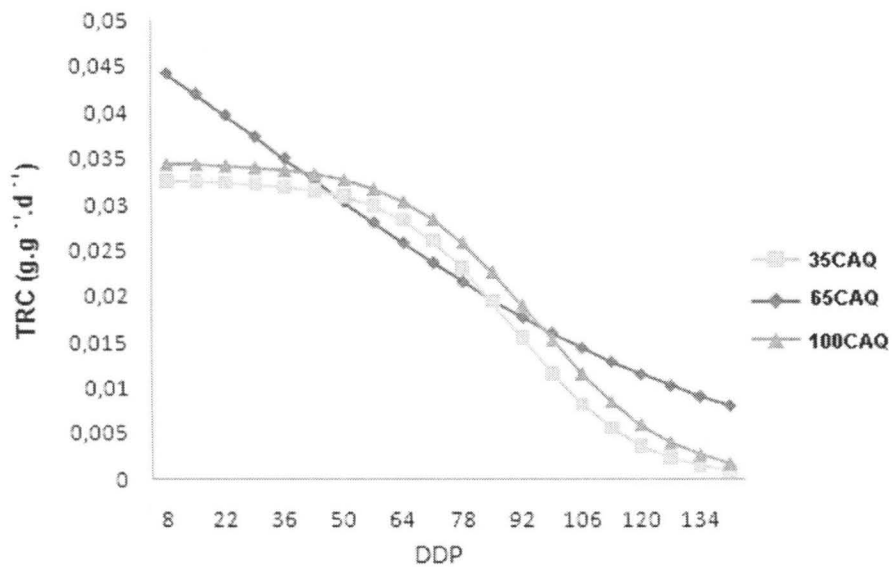


Figura 3. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento (TRC) en las plantas de clavel cv. Delphi, cultivadas en las diferentes mezclas de sustratos.

Índice de área foliar

Los tratamientos presentaron una tendencia similar en el transcurso del tiempo (figura 4). El tratamiento 35CAQ se caracterizó por alcanzar más rápidamente un mayor valor de IAF el día 41, mientras que los otros tratamientos 100CAQ y 65CAQ presentaron este valor los días 50 y 49 respectivamente. Esto podría indicar que durante el crecimiento de las plantas, estas alcanzaron la máxima capacidad para interceptar la radiación solar, por lo cual la superficie de la hoja por unidad de aérea fue parecida en las plantas de cada tratamiento.

El tratamiento 65CAQ superó los otros tratamientos a partir del día 92 y mantuvo esta tendencia hasta el final de ensayo.

El IAF presenta un aumento progresivo en el transcurso del ensayo, lo que indica que las plantas continuaron produciendo área foliar. Este aumenta con el crecimiento del cultivo hasta obtener un valor crítico en el cual se alcanza la máxima capacidad para interceptar el 95 % de la radiación incidente en el cual la relación entre la fotosíntesis y la respiración se optimiza y logra los máximos valores (Espinoza *et al.*, 2008; Hunt, 1982).

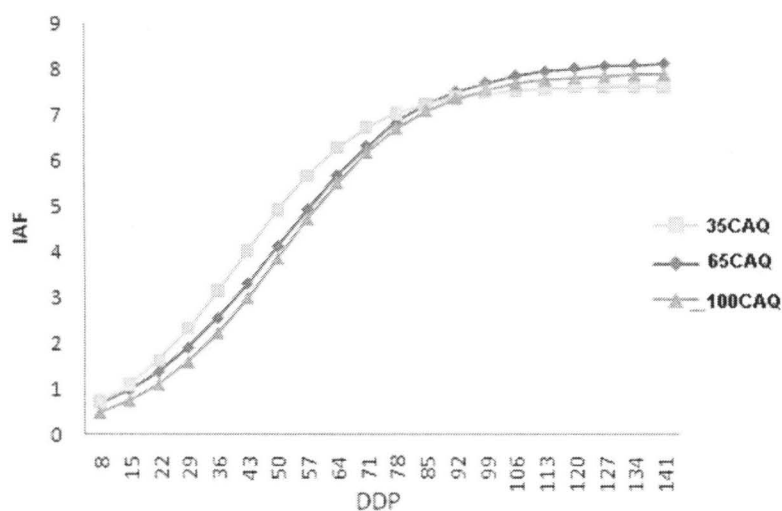


Figura 4. Comportamiento del índice de área foliar (IAF) de los tallos florales de clavel cv. Delphi, cultivadas en las diferentes mezclas de sustratos.

Área foliar específica

El comportamiento que presentan los tratamientos es similar, la disminución progresiva que evidencian los tratamientos (figura 5), está dada por la exportación de asimilados hacia los vertederos y por la relación entre el área foliar y la masa seca foliar.

El tratamiento 65CAQ presenta un mayor valor de AFE, esto indica que el área foliar disponible para la intercepción de luz y para la ganancia fotosintética es mayor en comparación con los otros tratamientos, sin embargo una elevada AFE incrementa la fragilidad de las hojas, al tiempo que se incrementa el riesgo de pérdidas prematuras de tejido (Pérez *et al.*, 2004).

Las condiciones del cultivo pueden afectar el AFE, esto se debe al cambio en el grosor de las hojas o en la densidad de masa foliar (Taiz y Zeiger, 1998). La reducción del AFE se atribuye a una alteración en la estructura de la hoja, o al incremento en la concentración de los nutrientes y carbohidratos no estructurales; tal reducción, es el resultado de una incapacidad de la planta para asignar estos compuestos hacia el crecimiento estructural (Pérez *et al.*, 2004).

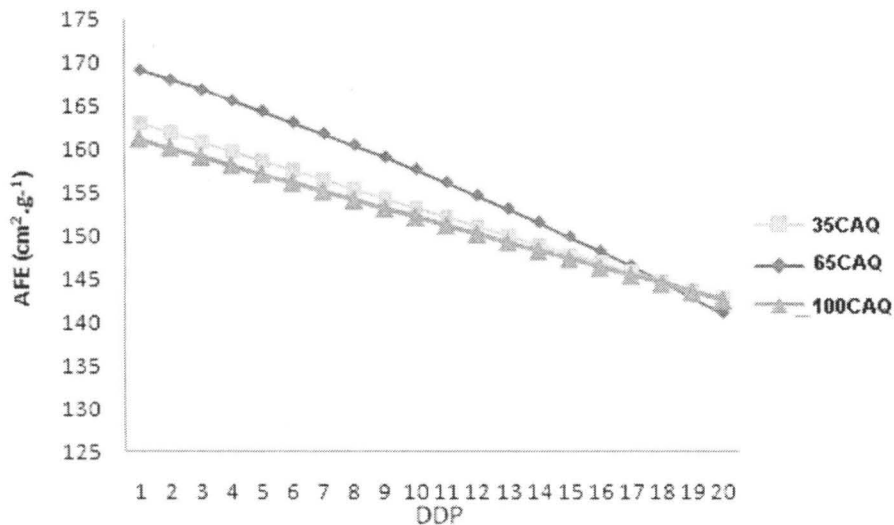


Figura 4. Comportamiento del índice de área foliar (IAF) en las plantas de clavel cv. Delphi, cultivadas en las diferentes mezclas de sustratos.

CONCLUSIONES

La respuesta obtenida en la evaluación del crecimiento de las plantas cultivadas en sustratos a base de diferentes combinaciones de cascarilla de arroz y fibra de coco está dada en gran parte por las propiedades físicas de los sustratos, ya que el desarrollo y el funcionamiento de las raíces y de la planta en general están directamente ligados a las condiciones de aireación y de contenido de agua.

No se constataron diferencias significativas en los diámetros y longitudes evaluados como tampoco en la masa seca por órganos de las plantas, excepto para la variable masa seca de tallo en 65 CAQ y área foliar en 100CAQ. Entre tanto, se evidencia que las plantas establecidas en los sustratos a base de mezclas presentan un comportamiento precoz en la máxima TAC para las variables masa seca de raíz, tallo, hojas y botón floral, respecto a las plantas establecidas en 100CAQ.

La variable masa seca de tallo fue significativamente mayor en el tratamiento 65CAQ respecto a los demás tratamientos, entre tanto la evaluación de esta variable no es suficiente para concluir que dicho sustrato sea el más indicado para el establecimiento de este cultivo.

Pese a que los tratamientos no presentaron diferencias significativas en TAC, TRC, AFE e IAF, el comportamiento observado evidenció tendencias, donde el tratamiento 65CAQ mostró valores más favorables en las tasas e índices lo cual podría atribuirse al correcto balance físico-químico que se adquiere al realizar mezclas de sustratos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ardila, H., B. Baquero y S. Martínez. 2007. Inducción de la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa en clavel (*Dianthus Caryophyllus* L.) por elicitores del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi* raza 2. Revista Colombiana de Química, 36(2):151- 167.
- Arévalo, G.A., D.A. Ibarra y V.J. Flórez. 2007. Desbotone en diferentes estadios de desarrollo del botón floral en clavel estándar (*Dianthus caryophyllus* L.) var. Nelson. Agronomía Colombiana 25(1):73-82.
- Aydiñşakir, K. y D. Büyüктаş. 2009. Non-destructive leaf area estimation in carnation plants. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 22(1): 83-89.
- Balaguera-Lopez, H.E., Y.A. Deaquiz y J.G. Álvarez-Herrera. 2009. Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) provenientes de semillas embebidas en diferentes soluciones de giberelinas (GA3). Agronomía Colombiana. 27(1): 57-64.
- Baldeón, O. y M. Germán. 1990. Análisis de crecimiento y desarrollo de cinco variedades de clavel miniatura bajo invernadero. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
- Baracaldo A., A. del P., A. Ibagué. 2006. Evaluación de crecimiento en clavel estándar cv. Nelson a segundo pico de cosecha en suelo y sustratos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones agrotécnicas S, L Madrid.
- Cadahia, C. 2000. Fertirrigacion cultivos hortícolas y ornamentales. 2da ed. Madrid España. p.287 – 338.
- Cárdenas-Méndez, C.A., I.F. Rivera-Gómez, V.J. Flórez-Roncancio, W. Piedrahíta-Cañola y B. Chaves-Córdoba. 2006. Growth analysis of standard carnation cv. 'Nelson' in different substrates. En: Models for plant growth, environmental control and farm management in protected cultivation. Acta Horticulturae, 718:623-630.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. 2008. Estación AM – ICA Tibaitata. En: Corpoica. www.corpoica.org.co; febrero de 2008
- Da Silva, G.F., S. Zolnier, J.A. Saraiva G., J.G. Barbosa, C.R. Weide M. y M. Alves M. 2009. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. Revista Ceres, Viçosa, 56:5. 602-610.
- Díaz, F. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. En: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción, Torreón, Coah, México.

- Espinoza R. F. H., J. F. Alvarado M., B. Murillo A., J. L. García H., R. Pargas L., J. D. Duarte O., F. A. Beltrán M. y L. Fenech L. 2008. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. En: *J. PACD*. 22-35.
- Flórez R., V.J, D. Miranda L., B. Chaves C., L.A. Chaparro T., C.A. Cárdenas M., y A. Farías A. 2006. Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en rosa y clavel en los sistemas de cultivo y suelo y en sustrato. En: *Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana*. 43-52.
- García, C. Alcantar, G. Cabrera, R. Gavi, R. Volke, H. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aereum* y *Spathiphyllum*, cultivadas en maceta terra. Universidad Autónoma de Chapingo. México En: *revista de Chapingo*, 19:003. 249-258
- García G. V. y S.L. Camargo R.1998. Hongos fitopatógenos del clavel. Universidad Autónoma Metropolitana. En: *revista Casa del Tiempo*, 3:95. 57-59.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, London. 65-69.
- Mayorga, V. y B. Higuera. 2007. Aislamiento y caracterización de una polifenoloxidasas relacionada con la tolerancia del clavel (*Dianthus Caryophyllus*) a *Fusarium Oxysporum* F. Sp. *Dianthi* Raza 2. En: *Acta biológica Colombiana*. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 12:2 81-94.
- Nieto, D. y V. Flórez. 2006. Producción y calidad de rosa y clavel cultivados en cascarilla de arroz y fibra de coco. En: *Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana*. 129-142.
- Papadopoulos, A, P. 1991. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Ontario: Agriculture Canada Publication, p. 21.
- Perdomo, L. 2006. Innovación preparación de sustrato o abono orgánico a base de cascarilla de arroz. Tesis en Lic En Ciencias Naturales Facultad de Educación Universidad Sur colombiana. Colombia.
- Pérez, J. A., E, García M., J. F. Enríquez Q., A.R. Quero C., J. Pérez P., A. Hernández G. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “mulato” (*Brachiaria* híbrido, cv.). En: *Técnica pecuaria*. México 42(3):447-458.
- Pire, R., A, Pereira. 2003. Propiedades Físicas de Componentes de Sustratos de Uso Común en la Horticultura Del Estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 15:3 55-63

- Posada, F., N, Gómez. 2008. Crecimiento foliar y radical en plantas de fique (*Furcraea castilla* y *F. macrophylla*) bajo estrés por encharcamiento. En: *Agronomía Colombiana*. 26(3): 381-388.
- Salisbury, F. Ross, C. 1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericana: México D.F. p 127-132.
- Seber, G. A. F. y C. J. Wild. 1989. *Nonlinear regression*. New York: John Wiley and Sons, p. 325-335.
- Yong, A. 2004. El Cultivo de Rosa y su Propagación. Review. En: *Cultivos Tropicales*. 25(2):53-67.