

Parámetros de crecimiento y desarrollo fisiológico del crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), variedad *Atlantis white* bajo sistema aeropónico

Fáber Chica-Toro¹
Mayra Gómez-García²
Evelin Castro Castañeda³
Santiago Castaño Cardona⁴

Parameters of growth and physiological development of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), variety *Atlantis white* under an aeroponic system

Resumen

La floricultura en Colombia es una de las actividades agrícolas que genera exportaciones, en tanto se convierte en fuente relevante de empleo. Dentro de las variedades de flores ornamentales de mayor producción se encuentra el crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), variedad *Atlantis white*. Esta investigación propone una metodología basada en un sistema aeropónico, que pretende propiciar la mayor expresión fisiológica de la planta y tener parámetros de comparación frente al sistema convencional de cultivar en suelo. Adicionalmente, presenta resultados que indican un ahorro de agua de hasta un 60 %, aspecto este de vital importancia en tiempos de cambio climático.

Palabras clave

Aeroponía, crisantemo, solución nutritiva, floricultura.

1 Ingeniero Agrónomo. M. Sc. Docente asistente. Grupo Biotecnología Vegetal. Universidad Católica de Oriente. fchica@uco.edu.co

2 Agrónoma. Grupo Biotecnología Vegetal. Universidad Católica de Oriente. mfgomez@unal.edu.co

3 Agrónoma. Universidad Católica de Oriente. evelinc777@hotmail.com

4 Agrónomo. Universidad Católica de Oriente. santicas88c@gmail.com.

Abstract

The flower industry in Colombia is one of the activities that generate agricultural exports, while it becomes important source of employment. Among species of ornamental flower production, the chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.) Variety *Atlantis white* is one of the greatest. This research proposes a methodology based on an aeroponic system designed to encourage the greater physiological expression of the plant and to have parameters compared against the conventional system of growing in soil. Additionally it presents results that indicate a water savings up to 60 %, an aspect of vital importance in times of climate change.

Key words

Aeroponics, chrysanthemum, nutrient solution, flowers.

Introducción

Los orígenes de la aeroponía se remontan a 1942, cuando W. Carter investigó el crecimiento de un entorno aéreo y definió un método para cultivar plantas con una neblina de agua y facilitar el examen de las raíces; en el año 1944, L. J. Kiotz descubrió que rociar las plantas con agua facilitó sus estudios sobre la concentración de nutrientes; y finalmente en 1957 F. W. Cent cultivó plantas de tomate y café con sus raíces suspendidas en el aire, utilizando una neblina de nutrientes. Llamó a este proceso de crecimiento en el aire “*aeroponía*”, pero no fue sino hasta mediados de los años setenta que la industria de los invernaderos puso a la venta dispositivos aeropónicos para la propagación de plantas. En el año 1980, cuando fue desarrollada por el Dr. Franco Mazzantini en la Universidad de Pía (Italia), permitió crear las denominadas “columnas de cultivo” (Durán, Martínez y Navas, 2000). Calderón (2015) define la aeroponía como el proceso de cultivar plantas en un entorno de niebla, sin hacer uso de suelo o sumergiendo la raíz total o parcialmente en una solución nutritiva, es una técnica avanzada y de tecnología un poco más compleja que el sistema hidropónico tradicional.

El sistema tradicional de cultivo de flores ornamentales, con fines de *exportación*,

requiere adaptarse a las nuevas implicaciones de comercio: producir con alta eficiencia y cuidando los recursos naturales. Algunos aspectos a superar, como los planes de fertilización y manejo de temperaturas aptas para la raíz, son mencionados por Osorio (2012) y Jaramillo (2010), respectivamente. Se requiere entonces avanzar en técnicas que minimicen el uso de los recursos utilizados en este sistema de producción. Los cultivos aeropónicos ofrecen parte de esta *alternativa* como sistema

eficiente en el uso de agroquímicos y el uso del agua. En Colombia no se reporta siembra de *crisantemo* en aeropónicos, por lo tanto, se desconoce el comportamiento fisiológico de la especie bajo este sistema.

El sector floricultor colombiano es el segundo exportador mundial de flores frescas cortadas después de Holanda. Además, es el principal proveedor de flores a Estados Unidos y el segundo de la Unión Europea. Colombia está en la capacidad de exportar el 95 % del total de la producción de flores, esto indica su clara vocación exportadora. Cuenta con 7 500 hectáreas de flores sembradas en invernadero (ICA, 2013), en las cuales se tiene la mayor variedad de flores exóticas y de exportación con más de 1 500 especies diferenciadas por su color, tamaño, calidad, belleza y variedad (Fenalco, 2013). Se exportan

"F. W. Cent cultivó plantas de tomate y café con sus raíces suspendidas en el aire, utilizando una neblina de nutrientes".

flores a 90 países y para el año 2013 se alcanzaron cifras por el orden de los 1335 millones de dólares (Comunidad Andina, 2013). El sector de las flores genera cerca de 15 empleos por hectárea, para un estimado de 120 000 empleos directos, vinculando el 25 % de la mano de obra rural femenina y aportando alrededor del 7 % del PIB agropecuario nacional (Marca Colombia, 2015). Antioquia ocupa el tercer lugar, con una participación del 17,24 % en las exportaciones del país, el principal destino de las flores es Estados Unidos con el 90,2 %; seguido de Canadá y Reino Unido (Fenalco, 2012). En Antioquia hay alrededor de 600 hectáreas sembradas de crisantemos, representando el 40 % del área total sembrada en ornamentales (Ángel, 2009).

El crisantemo *Dendranthema grandiflorum* (Ramat) Kitam es una planta que se clasifica taxonómicamente en clase:

Equisetopsida C. Agardh, subclase: Magnoliidae Novák ex Takht., superorden: Asterales Link, familia: Asteraceae Bercht. & J. Presl, género: *Dendranthema* (DC.) Des Moul, especie: *Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam (Tropicos, org. 2015).

Gutiérrez (1984) y Pérez (1990) describen el crisantemo como una planta de hábito de crecimiento erecto, tallos cilíndricos y sufrutíces. Hojas alternadamente opuestas, distribución de nervaduras pinnadas, borde hendido, limbo tomentoso y propiedades alergénicas. Tiene corola gamopétala y ovario ínfero; las flores están agrupadas en capítulo, rodeado de brácteas y los estambres tienen las anteras soldadas por los bordes. La cabezuela tiene dos tipos de flores: las más externas, incompletas—sólo tienen órganos sexuales femeninos—,

se denominan lígulas, y las más internas, que son flores completas—tienen pistilos y estambres—, se llaman flores disciales.

Los crisantemos pueden tener una flor terminal y se les denomina “estándar”. En otros casos se puede retirar el botón floral apical-terminal, en una labor denominada desbotone, y dejar múltiples botones florales axilares clasificada como “spray” (Arango, 1999). Además de esta labor, varios autores (Sánchez, 1998; Gaytán, 2006; Orozco y Cruz, 2008; Villanueva, 2008), reportan que son im-

portantes parámetros de crecimiento y desarrollo fisiológicos del cultivo de plantas ornamentales: la altura y peso del tallo, número de botones florales, el tamaño del capítulo de las inflorescencias, días a corte, días a desbotone y días de prueba de florero, entre otras.

Conocer la fisiología de la especie *D. grandiflorum* es la

base para mejorar y aumentar la calidad de la producción. La base de la floricultura en Colombia se ha desarrollado gracias a un conocimiento empírico, acompañado del empleo de técnicas recomendadas por expertos, que han suplido los requerimientos necesarios para la producción. Por lo anterior, Orozco (2011) opina que un aspecto de vital importancia en el desarrollo futuro de la industria de flores, será el poder contar con investigación suficiente que genere la tecnología adecuada a las necesidades y condiciones colombianas.

La aeroponía descrita como técnica moderna de producción agrícola, tiene numerosas ventajas, Durán, Martínez y Navas (2000) afirman que “La principal ventaja que aporta la aeroponía es la excelente aireación que el sistema proporciona a las raíces, uno de los

"El sector de las flores genera cerca de 15 empleos por hectárea, para un estimado de 120 000 empleos directos".

factores limitantes con los que cuenta la hidroponía. Basta tan solo considerar que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se mide en mg/L, o partes por millón (p. p. m.), siendo de 5-10 mg/L a 20 C, mientras que la cantidad de oxígeno disuelto en el aire se mide en porcentaje (21 %), lo que nos indica que la concentración de oxígeno en el aire es del orden de 20 000 veces más elevada que la concentración del mismo gas disuelto en el agua”.

En el XXIV Congreso Internacional de la Sociedad Internacional de Ciencias Hortícolas celebrado en Tokio, Japón en 1994, Benoit Ceustemans, señala las principales *ventajas* que ofrecen los sistemas de cultivos aeropónicos: Permiten obtener cultivos más homogéneos que favorecen el sistema radicular, cultivos limpios de problemas fitopatológicos relacionados con hongos del suelo (*damping off*), mayor eficacia del agua utilizada, mayor absorción de nutrientes, mayor cantidad, calidad y precocidad de cosecha. Admiten la posibilidad de mecanizar y robotizar la producción (Rosas Roa, 2012).

Estudios realizados en patata bajo el sistema aeropónico mencionan un aumento de productividad, ya que se pueden obtener unos 20 tubérculos por planta, en lugar de los tres o cuatro que se consiguen por los métodos convencionales. Esta forma de cultivo permite reducir “considerablemente” la cantidad de agua y fertilizantes necesarios para la producción. Además, este sistema permite aportar, de forma precisa, la cantidad de elementos que necesita la planta en cada fase de su desarrollo, con lo que se consigue una producción más sostenible desde el punto de vista medioambiental (Barzanallana, 2010).

"La principal ventaja que aporta la aeroponía es la excelente aireación que el sistema proporciona a las raíces".

Bugarín, Baca, Martínez, Tirado y Martínez (1998), observaron necrosis en el borde de las hojas en plantas de crisantemo en hidroponía, con recirculación de la solución nutritiva, debido a una elevada presión osmótica de la solución (> 0.054 MPa), lo que disminuyó la calidad de las flores cortadas. Resultados similares también fueron indicados por Morgan, Moustafa y Tan (1980) al cultivar crisantemo en solución nutritiva con diferente conductividad eléctrica (CE), observando que los daños foliares fueron más severos con una CE de $3.9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (equivalente a una presión osmótica de 0.1418 MPa). Asimismo, también observaron que de los cultivares evaluados, el cv. Hurricane resultó más sensible a los incrementos de la conductividad eléctrica, además de que el crecimiento vegetativo (periodo con días largos) y reproductivo (periodo con días cortos) resultaron mayores con 1 y $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (0.0363 y 0.0727 MPa), respectivamente.

Algunas desventajas que presenta este sistema son: alto costo de establecimiento, requiere constantemente de electricidad durante todo el periodo vegetativo y cualquier interrupción prolongada puede causar daños irreparables en la planta, un mal manejo de la solución nutritiva puede causar deficiencia o toxicidad en la planta, obstrucción de los nebulizadores y si se presenta algún problema fitosanitario debe ser controlado rápidamente por un mayor riesgo de diseminación.

Esta investigación describe los parámetros de crecimiento y desarrollo fisiológico del crisantemo *D. grandiflorum* variedad *Atlantis white* bajo el sistema aeropónico.

Metodología

Una vez construido y puesto en funcionamiento el sistema aeropónico (figura 1), se procedió a sembrar 2300 esquejes enraizados con pilón de la variedad a evaluar. El trasplante a las camas aeropónicas se realizó el día 07 de mayo de 2015.



Figura 1. Montaje aeropónico para *Dendranthema grandiflorum* var. *Atlantis white*.

Fuente: Chica-Toro.

El protocolo de iluminación se basó en el suministro de luz incandescente cada 20 minutos durante 5 minutos, desde las 22:00 horas hasta las 05:00 horas, desde el momento del trasplante hasta el día 14 inclusive (07 a 14 de mayo). La fertilización se basó en la preparación semanal de 1000 L de una solución nutritiva Hogland propuesta por Herrera (1999). La aspersión se suministró en dos ciclos: desde las 07:00 horas hasta las 18:00 horas cada 10 minutos una aspersión de 30 segundos. El segundo ciclo que va desde las 18:01 hasta las 06:59 horas, se aplicó una aspersión de 30 segundos cada 180

minutos. A la solución nutritiva se le midieron el pH y la conductividad eléctrica (C.E) al inicio, durante y al final de cada recambio. En términos generales la solución se renovó cada siete días.

Las mediciones se realizaron a tres plantas en competencia absoluta. Luego se promediaron los tres datos. Cada siete días, a partir del 7 de mayo y hasta el 18 de junio de 2015, se midieron las siguientes variables.

Altura. Medida en centímetros (cm) desde la base del tallo hasta la inserción del último entrenudo.

Longitud de la raíz. Medida en cm desde la base del tallo hasta la punta de la raíz más larga.

Masa fresca aérea. Luego de separar la parte aérea de la radical se procedió a realizar el pesaje en gramos (g).

Masa fresca radical. Luego de separar la parte radical de la aérea se procedió a realizar el pesaje en g.

Masa seca aérea. Luego de separar la parte aérea de la radical se procedió a realizar el pesaje en g. Las muestras se colocaron en horno a 80 °C durante 24 horas. El pesaje se realizó en g.

Masa seca radical. Luego de separar la parte radical de la aérea se procedió a realizar el pesaje en g. Las muestras se colocaron en horno a 80 °C durante 24 horas. El pesaje se realizó en g.

Inicio botones florales. Días a la aparición de los primeros botones florales.

Número de botones florales funcionales. Se contaron los botones florales funcionales.

Número de botones no funcionales. Se contaron los botones florales no funcionales.

Diámetro de botones florales. Se midió el diámetro de los botones florales en la mitad de los sépalos con un pie de rey digital en milímetros (mm).

Corte. Días contados a partir de que la inflorescencia está en etapa de botón color.

Entradas a corte. Número de veces necesarias para cortar todos los tallos comercialmente aptos.

Consumo de agua. Litros (lts) consumidos durante el ciclo.

Al final del ciclo de producción se tomaron las siguientes variables a 100 plantas-tallos:

Diámetro del tallo. Medido en la parte central.

Diámetro del peciolo. Las inflorescencias se dividieron en tres estratos: inferior, medio y alto. A los peciolos de cada uno se le tomaron medidas en el centro.

Longitud del peciolo. Las inflorescencias se dividieron en tres estratos: inferior, medio y alto. A los peciolos de cada uno se le tomaron medidas.

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero en las instalaciones de la Universidad Católica de Oriente, ubicada (6° 9'15.2" N, 75° 22'10.4" W) en el municipio de Nuestra Señora de Arma de Rionegro, ubicada a 2100 m. s. n. m., con temperatura media anual de 18 °C, humedad relativa del 87 % y una precipitación anual promedio que oscila entre 1800–2500 mm.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de las variables medidas y que para efectos de una mejor comprensión se dividieron en tres grupos. Un primer grupo que se denominarán *variables vegetativas* (altura, longitud raíz, masa fresca y seca aérea, masa fresca y seca radical y diámetro del tallo); en un segundo grupo las *variables reproductivas* (días a floración, número de botones funcionales y no funcionales, diámetro de botones florales funcionales, longitud y diámetro del peciolo); y en el tercero, *variables comerciales* (entradas a corte, número de tallos, número de ramos y peso de ramos). Un tratamiento espe-

cial recibirá el análisis del consumo de agua. Durante el ciclo vegetativo de la especie no se utilizaron biocidas, motivo por el cual no fue posible realizar las pruebas de viaje simulado y vida en florero, ya que la empresa comercial de flores adujo restricciones fitosanitarias para realizar dichas pruebas. El trasplante se realizó el 7 de mayo de 2015 y los tallos se iniciaron a cosechar el día 19 de junio de 2015, 43 días después del trasplante.

Variables vegetativas

En la figura 2 se presenta el comportamiento de la altura de la planta durante el ciclo ae-

ropónico. Se observa que la planta desarrolla cerca del 87,71 % de su altura (80 cm) durante los primeros 35 días después de trasplantada al sistema. A nivel comercial las plantas son cosechas entre los 70 y 80 cm, esto indica que el sistema logra expresar esta condición entre los 28 y 35 días. Al final del ciclo la planta alcanzó los 91,2 cm de altura total. Este aspecto amerita mayor investigación a fin de no producir biomasa que no se va a utilizar comercialmente. Según Azcón-Bieto y Talón (2008), el crecimiento se define como un incremento irreversible en tamaño y volumen; esto significa que el crecimiento de las plantas se produce, fundamentalmente, a través del alargamiento o expansión celular.

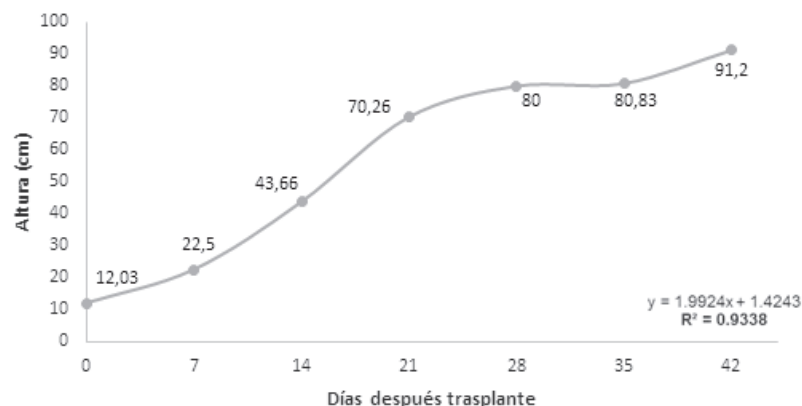


Figura 2. Comportamiento de la altura a través del tiempo para *Dendranthema grandiflorum -Atlantis white* en sistema aeropónico.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se presenta el comportamiento de la longitud de la raíz durante el ciclo aeropónico. La figura evidencia que la planta puede alcanzar hasta los 45,16 cm de longitud radical, y posiblemente siga creciendo. Comúnmente existe la tendencia en cultivos comerciales de crear una capa arable para el desarrollo de la raíz entre 35 a 40 cm. Según estos resultados, esta profundidad de la capa podría ampliarse,

máxime tratándose del órgano de la planta encargado de la absorción. La rigidez de la pared celular condiciona el crecimiento de las células vegetales y, por lo tanto, el de todos los órganos de la planta (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Adicionalmente, no se pudo concluir que la longitud alcanzada al día 42 sea la mayor expresión fisiológica de la especie, ya que no se observa una inflexión en la curva al final del ciclo evaluado.

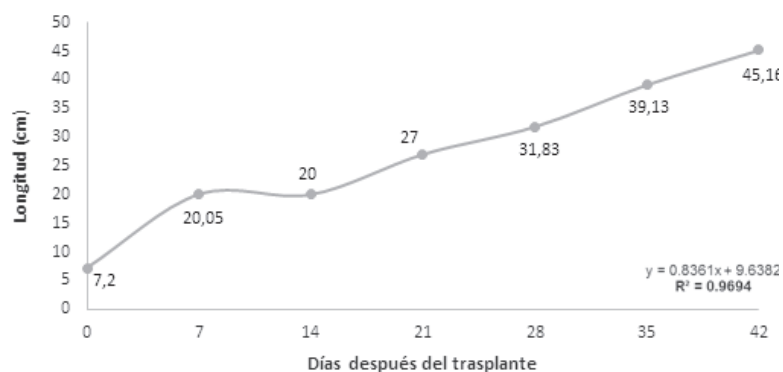


Figura 3. Comportamiento de la longitud radical a través del tiempo para *Dendranthema grandiflorum - Atlantis white* en sistema aeropónico.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se presenta el comportamiento de la biomasa aérea de la planta: masa fresca y masa seca durante el ciclo aeropónico. Se infiere que el 87 % de la biomasa aérea (82,72 g) se alcanza a los 35 días después del trasplante. Al final del ciclo no se observa una inflexión clara en la curva de tendencia (94,613 g), lo cual puede estar indicando que la planta potencialmente continuaría acumulando masa después del día 49 del trasplante.

Generalmente el peso comercial de un ramo para la especie evaluada oscila entre los 265 y 280 g; así que con los resultados obtenidos en esta investigación para un ramo con peso comercial se podría estar conformando con tres o cuatro tallos. Adicionalmente es posible inferir que del total del peso final (94,613 g) cerca del 85 % (79,969 g) corresponden a agua, esto ratifica los altos requerimientos hídricos de la especie y a futuro serviría para

calcular parte de los requerimientos hídricos de un cultivo. El estado hídrico de las plantas se puede estudiar a través del Contenido Hídrico (CH), expresando en peso seco: peso seco de la muestra menos peso seco de la muestra sobre peso seco multiplicado por 100; si se expresa el contenido hídrico en relación con el peso seco, persisten los problemas que entrañan la modificación del peso y, además, se minimizan los cambios del contenido

hídrico (Azcón-Bieto y Talón 2008). Al final de la discusión se debe, necesariamente, analizar si un tallo con mayor peso, obtenido bajo aeroponía, resulta comercialmente viable en términos de costos de transporte. Y tratar de conjugar peso de tallo con botones florales viables, interés último del consumidor. Se podría, por ejemplo, incrementar la densidad de siembra para disminuir el grosor de los tallos y consecuentemente su peso

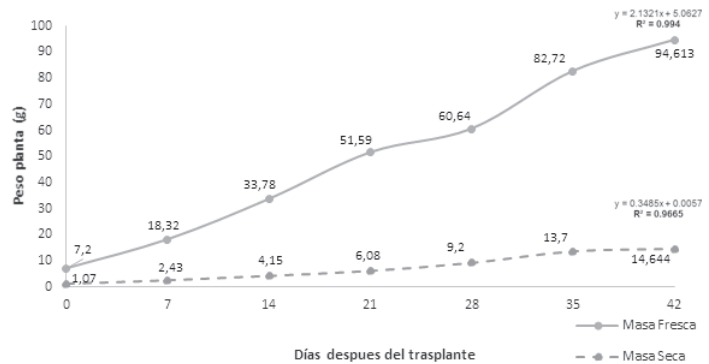


Figura 4. Comportamiento de la biomasa aérea a través del tiempo para *Dendranthema grandiflorum - Atlantis white* en sistema aeropónico.

Fuente: Elaboración propia.

La biomasa radical es una variable poco o casi nunca estudiada, debido a las dificultades de obtener material en sistema edáfico. El comportamiento registrado en este trabajo evidencia que durante los primeros 28 días después del trasplante el desarrollo radical es lento, desarrolla cerca del 37,75 % (13,71 g) de su peso total a los 42 días (36,31 g) co-

respondiente al 62,25 %. Este desarrollo fisiológico de la raíz es contrario al comportamiento de la parte aérea. En esta última la mayor biomasa se alcanzó justo en la etapa de menor emisión de masa radical. Ello puede indicar que la planta destina la mayor parte de sus nutrientes a generar biomasa aérea, en detrimento de la acumulación radical; es

posible que la adición lumínica incida sobre este comportamiento al estimular a la planta para incrementar su etapa vegetativa con énfasis en la parte aérea. El comportamiento de la humedad en la raíz es similar al presentado en la parte aérea. Encontrándose que al final del ciclo este órgano acumula cerca del 62,25 % de agua (31,35 g). Sumando las biomásas, aérea y radical, se encuentra que

el peso total de la planta giró alrededor de 130,923 g, de los cuales aproximadamente el 72 % corresponde a la parte aérea y el restante 28 % lo aporta la raíz. Este dato resulta de importancia en términos de cálculos de requerimientos nutricionales para los diferentes órganos de la planta. En la figura 5 se presenta el comportamiento de la biomasa radical durante el ciclo evaluado.

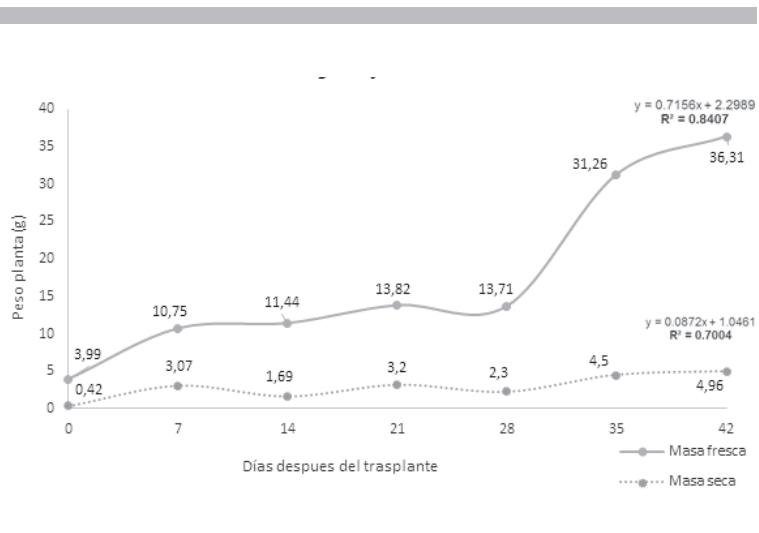


Figura 5. Comportamiento de la biomasa radical a través del tiempo para *Dendranthema grandiflorum - Atlantis white* en sistema aeropónico.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Comportamiento del diámetro del tallo a través del tiempo para *Dendranthema grandiflorum - Atlantis white* en sistema aeropónico.

Fuente: Gómez-García y Chica-Toro

El diámetro del tallo en mm se avaluó sobre 100 plantas al final del ciclo vegetativo (día 42 después del trasplante). Para ello la planta se dividió en tres tercios: inferior, medio y alto. La medición se realizó en el centro de cada tercio (figura 6).

Variables reproductivas

La floración se cuantificó a partir de la aparición de los primeros botones florales. Las mediciones de los botones florales y del peciolo se tomaron sobre 100 plantas al inicio de la cosecha. En la tabla 1 se reportan las variables reproductivas.

En la mayoría de cultivos a nivel comercial se habla en promedio de cuatro botones florales funcionales. En este trabajo el promedio estuvo entre seis y siete, lo cual indica que

la floración de la planta bajo aeroponía puede llegar a ser mayor que el edáfico. Posiblemente un mayor número de botones florales funcionales por tallo logre disminuir el número de tallos por ramo. Trabajos posteriores se deben encaminar hacia aprovechar la totalidad de los botones; así sería posible tener plantas con hasta nueve botones funcionales. El inicio de la floración no se aleja del inicio de la misma etapa en sistema edáfico, en ambos casos esta inicia alrededor del día 28-30, después del trasplante a sitio definitivo.

Tabla 1. Resultado de las variables reproductivas para *Dendranthema grandiflorum* - *Atlantis white* en sistema aeropónico.

Variable	Resultado
Floración (días después de trasplante)	28
Botones florales funcionales	6 y 7
Botones florales no funcionales	1 y 2
Diámetro botones florales funcionales en mm	15,22
Longitud peciolo en cm	16,59
Diámetro medio del peciolo en mm	3,6

Variables comerciales

Se trasplantaron al sistema aeropónico 2 300 esquejes en 21 m², al final del ciclo se cosecharon 1 487 tallos. La diferencia entre lo plantado y lo cosechado fueron 813 tallos, tomados como muestras semanales. Es importante aclarar que como se trata de muestras

destructivas, en las primeras semanas se cosechan un número elevado de esquejes para alcanzar la biomasa requerida por el laboratorio con el fin de realizar los análisis foliares. En la figura 7. Se relacionan el número de tallos con el número de ramos en las entradas a corte.

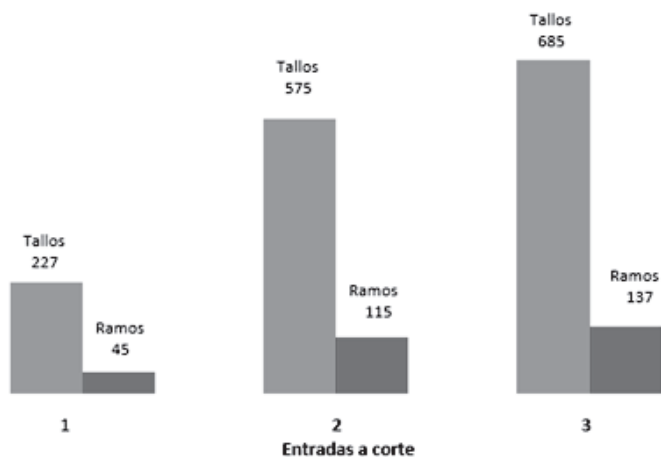


Figura 7. Producción en tallos y ramos para *Dendranthema grandiflorum* - Atlantis white en sistema aerónico.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron tres entradas a corte los días 19, 22 y 25 de junio del 2015. Se observa que el 46,13 % (685 tallo y 137 ramos) de los tallos-ramos se cosecharon en la tercera entrada, a los seis días después del primer corte. Este aspecto debe de corregirse, pues no resulta viable a nivel comercial dejar una cama con flor por esos días. Es posible que se hubiese podido cosechar antes, y esto no fue tenido en cuenta. Adicionalmente cuando se divide el número de tallos totales (1487) entre el número de ramos totales (297) se encuentra que un ramo estuvo compuesto por cinco tallos. Algunos cultivos comerciales exportan ramos hasta con 7 a 8 tallos. Para este caso no se presentó desperdicio. Si extrapolamos estos datos se podría alcanzar cerca de 450-460 ramos por cama de 36 m²

con una densidad de siembra de 95-96 tallos por m². Finalmente estaríamos hablando de un ramo con un peso promedio de 450 g. Esta característica tampoco es muy aconsejable al momento de comercializar el ramo, debido al costo del flete por peso y no por volumen. Es pertinente recordar que este aspecto se puede mejorar, como ya se mencionó, aumentando la densidad de siembra.

Consumo de agua

Este tema es de vital importancia y quizá el de mayor relevancia dentro del cultivo de plantas ornamentales. En la tabla 2 se presenta el consumo de agua y las características de pH y conductividad eléctrica a través del tiempo de evaluación.

Tabla 2. Características hídricas bajo sistema aeropónico para *Dendranthema grandiflorum* - *Atlantis white*.

Semana	Fecha (2015)	Agua consumida (L)	pH. inicial	pH. final	C.E. inicial (mS)	C.E. final (mS)
1	Mayo 07 a 14	608	5,8	5,5	1,89	2
2	Mayo 15 a 21	721	5,6	5,5	2,35	2
3	Mayo 22 a 28	673	5,8	5,6	2,32	2,1
4	Mayo 29 a 04 junio	870	5,7	5,4	2,2	1,97
5	Junio 05 a 11	913	5,6	5,5	2,4	2,0
6	Junio 12 a 18	970	5,7	5,6	2,4	2,1
Corte	Junio 19 a 23	890	5,6	5,5	2,1	2

En los cultivos comerciales de la zona se habla de aproximadamente 12 000 a 14 000 litros de agua por cama de 36 m² por ciclo vegetativo para *Atlantis white*. Desde el 7 de mayo hasta el 23 de junio, tiempo que duró prendido el sistema aeropónico se repusieron en el tanque aproximadamente 5645 litros de solución. Estos datos indican un ahorro en el consumo de agua del 59,72 %, equivalente a 8360 litros de agua por cama. Tratándose de 200 camas por hectárea, el ahorro estaría

alrededor de 1 672 000 litros (1672 m³) por hectárea por ciclo vegetativo de la especie evaluada. Esta cifra cobra real importancia en términos del cambio climático actual, en la cual las épocas de lluvia que recargan los acuíferos, fuente primordial de agua para los cultivos, son cada vez más impredecibles y variables en su intensidad.

Finalmente, en la tabla 3 se presenta un resumen de las características para *Dendranthema grandiflorum* - *Atlantis white*.

Tabla 3. Resumen de las variables para *Dendranthema grandiflorum* - *Atlantis white* bajo sistema aeropónico.

Variable-Característica	Valor	Unidades
Altura planta	91,2	cm
Longitud raíz	45,16	cm
Masa fresca aérea	94,613	g

Masa seca aérea	14,644	g
Humedad biomasa aérea	85	%
Masa fresca radical	36,31	g
Masa seca radical	4,96	g
Humedad biomasa radical	62,25	%
Diámetro basal del tallo	8,42	cm
Diámetro medio del tallo	7,94	cm
Diámetro del peciolo tercio medio	3,6	mm
Longitud del peciolo tercio medio	16,59	cm
Diámetro botones florales funcionales	15,22	mm
Inicio botones florales	28	Días
Botones florales funcionales	6-7	Unidades
Botones florales no funcionales	1-2	Unidades
Inicio corte	42	Días
Entradas a corte	3	Entradas
Tallos por ramo	5	Tallos
Peso ramo	450-490	g
Botones florales por ramo	30	Botones
Consumo agua	5645	Litros

Conclusiones

El sistema aeropónico logra una mayor expresión fisiológica del crisantemo *Dendranthema grandiflorum* - *Atlantis white*, destacándose los botones florales por tallo que estuvieron alrededor de seis y del tiempo de corte alcanzado entre los 42 y 48 días después del trasplante a cama definitiva.

Cultivar crisantemo *Dendranthema grandiflorum* - *Atlantis white*, bajo sistema aeropónico puede disminuir el consumo de agua hasta en un 60 % durante cada ciclo vegetativo.

Referencias Bibliográficas

- Arango Marín, M. (1999). *Manual del crisantemo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Ángel, L. (2009). *Diagnóstico de la producción y comercialización del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) en Colombia*. (Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agrogocios). Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2º ed. Departamento de Biología vegetal. Facultad de Biología. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Barzanallana, R. (2010). Patatas cultivadas sin tierra, en el aire (aeroponía). Recuperado de: <http://www.marisolcollazos.es/tocacomer/2010/12/21/patatas-cultivadas-sin-tierra-en-el-aire/>
- Bugarín, M. R., Baca, G., Martínez, J., Tirado, J. (1998). Amonio / nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16(2): 113-124.
- Calderón, F. (2015). Aeroponía más allá de la hidroponía tradicional. *Revista Proagro*. Recuperado de: <http://revistaproagro.com/aeroponia-mas-alla-de-la-hidroponia-tradicional/>
- Castaño Cardona, S. (2015). Fotografías del proyecto Parámetros de crecimiento y desarrollo fisiológico del crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), variedad *Atlantis white* bajo sistema aeropónico. Tomadas en la Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia.
- Comunidad Andina. (2013). *Dimensión económica comercial de la comunidad Andina*. Perú: Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Durán, J. M., Martínez, E., Navas, L. (2000). *Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I)*. Departamento de producción vegetal: Fitotecnia. Madrid: Universidad politécnica de Madrid
- Fenalco. (2012). Recuperado de: http://www.fenalcoantioquia.com/res/itemsTexto/recursos/no_20_floriculturafinal.pdf
- Fenalco. (2013). Recuperado de: http://www.fenalcoantioquia.com/res/itemsTexto/recursos/no_20_floriculturafinal.pdf
- Gaytán Acuña. (2006). Producción y calidad comercial de flor de crisantemo. *Terra Latinoamericana*, 24, (4), octubre-diciembre. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Gutiérrez, G. (1984). *Manual práctico de botánica taxonómica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
-

-
- ICA (2013). *Trips* [diapositivas]. Recuperado de: http://www.ceniflores.org/images/stories/Eventos/3_Trips_Presentacin_ICA.pdf
- Jaramillo, J. (2010). *Variabilidad espacial de la temperatura superficial del suelo y de algunas variables de producción en cultivos de crisantemo bajo invernadero*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Marca Colombia (2015). En floricultura, la respuesta es Colombia. Recuperado, de: <http://www.colombia.co/exportaciones/en-floricultura-la-respuesta-es-colombia-2.html>
- Morgan, J. V., Moustafa, E. T. y Tan, A. (1980). Factor affecting the growing-on stages of lettuce and chrysanthemum in nutrient solution culture. *Acta Horticulture*, 98: 253-261.
- Orozco de Amézquita, M. (2011). Importancia de los estudios fisiológicos en los cultivos de flores de exportación. *Agronomía Colombiana*, 9, (2).
- Orozco, J. F. y Cruz Cerón G. (2007). Evaluación de diez (10) variedades de crisantemo o Pompón (*Dendranthema grandiflora*) a tres (3) densidades de siembra bajo condiciones de invernadero en la vereda La selva, municipio de Manizales. *Agronomía*, 15(1), 121-134.
- Osorio, N. W. (2012). Niveles adecuados de fertilidad del suelo y análisis foliares para crisantemo. *Boletín del Manejo Integral del Suelo y la Nutrición Vegetal*, 1, (7).
- Pérez, E. (1990). *Plantas útiles de Colombia*. 14ª ed. Medellín: Ed. Víctor Hugo.
- Rosas Roa, A. (2012). *Agricultura Limpia*. Editorial Mafpac impresoras. Bogotá, Colombia.
- Sánchez Zambonino Stalin Aníbal. (1998). Evaluación de la producción de seis cultivares de crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* Kitamura) en macetero. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Zamorano. Tegucigalpa- Honduras.
- Tropicos.org. (2015). Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Recuperado de <http://www.tropicos.org/Name/2739178>.
- Villanueva Couoh, E. (2008). *Nutrición con N, P, K, Ácidos salicílicos y dime-tilsulfóxido en la producción de Crisantemo con sustratos regionales en Yucatán*. Yucatán (México): Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
-