

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL (*Chrysanthemum morifolium*) RAMAT,  
BAJO CONDICIONES DE AEROPONÍA EN EL TRÓPICO INTERANDINO ALTO,  
ANTIOQUIA, COLOMBIA. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA  
UNIFLOR.**

**HÉCTOR ADIEL SALAZAR GONZÁLEZ**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL (*Chrysanthemum morifolium*) RAMAT,  
BAJO CONDICIONES DE AEROPONÍA EN EL TRÓPICO INTERANDINO ALTO,  
ANTIOQUIA, COLOMBIA. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA  
UNIFLOR.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR:**

**HÉCTOR ADIEL SALAZAR GONZÁLEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO  
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR**

**Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López</b>
<b>VOCAL I</b>	<b>Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara</b>
<b>VOCAL II</b>	<b>Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>Br. Ind. Milton Juan José Caná Aguilar</b>
<b>VOCAL V</b>	<b>P. Agr. Cristian Alexander Méndez López</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón</b>

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016**

Guatemala, octubre de 2016

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación “COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL (*Chrysanthemum morifolium*) RAMAT, BAJO CONDICIONES DE AEROPONÍA EN EL TRÓPICO INTERANDINO ALTO, ANTIOQUIA, COLOMBIA. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA UNIFLOR.” como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

**Héctor Adiel Salazar González**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS:** Por ser mi padre y la fuente de toda mi sabiduría, por regalarme la vida, por poderlo conocer, por ser fiel siempre con todas las personas de este planeta, porque siempre ha sido bueno y fiel en mi vida, por ser mi refugio, mi guía, por haber dado a su hijo para que yo tuviera salvación, por ser el centro de mi vida y poner en sus manos toda corona que obtenga en esta tierra, le entrego hoy esta meta que hoy alcanzaré.

**A MIS PADRES:** Héctor Arturo Salazar y Lesbia Magaly González por ser el apoyo en mi vida y el ejemplo para mí, por todo su amor que me han brindado, por todos los esfuerzos que realizaron para que yo este de pie aquí frente a ustedes, por sus sabios consejos y enseñanzas, por su paciencia, porque siempre han estado presentes en mi vida, se los dedico para honrarlos con todo mi amor.

**A MIS HERMANOS (A):** Rocío y Josué porque ustedes han sido una de las mejores bendiciones que tengo en mi vida, gracias por amarme, por ser mis apoyos y por estar en todos los momentos en el crecimiento de mi vida.

**A MI FAMILIA:** A mis abuelos que por la gracias de Dios se encuentran con vida todos, a todos mis tíos, tías, primos y primas, ya que cada uno de ustedes me han dado palabra de aliento y han logrado bendecir mi vida.

**A MIS AMIGOS:** Eder Rodríguez, Sebastián y Alberto García, Carlos Alvarado, Mario De León, Mario Solórzano, Abner Monroy, Sofía; Rocío y Sindy Muñoz, Joseline Álvarez, Cindy; Kelly; Isabela; Lisette;

Manuela; Sonia Aguilar, Eva López, Pablo Rodríguez, Axel Yup, Haider Tichoc, Jorge Tumax, José Juárez, Debby Escobar, Adriana Montejo, Ramiro Sirin, Rodolfo Zamora, Benita Simón, Rocío Cubur, Sheila Méndez, Belvet Escobar, Bruno Molina, Bruno Mejía, Gerardo García y muchos más por los momentos que hemos compartido juntos, a mis amigos del trabajo y los hermanos de El Camino y también a una persona muy especial para mí vida Julissa Landaverry.

## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

Por ayudarme en todo momento y por la sabiduría que me brinda siempre, por su misericordia que me ha dado logrando este sueño en mi vida.

MI PATRIA GUATEMALA

Por ser el país donde nací y por ser una tierra bendita por Dios.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser la mejor Universidad, que me alimentó con conocimientos, para que el día de hoy me convierta en un profesional y por el privilegio que tengo de decir que soy sancarlista.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por formarme como ingeniero agrónomo, por ser una excelente facultad que forma profesionales para la vida y porque siempre estaré orgulloso de decir que he egresado de la FAUSAC.

EMPRESA UNIFLOR, S.A.S.

Por abrirme las puertas para desarrollarme en lo profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MI ASESOR**

Ing. Agr. Manuel Martínez por ser paciente y por el tiempo que ha dedicado para ayudarme.

### **A MI SUPERVISOR**

Ing. Agr. Hermógenes Castillo por su tiempo, por su ayuda y apoyo incondicional en todas las actividades realizadas.

### **A TODOS MIS CATEDRATICOS**

Por todas las enseñanzas que me impartieron durante los años que estude en la Facultad de Agronomía y realizan un gran labor formando profesionales cada día en nuestra alma mater.

### **AL ING. AGR. M.Sc. FABER DE JESUS CHICA**

Por su tiempo, por el conocimiento compartido, por los valores que me enseñó a tener como un profesional y por darme una mano cuando necesitaba ayuda.

### **AL ING. AGR. M.Sc. DUBIAN HOYOS**

Por su amistad, por el conocimiento compartido como profesional y como persona.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>DIAGNÓSTICO DE LA FINCA UNIFLOR PRODUCTORA DE CRISANTEMO (Chrysanthemum morifolium) RAMAT, CON FINES DE EXPORTACIÓN, ANTIOQUIA, COLOMBIA, S.A.</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 PRESENTACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2.1 Objetivo General</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.1 Aspectos generales de la finca Uniflor</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.2 Marco organizacional</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4 METODOLOGÍA</b> .....	<b>7</b>
<b>1.5 RESULTADOS</b> .....	<b>8</b>
-Bancos de enraizamiento .....	8
-Pre siembra y siembra.....	9
-Riego y fumigación.....	10
-Corte y desbotone.....	10
-Post cosecha .....	13
-Variedades cultivadas de Crisantemo cultivadas en Uniflor S.A.S. ....	14
-Fuji o Desbotonado “DISBUDS” .....	14
-Variedades Fuji.....	15
-Variedades Pompón .....	17
-Requisitos de calidad del crisantemo para su óptima exportación. ....	24
<b>1.6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>25</b>
<b>1.7 BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>27</b>
<b>Comportamiento agronómico del Chrysanthemum morifolium Ramat, bajo condiciones de aeroponía en el trópico interandino alto, Antioquia, Colombia</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1 PRESENTACIÓN</b> .....	<b>28</b>

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>2.2 Marco teórico.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.1 Marco conceptual.....</b>	<b>30</b>
Aspectos técnicos.....	30
-Clasificación botánica del crisantemo.....	30
-Descripción botánica .....	30
Aspectos Ambientales .....	31
-Temperatura y humedad.....	31
-Suelos .....	31
Aspectos Agronómicos.....	31
-Fenología.....	31
-Aeroponía.....	32
-Solución nutritiva .....	33
<b>2.2.2 Marco referencial .....</b>	<b>34</b>
-Distribución geográfica e importancia económica del cultivo del Crisantemo en Colombia.....	34
-Área sembrada de flores en Colombia .....	35
-Lugar del experimento.....	36
Sistema convencional.....	36
Sistema aeropónico.....	37
<b>2.3 Hipótesis.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4 Objetivos.....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.1 Objetivo General .....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>40</b>
<b>2.5 Metodología.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.1 Unidad experimental.....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.2 Manejo del experimento .....</b>	<b>41</b>
-Fitosanidad.....	42
-Riego.....	43
-Luz artificial .....	44
-Fertilización .....	45
-Desbotone .....	45

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
-Corte.....	46
<b>2.5.3 Variables de respuesta.....</b>	<b>46</b>
<b>2.5.4 Muestras para curvas de absorción .....</b>	<b>46</b>
<b>2.5.5 Análisis de la información .....</b>	<b>46</b>
<b>2.6 Resultados y Discusión .....</b>	<b>47</b>
<b>2.6.1 Muestreo simple aleatorio.....</b>	<b>47</b>
<b>2.6.2 Análisis de regresión binaria.....</b>	<b>48</b>
2.6.3 Altura de planta.....	48
2.6.4 Diámetro de tallo .....	52
2.6.5 Desarrollo del cultivo aeropónico.....	56
<b>2.6.5 Materia seca en etapas fenológicas en el sistema aeropónico.....</b>	<b>59</b>
<b>2.6.6 Curvas de nutrientes en las plantas .....</b>	<b>60</b>
<b>Nitrógeno “N” .....</b>	<b>60</b>
<b>Fosforo “P” .....</b>	<b>62</b>
<b>Potasio “K” .....</b>	<b>63</b>
<b>Calcio “Ca”.....</b>	<b>65</b>
<b>Magnesio “Mg” .....</b>	<b>67</b>
<b>Azufre “S” .....</b>	<b>68</b>
<b>Hierro “Fe” .....</b>	<b>70</b>
<b>Manganeso “Mn” .....</b>	<b>72</b>
<b>Cobre “Cu”.....</b>	<b>73</b>
<b>Zinc “Zn” .....</b>	<b>75</b>
<b>Boro “B” .....</b>	<b>76</b>
<b>2.6.7 Consumo de agua .....</b>	<b>78</b>
<b>2.6.8 Días a desbotone .....</b>	<b>78</b>
<b>2.6.9 Prueba de florero .....</b>	<b>78</b>
<b>2.6.10 Puntos hábiles por ramo.....</b>	<b>79</b>
<b>2.7 Conclusiones.....</b>	<b>80</b>
<b>2.8 Recomendaciones .....</b>	<b>81</b>
<b>2.9 Bibliografía.....</b>	<b>82</b>

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>2.10 Anexos</b> .....	<b>85</b>
2.10.1 Análisis de laboratorio de todos los muestreos de tejido vegetal .....	85
2.10.2 Regresiones binarias.....	86
2.10.3 Prueba de florero (Convencional y aeropónico) realizada por Uniflor.....	88
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>91</b>
<b>SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA UNIFLOR PRODUCTORA DE CRISANTEMO (<i>Chrysanthemum morifolium</i>) RAMAT, CON FINES DE EXPORTACIÓN, EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO, ANTIOQUIA, COLOMBIA, S.A.</b> .....	<b>91</b>
<b>3.1 PRESENTACIÓN</b> .....	<b>92</b>
<b>3.2 SERVICIOS PRESTADOS</b> .....	<b>93</b>
3.2.1 Prueba de dos fórmulas de fertirriego .....	93
3.2.2 Protocolo de muestro en el área de bancos de enraizamientos de Uniflor.....	99
3.2.3 Plano de camas aeropónicas para la finca Uniflor .....	102
3.2.4 Prueba de Aglomerados.....	104
3.2.4 Prueba con dióxido de cloro.....	116

## Índice de figuras

Figura	Página
Figura 1. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UNIFLOR 1.....	4
Figura 2. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UNIFLOR 2.....	5
Figura 3. Distribución organizativa de la empresa Uniflor. ....	6
Figura 4. Esquema de la metodología utilizada para el diagnóstico. ....	7
Figura 5. Fotografía del área de bancos de enraizamiento. ....	8
Figura 6. Preparación de la cama utilizando la pica soca y desinfección con Basamid. ....	9
Figura 7. Siembra de esquejes en cama.....	9
Figura 8. Riego por medio de flauta (izquierda) y por medio de cacho (derecha).....	10
Figura 9. Personal realizando la labor de desbotone. ....	11
Figura 10. Desbotone de Pompón (izquierda) y de Fuji (derecha). ....	11
Figura 11. Personal realizando las labores de corte de flor.....	12
Figura 12. Fotografías de la recepción de la flor de campo (izquierda) y almacenamiento en cuarto frio (derecha).....	13
Figura 13. Fotografía de un tallo estilo Fuji (izquierda) y pompón (derecha). ....	14
Figura 14. Diferencia entre una planta Fuji y una Pompón.....	15
Figura 15. Fotografías de las camas aeropónicas instaladas en la UCO (1: Camas aeropónicas, 2: Base de duroport). ....	32
Figura 16. Fotografías del sistema aeropónico instalado en la UCO (1: Tanque con solución para el riego, 2: Sistema de nebulización).....	33
Figura 17. Exportaciones de Colombia expresadas en Millones de dólares.....	35
Figura 18. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UNIFLOR.....	36
Figura 19. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UCO. ....	37
Figura 20. Cama aeropónicas de la UCO. ....	38
Figura 21. Fotografías del riego por medio de flauta (izquierda) y por medio de cacho (derecha). ....	43
Figura 22. Riego en forma de nebulización en el sistema aeropónico.....	44
Figura 23. Fotografías de la Luz artificial en el sistema aeropónico (izquierda) y sistema convencional (derecha).....	44
Figura 24. Altura fenológica de la planta en dos sistemas. ....	49
Figura 25. Diámetro del tallo en cada etapa fenológica en ambos sistemas. ....	53
Figura 26. Fotografías de la preparación (A y B), siembra del Crisantemo en un sistema aeropónico (C y D).....	57
Figura 27. Fotografías del desarrollo fenológico en un sistema aeropónico: ....	58
Figura 28. Curva de crecimiento basada en peso seco del crisantemo en un sistema aeropónico. ....	60
Figura 29. Absorción de nitrógeno en el follaje y raíz.....	61
Figura 30. Absorción de nitrógeno acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	61
Figura 31. Absorción de fosforo en el follaje y raíz.....	62
Figura 32. Absorción de fosforo acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	63
Figura 33. Absorción del potasio en el follaje y raíz .....	64

Figura	Página
Figura 34. Absorción de potasio acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo.....	65
Figura 35. Absorción de calcio en el follaje y raíz .....	66
Figura 36. Absorción de calcio acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	66
Figura 37. Absorción de magnesio en el follaje y raíz .....	67
Figura 38. Absorción de magnesio acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	68
Figura 39. Absorción de azufre en el follaje y raíz.....	69
Figura 40. Absorción de azufre acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	69
Figura 41. Absorción de hierro en el follaje y raíz .....	70
Figura 42. Absorción de hierro acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	71
Figura 43. Absorción de manganeso en el follaje y raíz .....	72
Figura 44. Absorción de manganeso acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	73
Figura 45. Absorción de cobre en el follaje y raíz.....	74
Figura 46. Absorción de cobre acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	74
Figura 47. Absorción de zinc en el follaje y raíz .....	75
Figura 48. Absorción de zinc acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo.....	76
Figura 49. Absorción de boro en el follaje y raíz .....	77
Figura 50. Absorción de boro acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo .....	77
Figura 51. Prueba de cámara húmeda del sistema aeropónico. ....	88
Figura 52. Prueba de florero realizada en Uniflor.....	89
Figura 53. Prueba de cámara húmeda del testigo.....	90
Figura 54. Aplicación en campo de la prueba de F1 con el Dosatron.....	94
Figura 55. Altura de planta en ambos tratamientos de fórmula 1. ....	98
Figura 56. Comparación semanal de altura de planta en ambas fórmulas.....	98
Figura 57. Gráfica de pH en Bancos de Uniflor 2, tomando en cuenta la semana después de la siembra.....	101
Figura 58. Vista frontal del diseño de una cama aeropónica.....	102
Figura 59. Vista lateral del diseño de una cama aeropónica.....	103
Figura 60. Longitud del tallo.....	104
Figura 61. Numero de botones por tallo.....	106
Figura 62. Diámetro de tallo.....	108
Figura 63. Peso fresco de raíz por tallo.....	110
Figura 64. Fotografías del tratamiento y del testigo antes de cortes (A y B) y durante el corte (C y D). ....	112
Figura 65. Fotografía en campo de aglomerados (izquierda) y testigo (derecha).....	113
Figura 66. Diferencias visuales de dicha prueba.....	113
Figura 67. Residuos del aglomerado en la cama luego del corte.....	114
Figura 68. Longitud de tallo de cada tratamiento.....	117
Figura 69. Botones por tallo de cada tratamiento.....	119
Figura 70. Diámetro de tallo de cada tratamiento.....	120
Figura 71. Incidencia de patógenos en el tejido vascular.....	121

Figura	Página
Figura 72. Fotografías de nematodos en el microscopio.....	124
Figura 73. Desarrollo de los nematodos en el suelo de cada tratamiento. ....	125
Figura 74. Tendencia sobre el comportamiento de los nematodos en el suelo. ....	130
Figura 75. Comparación de ambos sistemas basados en una función de respuesta. ....	130

## Índice de cuadros

### Cuadro

Cuadro 1. Crisantemo Fuji cultivado en Uniflor. ....	16
Cuadro 2. Variedades de pompón clasificadas por sub grupos.....	18
Cuadro 3. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Cushions. ....	20
Cuadro 4. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Daisies. ....	21
Cuadro 5. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Botones. ....	22
Cuadro 6. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Novedades. ....	23
Cuadro 7. Requisitos de calidad del crisantemo (pompón y fuji) para su adecuada exportación. ....	24
Cuadro 8. Reactivos y dosis para preparar solución Hoagland. ....	34
Cuadro 9. Área sembrada en flores, según reporte del ICA 2009. ....	35
Cuadro 10. Programa de fumigación en el sistema convencional y aeropónico. ....	42
Cuadro 11: Frecuencias de riego e intensidad en un sistema aeropónico en la UCO. ....	43
Cuadro 12. Solución nutritiva de ambos sistemas en la investigación.....	45
Cuadro 13. Parámetros de calidad para las los tallos a cortar. ....	46
Cuadro 14. Altura de planta en centímetros durante el ciclo en ambos sistemas.....	48
Cuadro 15. Ajuste del modelo de regresión en su forma binaria ....	50
Cuadro 16. Función binaria para cada sistema.....	50
Cuadro 17. Resultado del modelo ajustado en regresión binaria ....	50
Cuadro 18. Modelo de cada sistema.....	51
Cuadro 19. Prueba de alfas ....	51
Cuadro 20. Prueba de coeficientes.....	52
Cuadro 21. Diámetro de tallo en milímetros durante el ciclo del cultivo.....	52
Cuadro 22. Ajuste del modelo de regresión en su forma binaria ....	54
Cuadro 23. Función binaria para cada sistema.....	54
Cuadro 24. Resultado del modelo ajustado a una regresión binaria ....	54
Cuadro 25. Modelo de cada sistema.....	55
Cuadro 26. Prueba de alfas ....	55
Cuadro 27. Prueba de coeficientes.....	56
Cuadro 28. Materia seca del Crisantemo en un sistema aeropónico.....	59
Cuadro 29. Cantidades de nitrógeno extraído en el sistema aeropónico.....	60
Cuadro 30. Cantidades de fosforo extraído en el sistema aeropónico ....	62
Cuadro 31. Cantidades de potasio extraído en el sistema aeropónico.....	64
Cuadro 32. Cantidades de calcio extraído en el sistema aeropónico ....	65
Cuadro 33. Cantidades de magnesio extraído en el sistema aeropónico.....	67

Cuadro	Página
Cuadro 34. Cantidades de azufre extraído en el sistema aeropónico .....	68
Cuadro 35. Cantidades de hierro extraído en el sistema aeropónico .....	70
Cuadro 36. Cantidades de manganeso extraído en el sistema aeropónico.....	72
Cuadro 37. Cantidades de cobre extraído en el sistema aeropónico .....	73
Cuadro 38. Cantidades de zinc extraído en el sistema aeropónico .....	75
Cuadro 39. Cantidades de boro extraído en el sistema aeropónico .....	76
Cuadro 40. Consumo de agua en diferentes sistemas.....	78
Cuadro 41. Días a desbotone en diferentes sistemas.....	78
Cuadro 42. Días en prueba de florero.....	78
Cuadro 43. Puntos hábiles por ramo de cada sistema .....	79
Cuadro 44A. Resultado nutricional del tejido vegetal de las tres repeticiones de la parte aérea durante todo el ciclo del cultivo aeropónico .....	85
Cuadro 45A. Resultado nutricional del tejido vegetal de la parte radical durante todo el ciclo del cultivo aeropónico.....	86
Cuadro 46. Fecha de siembras de las diferentes variedades.....	93
Cuadro 47. Distribución del ensayo en el bloque. ....	94
Cuadro 48. Concentraciones de fertilizantes de ambos tratamientos ppm. ....	94
Cuadro 49. Orden de mezcla de la formula con el agua. ....	95
Cuadro 50. Ejemplo de la tabulación de datos de pH y conductividad eléctrica. ....	100
Cuadro 52. Clasificación de los coeficientes de variación. ....	120
Cuadro 53. Incidencia del patógenos en tallos de crisantemo.....	122
Cuadro 54. Desarrollo, semanal del número de nematodos totales por cada 100 de suelo.....	125
Cuadro 55. Fotografías de los tratamientos en campo.....	131

## TRABAJO DE GRADUACIÓN

### **COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL (*Chrysanthemum morifolium*) RAMAT, BAJO CONDICIONES DE AEROPONÍA EN EL TRÓPICO INTERANDINO ALTO, ANTIOQUIA, COLOMBIA. DIAGNOSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA UNIFLOR.**

#### **RESUMEN**

Conjuntamente con la empresa Uniflor y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se llevó a cabo el Ejercicio Profesional Supervisado –EPSA- el cual se desarrolló en el periodo de febrero a noviembre del año dos mil quince en la finca Uniflor, ubicada en el municipio de Rionegro departamento de Antioquia, Colombia.

La finca Uniflor, se dedica a la producción de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) Ramat, con fines de exportación enfocado al mercado norteamericano, contando con un total de 17 hectáreas. Con la finalidad de apoyar este ejercicio se desarrollaron tres actividades para la mejora de la finca la cual se concluye en tres capítulos: I. Diagnóstico, II. Investigación y II. Servicios prestados.

El Capítulo I. Diagnóstico de la finca Uniflor, recopila y sintetiza la información de reconocimiento de la finca, buscando con ello determinar las condiciones y características que describan la finca y la plantación.

En el Capítulo II. La investigación sobre comportamiento agronómico del *Chrysanthemum morifolium* Ramat, bajo condiciones de aeroponía en el trópico interandino alto, se desarrolla para poder optimizar los recursos agua y fertilizante de los cuales dispone la empresa, ya que el consumo de agua en la finca por cama es alto y al utilizar un sistema aeropónico se puede ahorrar el consumo de agua hasta un 78%, al igual que el fertilizante comparado con un sistema convencional.

El Capítulo III. Describe y presentan los resultados de los servicios que apoyaron para el fortalecimiento de la finca mejorando sus sistemas de producción donde se apoyaron con diversas pruebas para verificar la efectividad de diferentes productos que le beneficiaría a la finca para reducir costos, realizando un diseño aeropónico para la finca tomando como base el diseño de la Universidad Católica de Oriente y adaptándolo a las condiciones de la finca.



## 1.1 PRESENTACIÓN

La empresa Uniflor ubicada en Rionegro, Antioquia Colombia, se dedica a la producción y comercialización de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) como flor de corte, con fines de exportación para el mercado americano, teniendo un área de producción de 17 hectáreas de las cuales utiliza seis hectáreas para la producción de esquejes en plantas madres y la diferencia en producción de flor de corte.

La finalidad del presente diagnóstico fue determinar las características de la finca y del cultivo, el crisantemo como flor de corte tiene un ciclo aproximado de siete a ocho semanas en campo para poder ser cortada la flor y exportada al cliente definitivo. Así mismo coordinando con la empresa se desarrolló hacer referencia a las características que debe cumplir el cultivo para ser exportado y también a poder realizar un esquema para poder identificar los diferentes tipos de crisantemo que se cultivan en Uniflor.

La información, datos y fotografías se recopilaron con el apoyo del área de recursos humanos y realizando entrevistas con los gerentes y encargados de cada área de trabajo dentro de la finca, luego se organizó la información de acuerdo a todo el proceso productivo desde el área de enraizamiento hasta el área de post cosecha.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Establecer la situación actual de la empresa Uniflor S.A.S. Rionegro, Antioquia, Republica de Colombia, en función a la normas de calidad para la exportación de flores de Crisantemo.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Definir las áreas de trabajo que conforma Uniflor S.A.S. en base a sus recursos humanos y físicos con que cuenta la empresa.
2. Identificar las variedades cultivadas de Crisantemo cultivadas en Uniflor.
3. Definir los requisitos de calidad del crisantemo para su óptima exportación.

### 1.3 MARCO REFERENCIAL

#### 1.3.1 Aspectos generales de la finca Uniflor

##### Descripción de la finca

Según los registros de la finca, consta de dos sedes o instalaciones con un enfoque distinto en cada sede. Las cuales se identifican como Uniflor 1 y Uniflor 2 (ver figuras 1 y 2).

La finalidad de Uniflor 1 es la producción de esquejes por medio de plantas madres, donde dichos esquejes abastecerán a Uniflor 2 para toda la producción del año. La superficie de ambas sedes es distinta, Uniflor 1 consta con seis hectáreas y Uniflor 2 con once hectáreas con un total de 17 hectáreas por las dos sedes.



Fuente: Google earth (2015).

Figura 1. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UNIFLOR 1.  
Escala: Sin escala.

En Uniflor 1, el área se divide en diferentes sectores que son las baterías de los invernaderos. Las cuales se nombran como un bloque y la nomenclatura es la siguiente: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Y cada una tiene diferentes dimensiones de largo y ancho (Bedoya 2015).



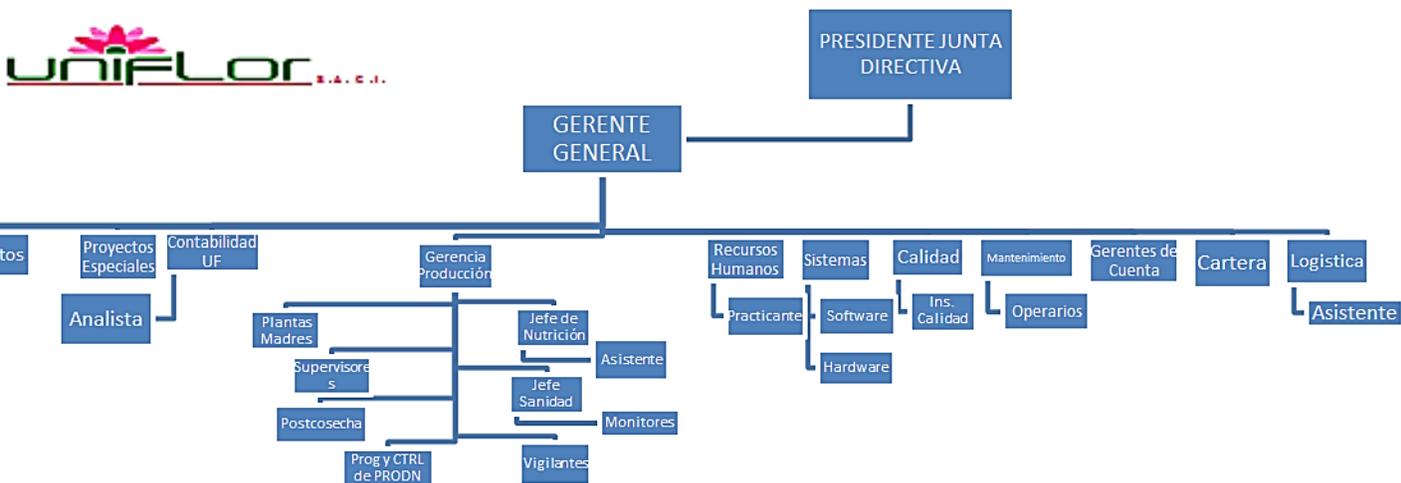
Fuente: Google earth (2015).

Figura 2. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UNIFLOR 2.  
Escala: Sin escala.

En Uniflor 2, el área se divide en diferentes sectores que son las baterías de los invernaderos. Las cuales se nombran como un bloque y la nomenclatura es la siguiente: 1, 2, 3, 4, 4b, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13. Y cada una tiene diferentes dimensiones de largo y ancho (Bedoya 2015).

### 1.3.2 Marco organizacional

La distribución organizativa de la empresa Uniflor se refleja con un orden de jerarquía en todas las áreas (ver figura 3).



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 3. Distribución organizativa de la empresa Uniflor.

#### 1.4 METODOLOGÍA

La metodología realizada para la realización del diagnóstico consistió en dos fases la primer fase fue la de entrevista con los encargados de cada área y los gerentes de la finca donde se obtuvo la información que luego fue tabulada y ordenada para realizar el diagnostico.

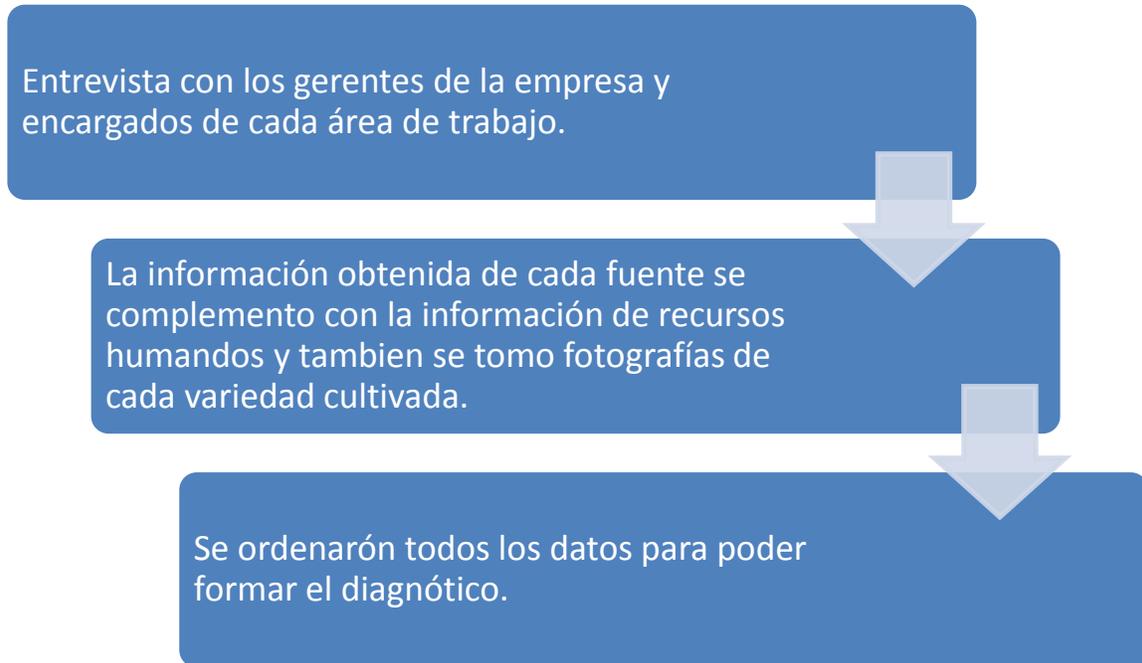


Figura 4. Esquema de la metodología utilizada para el diagnóstico.

## 1.5 RESULTADOS

En Uniflor cada área de trabajo representa un segmento en el que está dividida la empresa y cada segmento consta de un supervisor que es el encargado de dirigir el proceso productivo (Bedoya 2015).

### -Bancos de enraizamiento

Esta área es la encargada de enraizar los esquejes que luego serán trasladados al campo en forma de plántula para ser sembrados en el área definitiva. En dicha área se realizan cuidados especiales para los esquejes iniciando con el área de trabajo que es un invernadero protegido del resto de las áreas de campo (ver figura 5).



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 5. Fotografía del área de bancos de enraizamiento.

## -Pre siembra y siembra

En esta área se encargan de realizar la desinfección del suelo con Basamid® y preparación del suelo (ver figura 6).

También se encarga de sembrar las plántulas provenientes de bancos de enraizamiento, realizándolo de una manera ordenada y sistemáticamente por toda la finca (ver figura 7).

El desarrollo de la preparación de la cama empieza con picar los restos de la cosecha con la pica soca e incorporarlos a la cama para luego ser desinfectados con Basamid®, después se nivela la cama para que finalmente se siembre el esqueje en la cama.



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 6. Preparación de la cama utilizando la pica soca y desinfección con Basamid.



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 7. Siembra de esquejes en cama.

## -Riego y fumigación

Aquí se encargan de regar las plantas desde el momento de su siembra hasta el momento que se corta la flor. Y también realizan las aplicaciones de agroquímicos en todo el cultivo.

En las primeras dos semanas se riega con flauta donde el agua se incorpora a la cama en forma como de regadera. Y luego de esa etapa ya cuando la planta está más grande y demanda más agua, se riega con otro instrumento llamado cacho que es con un caudal homogéneo para todos los regadores controlados desde sistemas computarizados ya que en esa etapa fenológica de la planta soporta más fácilmente el golpe del riego por medio del cacho (ver figura 8).



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 8. Riego por medio de flauta (izquierda) y por medio de cacho (derecha).

## -Corte y desbotone

Esta área se encarga de realizar el desbotone de las plantas de acuerdo a su mercado (Fuji, Pompón). El desbotone de fuji figura 10, consiste en eliminar todos los botones laterales y dejando únicamente el central para un mayor desarrollo de dicho botón. En el

caso del pompón figura 10, se elimina el botón central para dar desarrollo al crecimiento lateral con más botones florales causando la disminución del tamaño de los mismos.



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 9. Personal realizando la labor de desbotone.

En la figura 9, se observa al personal de desbotone realizando sus labores cotidianas y en la figura 10 se observa la diferencia de los dos tipos de desbotone.



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 10. Desbotone de Pompón (izquierda) y de Fuji (derecha).

A las dos o tres semanas después del desbotonado dependiendo de la variedad, se realiza el corte de las flores para luego ser trasladadas al área de post cosecha. En el corte las personas encargadas de realizar esta labor tienen que estar capacitadas para poder escoger los tallos óptimos que puedan cumplir los requisitos de calidad para ser exportados (ver figura 11).



Figura 11. Personal realizando las labores de corte de flor. Fuente: Uniflor (2015).

### -Post cosecha

Esta área es la encargada de realizar las labores terminales del proceso productivo. Donde reciben la flor de campo y la revisan para ver si cumple los estándares de calidad y si los cumple se empaca e introduce al cuarto frío para luego realizar su transporte para su destino final (ver figura 12).



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 12. Fotografías de la recepción de la flor de campo (izquierda) y almacenamiento en cuarto frío (derecha).

-Variedades cultivadas de Crisantemo cultivadas en Uniflor S.A.S.

El cultivo del crisantemo se divide en dos grandes grupos fuji y pompónes.

-Fuji o Desbotonado “DISBUDS”

La característica de este grupo es en la forma del desbotonado, aquí se eliminan todo los botones laterales y se deja únicamente el principal el cual se desarrollara muy grande y una flor únicamente en cada un tallo (ver figura 13).



Figura 13. Fotografía de un tallo estilo Fuji (izquierda) y pompón (derecha).

-Pompón “POMS”

La característica de este grupo es en la forma del desbotonado, aquí se eliminan todo los centrales y se deja únicamente los laterales. Lo cual favorece al desarrollo de muchos botones con tamaños más diminutos que los fuji (ver figura 13).

-Diferencias visuales entre ambos grupos

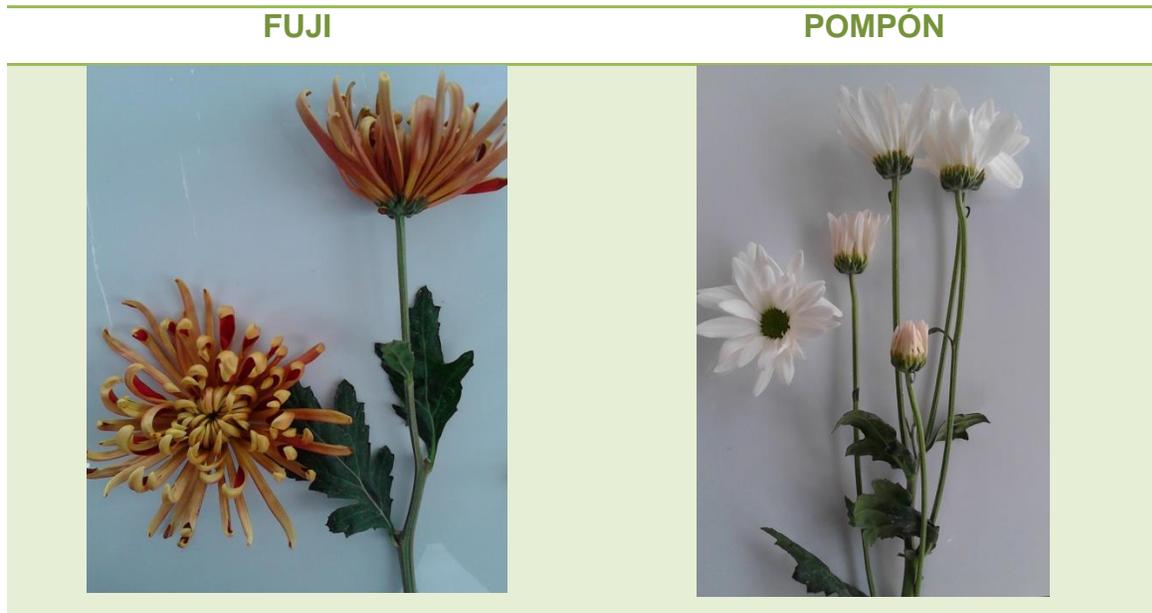


Figura 14. Diferencia entre una planta Fuji y una Pompón.

Como se puede observar las diferencias visuales son dos, una radica en que el fuji solamente consta de una flor por tallo mientras en el pompón se pueden encontrar en un rango de 5 a 6 por tallo (ver figura 14).

La segunda diferencia radica en el tamaño (diámetro) del botón, en el fuji es más grande que en el pompón.

-Variedades Fuji

Las variedades cultivadas en Uniflor son las siguientes:

Cuadro 1. Crisantemo Fuji cultivado en Uniflor.

Flor	Nombre	Característica
	WHITE YAZZO	Se caracteriza por ser una flor de color blanca con las terminaciones de los pétalos levemente globuladas.
	YELLOW EXTRA	Se caracteriza por poseer una coloración amarilla y con las terminaciones de los pétalos levemente globuladas.
	PINK HYDRA	Se caracteriza por poseer una coloración rosada clara con pétalos largos y terminaciones globuladas.
	PURPLE NEXUS	Se caracteriza por poseer una coloración purpura y pétalos un poco globulados en las puntas.



Fuente: Uniflor (2015).

#### -Variedades Pompón

Dentro de los pompones las variedades se subdividen en tres grupos Daisies, Cushions, Botones y Novedades. La característica de cada una radica en diferentes características (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Variedades de pompón clasificadas por sub grupos.

Fotografía	Flor	Sub grupo	Característica
		DAISIES	En este sub grupo se caracteriza la planta por poseer flores con un centro muy definido.
		NOVEDA D	Estos se caracterizan por poseer una apertura más abierta. Y poseen centros semi definidos.
		CUSHIONS	La característica de este sub grupo es que no tiene centro definido y donde aparente tener centro está recubierto por pétalo.



BOTON Se caracteriza por que son botones muy diminutos y no tienen centro definido.

Fuente: Uniflor (2015).

En el cuadro 3, se observan las variedades cultivadas en Uniflor.

Cuadro 3. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Cushions.

Flor	Grupo	Nombre	Característica
	CUSHIONS	Artic Queen	Se caracteriza por pétalos de color blanco y con las puntas a la terminación de los mismos.
	CUSHIONS	Claire	Se caracteriza por tener pétalos un poco anchos de color blancos y lobulados.
	CUSHIONS	Wish	Posee pétalos de color rosa y se agrupan entre sí.
	CUSHIONS	Energy	Posee pétalos de color amarillos y con las terminaciones de los pétalos puntiagudas.
	CUSHIONS	True	Tiene pétalos de color rojizo oscuro, cortos y céntricos.
	CUSHIONS	Maisy	Pétalos de color blanco, cortos anchos y uniformes.

Cuadro 4. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Daisies.

Flor	Grupo	Nombre	Característica
	DAISIES	Atlantis	Flor de color blanca y con centro definido de color amarillo.
	DAISIES	Yellow Factor	Flor de color amarilla y con centro definido.
	DAISIES	Atlantis	Pétalos de color rosados y con centro definido.
	DAISIES	Lolita	Pétalos de color purpura y con centro definido.
	DAISIES	Handsome	Pétalo de color purpura con ligera coloración blanca en los bordes del mismo.

Fuente: Uniflor (2015).

Cuadro 5. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Botones.

Flor	Grupo	Nombre	Característica
	BOTONES	Zip	Pétalos de color blanca muy pequeñas las flores.
	BOTONES	Paintball sunny	Pétalos amarilla oscura y apertura de flor semi completa
	BOTONES	Zinta	Pétalos amarillo claro y apertura completa de flor.
	BOTONES	Delirock	Pétalos de color purpura y sin centro definido.
	BOTONES	Forrest Gump	Pétalos de color verde y sin centro definido.

Fuente: Uniflor (2015).

Cuadro 6. Variedades de crisantemo cultivadas en Uniflor del sub grupo Novedades.

Flor	Grupo	Nombre	Característica
	NOVEDADES	Monalisa	Pétalos de color blanco, corto, ancho y distribuido uniformemente.
	NOVEDADES	Monalisa	Pétalos de color rosado, cortos, semi anchos.
	NOVEDADES	Vybowl	Pétalos de color amarillo, pequeños cortos.
	NOVEDADES	Athos	Pétalos de color verde, delgados y alargados sin centro definido y recubierto por más pétalos.

Fuente: Uniflor (2015).

-Requisitos de calidad del crisantemo para su óptima exportación.

En los requisitos de calidad existen diferentes parámetros para su adecuada exportación (Bedoya 2015), en el cuadro 8 se observan los más indispensables para la finca.

Cuadro 7. Requisitos de calidad del crisantemo (pompón y fuji) para su adecuada exportación.

<b>Parámetro</b>	<b>Pompón</b>	<b>Fuji</b>
<b>Largo</b>	65 cm	70 cm
<b>Diámetro de flor</b>	No indispensable	10 cm
<b>Longitud de flor</b>	No indispensable	5 cm
<b>No. Tallos/ ramo</b>	6 a 7 tallos	10 tallos
<b>Puntos florales / tallo</b>	5 a 6 puntos / tallo	No indispensable
<b>Peso en g / ramo</b>	250 – 280 g / ramo	No indispensable

Fuente: Uniflor (2015).

## 1.6 CONCLUSIONES

- Las áreas de trabajo en que se conforma Uniflor S.A.S. son las siguientes:

- Plantas madres
- Bancos de enraizamiento
- Pre siembra y siembra
- Riego y fumigación
- Corte y desbotone
- Post cosecha

- Las variedades que se cultivan de Fuji son de un total de siete YAZOO, EXTRA, HYDRA, NEXUS, DARK GREEN ANASTASIA, BRONZE ANASTASIA, MUM CHITA.

Las variedades de Pompón son un total de veinte (ARTIC QUEEN, CLAIRE, WISH, ENERGY, TRUE, MAISY, ATLANTIS WHITE, FACTOR, ATLANTIS PINK, LOLITA, HANDSOME, ZIP, PAINTBALL SUNNY, DELIROCK, FOREST GUMP, MONALISA WHITE, MONALISA PINK, VYBOWL, ATHOS).

La diversidad de colores es variada tales como: amarillo, verde, rosado, blanco, purpura y bronce.

- Los requisitos para cada grupo tanto como Fuji y Pompón son diferentes para cada grupo, basándose los siguientes parámetros: la altura del tallo, diámetro de flor, longitud de flor, tallos por ramo, puntos florales y peso en gramos del ramo. Otro requisito es que tienen que ir libre de plagas y enfermedades, ya que si presenta alguna plaga como el Trips (*Frankliniella occidentalis*) y enfermedad como Roya blanca (*Puccinia horiana*), se rechaza todo el lote ya que no está permitido exportar dichas flores con esas problemáticas. Debido a que son plagas y enfermedades cuarentenarias.

## 1.7 BIBLIOGRAFIA

- 1 ASOCOLFLORES (Asociación Colombiana de Exportadora de Flores, CO). 2009. Técnicas de los diferentes cultivos de flores (en línea). Consultado el 6 de abril del 2015. Disponible en <http://www.asocolflores.org/comunicaciones/centro-de-documentacion/21>
- 2 \_\_\_\_\_. 2014. Boletín de exportaciones de enero a noviembre (en línea). Colombia. Consultado 7 abr 2015. Disponible en [http://www.asocolflores.org/aym\\_document/BOLETINES/Boletin\\_exportaciones-2014\\_Enero-noviembre\\_2014.pdf](http://www.asocolflores.org/aym_document/BOLETINES/Boletin_exportaciones-2014_Enero-noviembre_2014.pdf)
- 3 Barrera Ocampo A. (2007). Producción de Crisantemo (*Dendranthema spp*) en Morelos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. Morelos, México. 20 p.
- 4 Bedoya M. 2015. Cultivo de crisantemo (entrevista). Rionegro Antioquia, Colombia. Uniflor S.A.S.
- 5 Hoyos D. 2015. Cultivo de crisantemo (entrevista). Rionegro Antioquia, Colombia Uniflor S.A.S.
- 6 Orozco J. 2007. Evaluación de diez variedades de Crisantemo o Pompón (*Dendranthema grandiflora*) a tres densidades de siembra bajo condiciones de invernadero en la vereda La Selva, municipio de Manizales. Universidad de Caldas Manizales, Colombia. 14 p.
- 7 Pardo, LÁ; Vélez, L; Arévalo, G. 2009. Diagnóstico de la producción y comercialización del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) en Colombia. Tesis Ing. Admon. Agronegocios Zamorano Honduras. 41 p.



## CAPÍTULO II

**Comportamiento agronómico del *Chrysanthemum morifolium* Ramat, bajo condiciones de aeroponía en el trópico interandino alto, Antioquia, Colombia.**

**Agronomic behavior of *Chrysanthemum morifolium* Ramat, under conditions of aeroponics in the high Inter-Andean tropics, Antioquia, Colombia.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

Colombia es el país de América Latina que ofrece mayor variedad de flores ya que cuenta con un núcleo empresarial muy consolidado de cultivadores, proveedores y facilidades logísticas, además de un lugar geográficamente estratégico (ASOCOLFLORES 2008).

El área de Antioquia es muy reconocida por el gran número de empresas dedicadas a la floricultura. Dentro de la floricultura el cultivo de crisantemo tiene su importancia económica, debido a que brinda una gran cantidad de empleo por el alto uso de la mano de obra en el proceso de producción, pudiendo ser utilizada en diferentes labores agrícolas tales como: siembra, riego, aplicación de plaguicidas, fertilización, corte, monitoreo de plagas y enfermedades, post cosecha y oficinas.

El sistema tradicional del cultivo de flores ornamentales con fines de exportación, requiere adaptarse a las nuevas implicaciones de comercio, tales como: producción con alta eficiencia y cuidando los recursos naturales. Se requiere entonces ir avanzando en técnicas que maximicen los recursos utilizados en la producción de crisantemo. Los cultivos aeropónicos ofrecen la mayoría de estas alternativas como un sistema eficiente en el uso de agroquímicos y recurso agua como también obteniendo mayores o iguales rendimientos que en las producciones en suelos.

En Uniflor la demanda del recurso agua es alta, aproximadamente de 2,200 litros/semanales por cada cama de 40.5m<sup>2</sup> y en un sistema aeropónico se puede reducir este consumo en un 78% utilizando solamente 500 litros/semanales por cama comparado con el sistema convencional. Y como consecuencia del alto uso del recurso agua en el sistema convencional puede causar pérdidas económicas con el uso de fertilizantes.

Con base en lo anterior, para la optimización del recurso agua en Uniflor se decidió realizar un ensayo en aeroponía en la Universidad Católica de Oriente (UCO). Se pudo determinar las diferencias fisiológicas del Crisantemo en el sistema aeropónico y convencional.

Durante mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de febrero a noviembre del 2015, se comprobó que al utilizar el sistema aeropónico existió un ahorro de agua y de fertilizantes comparándolo con el sistema convencional. De igual manera con la UCO se determinaron las curvas de absorción para el crisantemo variedad Atlantis White que será de gran utilidad para los nuevos programas de fertirriego en Uniflor S.A.S.

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Marco conceptual

#### Aspectos técnicos

##### -Clasificación botánica del crisantemo

Según Ramatuelle (1972), Joseph (1972), la clasificación botánica del Crisantemo es el siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Chrysanthemum*

Nombre Científico: *Chrysanthemum morifolium*

##### -Descripción botánica

Las flores del género *Chrysanthemum* son de las más antiguas cultivadas. Se considera como su centro de origen a China, donde todavía es utilizado en ceremonias y la flor es el símbolo de una vida larga. Contrariamente a lo que se piensa, la esfera en la bandera del Japón no representa al sol naciente sino el corazón de un Crisantemo despojado de sus pétalos y simboliza el poder (Barrera 2007).

Las hojas pueden ser lobuladas o dentadas, ligulosas o rugosas, de colores variables tales como verde claro y oscuro. Lo que se conoce como flor es realmente una inflorescencia en capitulo. Existen diversos tipos de capitulo cultivados comercialmente y generalmente está formada la inflorescencia por dos tipos de flores: femeninas (radiales; se ubican en la hilera exterior) y hermafroditas (concéntricas; se ubican en el centro). El receptáculo es plano o convexo y está rodeado de una envoltura de brácteas (Ecured 2012).

Actualmente la mejora para la obtención de híbridos comerciales se basa tanto en la forma y el color como en su adaptación para la producción de flores durante todo el año, incidiendo siempre en su calidad (Ecured 2012).

## **Aspectos Ambientales**

### **-Temperatura y humedad**

La mayoría de variedades de crisantemo necesitan un rango óptimo de temperatura (16.5 a 18.15°C), para obtener unas producciones satisfactoriamente (Gloeckner 1889).

Las temperaturas muy altas hacen palidecer el color de las flores y pueden retrasar la floración en la mayoría de las variedades. Por el contrario, temperaturas frías pueden adelantar la floración, pero en exceso pueden provocar la aparición de tintes rosados en las flores blancas (Barrera 2007).

Muchas fluctuaciones de temperatura ocasionan una falta de uniformidad en la floración. La humedad relativa deberá situarse entre 60 y 70% a fin de evitar la proliferación de enfermedades. Si es muy baja los tallos pueden quedar cortos, con riesgo de quemaduras y falta de uniformidad en la floración (Gloeckner 1889).

### **-Suelos**

Prefiere suelos francos con buena aireación y drenaje. No soporta suelos pesados ni encharcamiento. El pH deberá situarse entre 5,5 y 6,5 y la conductividad eléctrica no deberá exceder los 2,0 dS/m, lo cual se logra mediante encalado para subir el pH y lavado para excluir sales en caso de que la conductividad eléctrica sea alta (Barrera 2007).

## **Aspectos Agronómicos**

### **-Fenología**

Es el análisis de los organismos vivos en un tiempo de mayor importancia de su vida, donde se vinculan con diferentes aspectos como el clima, suelo y las variaciones bióticas que pueden coexistir con dichos organismo estudiado.

## -Aeroponía

La aeroponía es la técnica de cultivar plantas en el aire, solamente se simula la oscuridad que proporciona el suelo a las raíces para que pueda existir un desarrollo sin ningún inconveniente. Es un sistema nuevo que está empezando a desarrollarse por el mundo. En España cultivan papas en aeroponía, en Colombia se están iniciando fases de ensayos en cultivos como el Crisantemo y otras flores de gran importancia para la región Antioqueña (Chica 2015).

Para simular la oscuridad del suelo (Chica 2015), recomienda, la fabricación de camas o cajones oscuros que se cubren con polietileno de color negro para evitar la entrada de la luz en la parte donde se desarrolla la raíz. Y la parte del follaje es manejada como que fuera un sistema convencional (ver figura 15).



Fuente: Universidad Católica de Oriente (2015).

Figura 15. Fotografías de las camas aeropónicas instaladas en la UCO (1: Camas aeropónicas, 2: Base de duroport).

Cada uno de los módulos de madera está provisto de un desagüe (ver figura 16) el cual permite el retorno de la solución nutritiva al tanque de almacenamiento, para que pueda ser utilizada nuevamente, es por esta razón que la aeroponía, es un sistema de recirculación.



Fuente: Universidad Católica de Oriente (2015).

Figura 16. Fotografías del sistema aeropónico instalado en la UCO (1: Tanque con solución para el riego, 2: Sistema de nebulización).

El sistema que controla el tiempo de riego, desde el depósito central a las tres camas simultaneas, se denomina programador de riego, este dispositivo pone a trabajar la válvula que permite el paso del agua, en conjunto, con la solución nutritiva para que sea suministrada las 24 horas del día por los nebulizadores, directamente hacia las raíces de las plantas.

### **-Solución nutritiva**

La solución nutritiva se compone de la mezcla de agua y fertilizantes químicos, que se suministran a la planta como fuente de alimentos y que deben cubrir las necesidades de la misma.

Para ello se preparó la solución nutritiva necesaria para su óptimo desarrollo que se compone por iones (aniones y cationes), en una disolución (Chica 2015).

La solución utilizada en esta investigación es la solución Hoagland, donde la presentación de los fertilizantes utilizados debe ser hidrosoluble, como se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Reactivos y dosis para preparar solución Hoagland.

Reactivo	Dosis	Orden de Mezcla
13-3-43	0.46 g/l	1
Sulfato de Magnesio	0.56 g/l	2
Nitrato de Calcio	0.840 g/l	3
Quelato de Hierro	0.025 g/l	6
Hidróxido de Potasio	0.073 g/l	7
Elementos Menores	2.6 ml/l	4

Fuente: Chica (2016).

## 2.2.2 Marco referencial

### **-Distribución geográfica e importancia económica del cultivo del Crisantemo en Colombia**

En Colombia la producción de crisantemos se concentra principalmente en Antioquia, ya que este departamento cuenta con una ventaja comparativa para la producción de crisantemos con respecto a otros como Cundinamarca y Valle, gracias a que tiene condiciones ideales de producción (2,000 metros sobre el nivel del mar y una temperatura media de 22°C), en zonas cercanas al aeropuerto, como los municipios de Rionegro, La Ceja y La Unión, reduciendo los costos de transporte con relación a otros departamentos de Colombia (ASOCOLFLORES 2008).

La producción de crisantemos en Colombia es un rubro importante que genera más de 2 mil empleos directos y es la fuente de sustento para muchas familias campesinas. En algunas veredas y pueblos del departamento de Antioquia como el Tablazo y Bosconia los cultivos de crisantemos constituyen la mayor fuente de empleo y más del 90% de los ingresos de estas familias está relacionado con la industria de esta flor (Pardo 2009).

La importancia económica del cultivo de flores en la República de Colombia, radica en que tiene un gran impacto socio económico en la exportación de flores frescas. La cual podemos visualizar en la figura 17, expresada en millones de dólares.

Exportaciones de Colombia enero - noviembre de 2014		
Mes	Valor (USD\$)	Toneladas
Enero	\$ 107.889.478	18.416
Febrero	\$ 126.021.322	19.662
Marzo	\$ 123.651.262	16.564
Abril	\$ 117.253.742	17.956
Mayo	\$ 169.772.844	25.658
Junio	\$ 135.911.138	20.476
Julio	\$ 131.697.163	21.345
Agosto	\$ 83.921.895	14.954
Septiembre	\$ 92.980.305	16.649
Octubre	\$ 100.618.818	17.395
Noviembre	\$ 98.616.567	18.179
<b>Total</b>	<b>\$ 1.288.334.535</b>	<b>207.252</b>



Fuente: ASOCOLFLORES (2014).

Figura 17. Exportaciones de Colombia expresadas en Millones de dólares.

En la figura 17, se puede observar que la mayor exportación de flores ocurre en el mes de mayo debido a la demanda alta que existe en ese mes y por eso es considerado como el pico de madres.

### -Área sembrada de flores en Colombia

El área sembrada de flores por departamentos de mayor relevancia en el territorio colombiano en el periodo del 2009 según datos del ICA (ver cuadro 9).

Cuadro 9. Área sembrada en flores, según reporte del ICA 2009.

ICA (2009)	%	Área de flores reportadas (ha).
<b>NACIONAL</b>	<b>100</b>	<b>7849</b>
Cundinamarca	70.5	5532
Antioquia	18.5	1450.9
Valle	5.3	417.1
Risaralda	2.4	192
Caldas	1.4	112.3
Boyacá	1	78.6
Otros	0.8	66.1

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística "DANE"

Se puede observar en la tabla anterior que los primeros dos departamentos que tienen mayor porcentaje de cobertura del cultivo, son los de Cundinamarca y Antioquia.

## -Lugar del experimento

La investigación se realizó en dos instalaciones diferentes, la primera fue en la Universidad Católica de Oriente y la segunda en la empresa Uniflor S.A.S. donde los sistemas de las mismas son: Convencional y aeropónico.

### Sistema convencional

La empresa Uniflor S.A.S. está ubicada en: Kilometro 5 Vía Rionegro Aeropuerto, Antioquia, Republica de Colombia. Con un área total de 16 Ha. Ubicada con una Latitud de  $6^{\circ}09'05.43''$  N y longitud de  $75^{\circ}24'54.69''$  O y se ubica a una elevación de 2105 msnm (ver figura 18).

La cual se realizó en la cama 75 del bloque 8 en la variedad Atlantis White de los invernaderos de la empresa.



Fuente: Google earth (2015).

Figura 18. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UNIFLOR.

Escala: Sin escala.

En Uniflor, el terreno se divide en diferentes sectores que son las baterías de los invernaderos. Las cuales se denominan de la siguiente por el nombre de bloque y la nomenclatura es la siguiente: 1, 2, 3, 4 ,4b, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13. Y cada una tiene diferentes dimensiones de largo y ancho (Bedoya 2015).

Dentro de cada bloque existe un número diferente de camas las cuales tiene unas dimensiones estándares de 36 m de largo y 1.35m de ancho. Para evaluar el sistema convencional se seleccionó una cama con la misma variedad sembrada en el sistema aeropónico.

### Sistema aeropónico

Se realizó en el invernadero aeropónico de la Universidad Católica de Oriente UCO en Rionegro Antioquia, Republica de Colombia. La distancia de la UCO a Uniflor es de 5.41 kilómetros.

La Universidad Católica de Oriente está ubicada en el centro del Municipio de Rionegro, en el sector 3, y está ubicada a una Latitud de  $6^{\circ}09'00.57''$  N y longitud de  $75^{\circ}21'59.09''$  O y se ubica a una elevación de 2110 msnm (ver figura 19).



Fuente: Google earth (2015).

Figura 19. Mapa de referencia Colombia, Antioquia, Rionegro. UCO.

Escala: Sin escala.

Se dispuso de tres camas aeropónicas de 12 metros de largo por 1.35 de ancho cada una. Que equivalieron a una cama del sistema convencional (ver figura 20).



Fuente: Universidad Católica de Oriente (2015).  
Figura 20. Cama aeropónicas de la UCO.

### 2.3 Hipótesis

1. El comportamiento fisiológico de *Chrysanthemum morifolium* Ramat variedad Atlantis White, presenta diferencias entre un sistema aeropónico y un sistema edáfico.
2. El consumo de agua en el sistema aeropónico será menor que en un sistema edáfico.

## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo General

Evaluar la respuesta del *Chrysanthemum morifolium* Ramat variedad Atlantis White, bajo condiciones de aeroponía en Rionegro Antioquia, Colombia.

### 2.4.2 Objetivos Específicos

1. Establecer momentos de máxima y mínima absorción de nutrientes en *Chrysanthemum morifolium* Ramat variedad Atlantis White, a través de curvas de absorción en el sistema aeropónico.
2. Comparar parámetros fenológicos y fisiológicos entre un sistema aeropónico y un sistema edáfico.
3. Contrastar el consumo de agua entre los dos sistemas evaluados: aeropónicos y edáfico.

## **2.5 Metodología**

Las evaluaciones realizadas en las plantas del sistema aeropónico tuvieron como intervalo una semana, para ver el avance en su crecimiento. Se pudo comparar los parámetros fenológicos del sistema convencional y aeropónico siendo los siguientes: altura de tallo, días a floración, diámetro de tallo, días a desbotone, número de botones florales y finalmente la prueba en florero.

Las muestras se obtienen utilizando la técnica de muestreo simple aleatorio, para así estar más cercanos a los parámetros de la población del experimento total.

### **2.5.1 Unidad experimental**

Sistema aeropónico

Se representó por 3 camas aproximadamente de 12 metros de largo por 1.3 m de ancho, con una densidad de siembra de 110 plantas por metro cuadrado.

Sistema convencional

Se representó por una cama de 36 metros de largo por 1.3 metros de ancho y una profundidad de 0.3 metros, con una densidad de siembra de 110 plantas por metro cuadrado.

### **2.5.2 Manejo del experimento**

El manejo del experimento se realizó con aspectos específicos del riego, sanidad vegetal, desbotone, luz artificial, tiempo del riego en el caso del sistema aeropónico y más aspectos que se detallan en este documento.

### -Fitosanidad

En el aspecto de sanidad vegetal, se realizó el mismo programa de fumigación en ambas unidades experimentales, que se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Programa de fumigación en el sistema convencional y aeropónico.

Semana	1era aplicación			2da aplicación		
	Producto		Dosis/L	Producto		Dosis/L
1	Rally	g	0.20	Daconil	cc	1.00
	Vertimec	cc	0.50	Vertimec	cc	0.50
	Pyrinex	cc	0.70	Decis	cc	0.80
	Hipotensor	cc	1.00	Hipotensor	cc	1.00
2	Impact	cc	0.60	Daconil	cc	1.00
	Vertimec	cc	0.50	Vertimec	cc	0.50
	Sunfire	cc	0.60	Pyrinex	cc	0.70
	Hipotensor	cc	1.00	Hipotensor	cc	1.00
3	Amistar	cc	0.80	Daconil	cc	1.00
	Vertimec	cc	0.50	Vertimec	cc	0.50
	Volkar	g	1.00	Decis	cc	0.80
	Hipotensor	cc	1.00	Hipotensor	cc	1.00
4	Rally	g	0.20	Daconil	cc	1.00
	Vertimec	cc	0.50	Vertimec	cc	0.50
	Confidor	cc	0.40	Volkar	g	1.00
	Hipotensor	cc	1.00	Hipotensor	cc	1.00
5	Impact	cc	0.60	Daconil	cc	1.00
	Vertimec	cc	0.50	Vertimec	cc	0.50
	Movento	cc	0.75	Rescate	g	0.30
	Hipotensor	cc	1.00	Hipotensor	cc	1.00
6	Opera	cc	0.50	Daconil	cc	1.00
	Vertimec	cc	0.50	Vertimec	cc	0.50
	Cazador	g	0.12	Confidor	cc	0.40
	Hipotensor	cc	1.00	Hipotensor	cc	1.00
7	Mildium	cc	0.80	Daconil	cc	1.00
	Vertimec	cc	0.50	Vertimec	cc	0.50
	Tracer	cc	0.30	Cazador	g	0.12
	Hipotensor	cc	1.00	Hipotensor	cc	1.00

Fuente: Uniflor (2015).

## -Riego

### Sistema Convencional

En el sistema convencional se realizó un riego diario, en las primeras dos semanas se realizó con un instrumento llamado flauta y luego hasta finalizar el ciclo con otro instrumento llamado cacho incorporando un total de agua aproximadamente 275 litros por cama como se observa en la figura 21.



Fuente: Uniflor (2015).

Figura 21. Fotografías del riego por medio de flauta (izquierda) y por medio de cacho (derecha).

### Sistema Aeropónico

En el riego se realizara un riego por medio de nebulizadores ubicados en el interior de la cama con unas frecuencias y tiempo de riego, como se presenta en el cuadro 11 y figura 22.

Cuadro 11: Frecuencias de riego e intensidad en un sistema aeropónico en la UCO.

Hora de encendido	Hora de apagado	Frecuencia	Intensidad
8:00 am	5:00 pm	10 minutos	30 segundos
5:00 pm	8:00 am	3 horas	20 segundos

Fuente: Universidad Católica de Oriente 2015.



Fuente: Universidad Católica de Oriente (2015).

Figura 22. Riego en forma de nebulización en el sistema aeropónico.

### **-Luz artificial**

En la luz artificial ambos sistemas recibieron las mismas noches de luz, la investigación llevo 14 noches de luz artificial, de 8 pm a 5 am. Cumpliendo con el parámetro de 65.5 Foot-candle (Pies candela) y su frecuencia fue de 20 minutos de oscuridad con una intensidad de 5 minutos de luz (Chica 2015), como se observa en la figura 23.



Fuente: Universidad Católica de Oriente y Uniflor (2015).

Figura 23. Fotografías de la Luz artificial en el sistema aeropónico (izquierda) y sistema convencional (derecha).

## -Fertilización

### Sistema Aeropónico

Se aplicó fertilizante preparando una solución Hoagland, que estuvo en un tanque donde en cada riego también lleve su fertilizante, y el sobrante del riego de cada cama fue recolectada de nuevo en el sistema y la solución del tanque se renovó semanalmente.

### Sistema convencional

Se aplicó el fertilizante en cada riego que se le incorporo a la cama, donde contiene ciertas cantidades de nutrientes que se separan en dos fases la vegetativa (F1) y reproductiva (F2). En los elementos que no se aplicaron en forma de fertirriego fue debido a altas concentraciones de dicho elemento en el suelo tales como (S y Zn) y en el caso del (Ca, B y Mn) se incorporó en forma foliar (ver cuadro 12).

Cuadro 12. Solución nutritiva de ambos sistemas en la investigación.

<b>Sistema</b>	<b>Aeropónico</b>	<b>Convencional F1</b>	<b>Convencional F2</b>
<b>Elemento</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>
N	203.21	225	210
P	67.27	60	60
K	248.16	150	250
Ca	205.16		
Mg	91.47	60	50
S	72.8		
Fe	2.25	3.5	3.5
Mn	1.4		
Cu	0.15	0.3	0.3
Zn	0.8		
B	0.53		
Mo	0.07	0.1	0.1

Fuente: Universidad Católica de Oriente y Uniflor (2015).

## -Desbotone

Se realizó en la quinta semana después de la siembra del esqueje y consistió en eliminar el botón principal de cada tallo para que la planta tenga un crecimiento más secundario formando una forma de spray el cual es llamado Crisantemo Pompón (Bedoya 2015).

## **-Corte**

Se realizó a inicios de la octava semana donde se encontró en el punto correcto de la apertura floral cumpliendo los siguientes parámetros de calidad, como se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13. Parámetros de calidad para las los tallos a cortar.

<b>Parámetro</b>	<b>Pompón</b>
Largo	65 cm
Diámetro de flor	No indispensable
Longitud de flor	No indispensable
No. Tallos/ ramo	6 a 7 tallos
Puntos florales / tallo	5 a 6 puntos / tallo
Peso en g / ramo	250 – 280 g / ramo

Fuente: Uniflor (2015).

### **2.5.3 Variables de respuesta**

Las variables de respuesta que se midieron y estimaron de cada muestreo que se realizó fueron las siguientes: diámetro de tallo, altura de planta, días a desbotone, puntos hábiles, consumo de agua de los dos sistemas y finalmente la prueba en florero.

### **2.5.4 Muestras para curvas de absorción**

Se realizó un análisis nutricional del tejido vegetal del sistema aeropónico para poder realizar curvas de absorción aeropónicas. Se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y el laboratorio Agrilab ubicado en Bogotá. Donde semanalmente se recolectaron muestras para enviar al laboratorio repitiéndolas tres veces según los estándares de los laboratorios que debían cumplirse para él envió de las muestras como el peso de cada muestra de la parte aérea aproximadamente de 300 gramos cada muestra y la parte radical de 100 gramos cada muestra.

### **2.5.5 Análisis de la información**

El análisis de la información de los resultados obtenidos en ambos sistemas, se realizó con una descripción de estadística descriptiva en Excel® y en programas estadístico como

InfoStat®. Luego se realizó un análisis de regresiones binarias según (Mamerto 2014), para así poder determinar si los modelos de regresión de cada sistema son iguales en variables de altura y diámetro de tallo que se lograron medir en toda la fenología del cultivo.

Con los análisis nutricionales del tejido vegetal y los pesos secos de cada etapa fenológica del sistema aeropónica se procedió a realizar las curvas de absorción aeropónica para determinar los puntos máximos de absorción en todo el ciclo del cultivo.

## 2.6 Resultados y Discusión

### 2.6.1 Muestreo simple aleatorio

Tomando en cuenta la homogeneidad de las camas en ambos sistemas se procedió a realizar el muestreo simple aleatorio, en donde se desglosa de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * S^2 * Z_{\alpha/2}^2}{N * d^2 + (S^2 * Z_{\alpha/2}^2)}$$

$n$  = *Tamaño de la muestra*

$N$  = *Tamaño de la población*

$S^2$  = *Varianza obtenida de la muestra piloto*

$d^2$  = *Precisión del estimador de interés (en este caso la media)*

$\alpha$  = *nivel de significancia*

$Z_{\alpha/2} = 1 - \alpha$

Se tomó una muestra piloto de 35 plantas utilizando una precisión de 4.5% y un nivel de confianza del 95% en donde la fórmula fue la siguiente:

$$n = \frac{3500 * 1.43^2 * 1.96_{\alpha/2}^2}{3500 * 0.49^2 + (1.43^2 * 1.96_{\alpha/2}^2)}$$

$$n = 31.688 \text{ plantas}$$

Ya que el número de muestras es menor a la muestra piloto se utilizó la muestra piloto como la muestra definitiva donde se pueden inferir datos con los criterios anteriores.

### 2.6.2 Análisis de regresión binaria

Se realizó el análisis de regresiones binarias en dos variables de respuesta: altura de planta y diámetro de tallo. En el sistema aeropónico y convencional para poder comparar ambas variables.

### 2.6.3 Altura de planta

Los datos de altura en ambos sistemas que se obtuvieron durante el ciclo del cultivo, se pueden observar en el cuadro 14 y figura 24.

Cuadro 14. Altura de planta en centímetros durante el ciclo en ambos sistemas.

Sistema	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Aeropónico	11.071	13.457	26.186	42.214	61.629	81.457	99.000	98.057
Edáfico	11.071	12.686	22.543	44.600	64.314	86.086	95.829	101.686

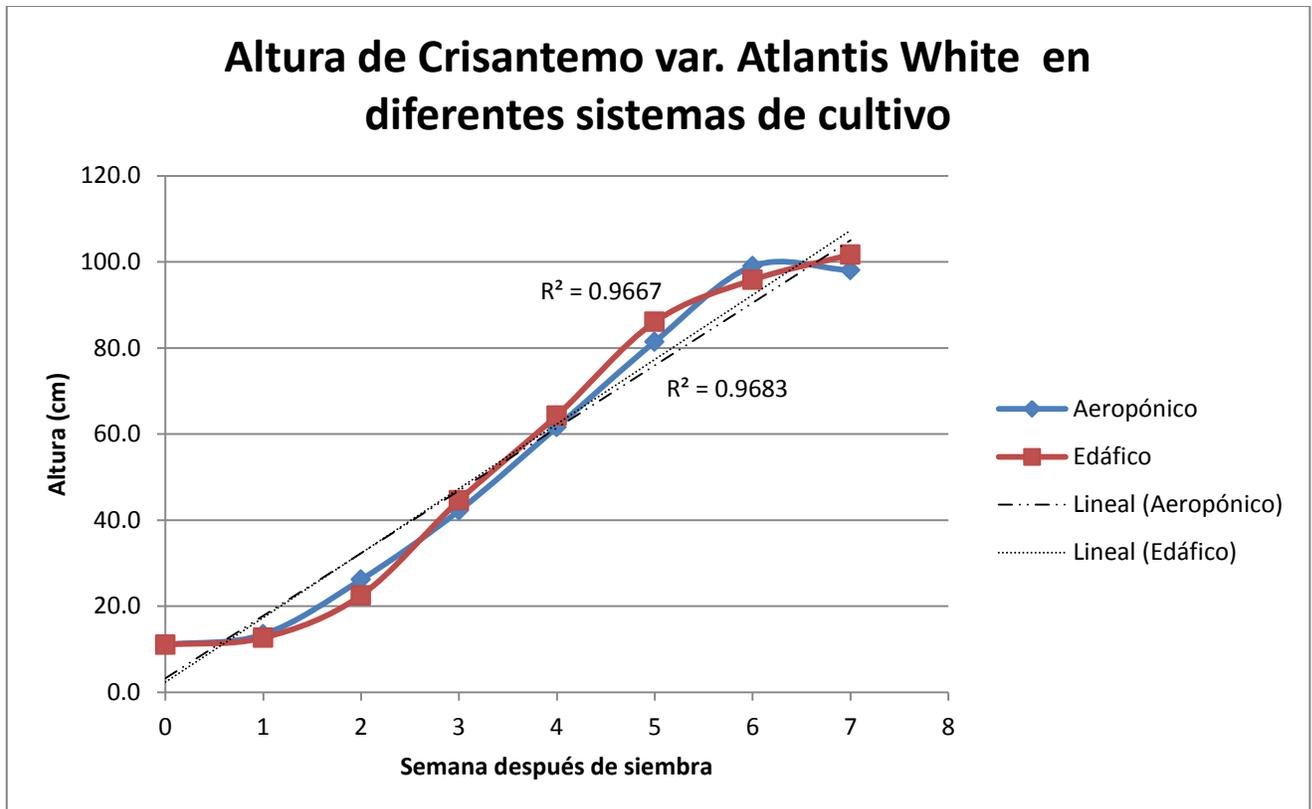


Figura 24. Altura fenológica de la planta en dos sistemas.

Se observa en la gráfica anterior que en ambos sistemas se ajustó el modelo de altura de planta en forma lineal teniendo sus valores de ( $R^2$  en 0.966 y 0.9683), en el sistema edáfico y aeropónico respectivamente.

Se procedió a realizar un análisis de regresión en forma binaria y poder determinar diferencias significativas en los coeficientes y alfas de ambas regresiones y concluir si tienen el mismo o diferente comportamiento.

Para realizar una regresión binaria se tiene que ajustar el modelo a los datos en donde se obtenga una mejor proporción de ajuste, en la gráfica anterior se observó que ambos modelos se ajustan a una regresión lineal ya que tuvieron valores de ( $R^2$ ), altos mayores de (0.70).

La variable binaria se denoto de la siguiente manera (Sis=sistema), ya que un sistema fue aeropónico y otro convencional, obtuvo dos valores donde se clasificaron el valor de "0"

será para el sistema convencional o edáfico y el valor de “1” para el sistema aeropónico. La variable de respuesta (Y), tuvo el valor de “altura de planta en centímetros”, la variable independiente es semanas (Sem).

El modelo ajustado en forma lineal se multiplicó por la variable binaria para obtener cada función, se puede observar en los cuadros 15 y 17.

Cuadro 15. Ajuste del modelo de regresión en su forma binaria

<b>Función lineal</b>
$y = \alpha + \beta_1 Sem$
<b>Función lineal en forma binaria (AJUSTADA)</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 Sem + \delta_2 Sis + \delta_3 (Sem * Sis)$

Cuadro 16. Función binaria para cada sistema

<b>Sistema Convencional o Edáfico</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 Sem$
<b>Sistema Aeropónico</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 Sem + \delta_2 (1) + \delta_3 (Sem * (1))$
Luego se agrupan términos semejantes y quedan de la siguiente forma:
$y = (\delta_0 + \delta_2) + (\delta_1 + \delta_3) Sem$

Se realizó la regresión binaria y se determinó los coeficientes de cada delta ( $\delta$ ), para poder identificar la función de respuesta de cada sistema, realizándolo en el análisis de datos de Excel® (ver cuadro 17).

Cuadro 17. Resultado del modelo ajustado en regresión binaria

Delta ( $\delta$ )	Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico t	Significancia
$\delta_0$	Intercepción	2.336904762	4.62747016	0.505006987	0.622700091
$\delta_1$	SEM	15.0042517	1.106176945	13.56406113	1.22123E-08
$\delta_2$	SIS	0.886904762	6.54423106	0.135524671	0.894443898
$\delta_3$	(SEM*SIS)	-0.458503401	1.564370438	-0.293091323	0.774459025
R <sup>2</sup> = 0.9674					
n = 16					

En este análisis fue necesario interpretar los coeficientes del modelo lo cual se realiza con la sustitución de valores (ver cuadro 18).

Cuadro 18. Modelo de cada sistema

<b>Sistema Convencional o Edáfico</b>
$y = 2.3369 + 15.004Sem$
<b>Sistema Aeropónico</b>
$y = 3.2238 + 14.545Sem$

Se observa en el Cuadro 11, que ambos modelos de regresión en ambos sistemas son muy similares. Y debido a eso se realizó la siguiente prueba del alfa y del coeficiente (ver cuadro 17).

#### **-Prueba de Interceptos en ambos modelos:**

En el cuadro 19 se presentan los criterios de decisión para la prueba de interceptos de ambos modelos.

Cuadro 19. Prueba de alfas

<p>-Hipótesis nula (<math>H_0</math>): <math>\alpha_1 = \alpha_2</math>          -Hipótesis alterna (<math>H_a</math>): <math>\alpha_1 \neq \alpha_2</math></p>
<p>Criterio de rechazo de (<math>H_0</math>), si el (<math>p</math>-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la (<math>H_0</math>) y se realiza la conclusión.</p>

Como se observa en el cuadro 16, cada modelo tiene sus valores delta solamente que el sector de alfa el modelo aeropónico tiene un (delta dos) extra y debido a eso sobre este delta se verifico la significancia. Donde se observó que la probabilidad de significancia en dicho delta probado a dos colas es mayor a "0.05" teniendo un valor de "0.89" y por eso no se rechaza la hipótesis nula de esta prueba definiendo que no existe diferencia significativa entre ambas altas.

#### **-Prueba del coeficiente lineal en ambos modelos:**

En el cuadro 20 se presentan los criterios de decisión para la prueba de coeficientes lineales de ambos modelos.

### Cuadro 20. Prueba de coeficientes

<p>-Hipótesis nula (<math>H_0</math>): <math>Sem_1 = Sem_2</math>          -Hipótesis alterna (<math>H_a</math>): <math>Sem_1 \neq Sem_2</math></p> <p>Criterio de rechazo de (<math>H_0</math>), si el (<math>p</math>-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la (<math>H_0</math>) y se realiza la conclusión.</p>
---

Como se observa en el cuadro 16, cada modelo tiene sus valores delta solamente que el sector del coeficiente lineal el modelo aeropónico tiene un (delta tres) extra y debido a eso sobre este delta se verifico la significancia. Donde se observó que la probabilidad de significancia en dicho delta probado a dos colas es mayor a “0.05” teniendo un valor de “0.77” y por eso no se rechaza la hipótesis nula de esta prueba definiendo que no existe diferencia significativa entre ambos coeficientes y ningún efecto lineal en la variable.

#### 2.6.4 Diámetro de tallo

Los datos de diámetro de tallo en ambos sistemas que se obtuvieron durante el ciclo del cultivo se pueden observar en el cuadro 21 y figura 25.

Cuadro 21. Diámetro de tallo en milímetros durante el ciclo del cultivo.

Sistema	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Aeropónico	2.720	3.757	4.788	6.046	7.629	7.624	7.681	7.739
Edáfico	2.720	2.763	5.251	6.597	6.746	6.477	6.620	6.651

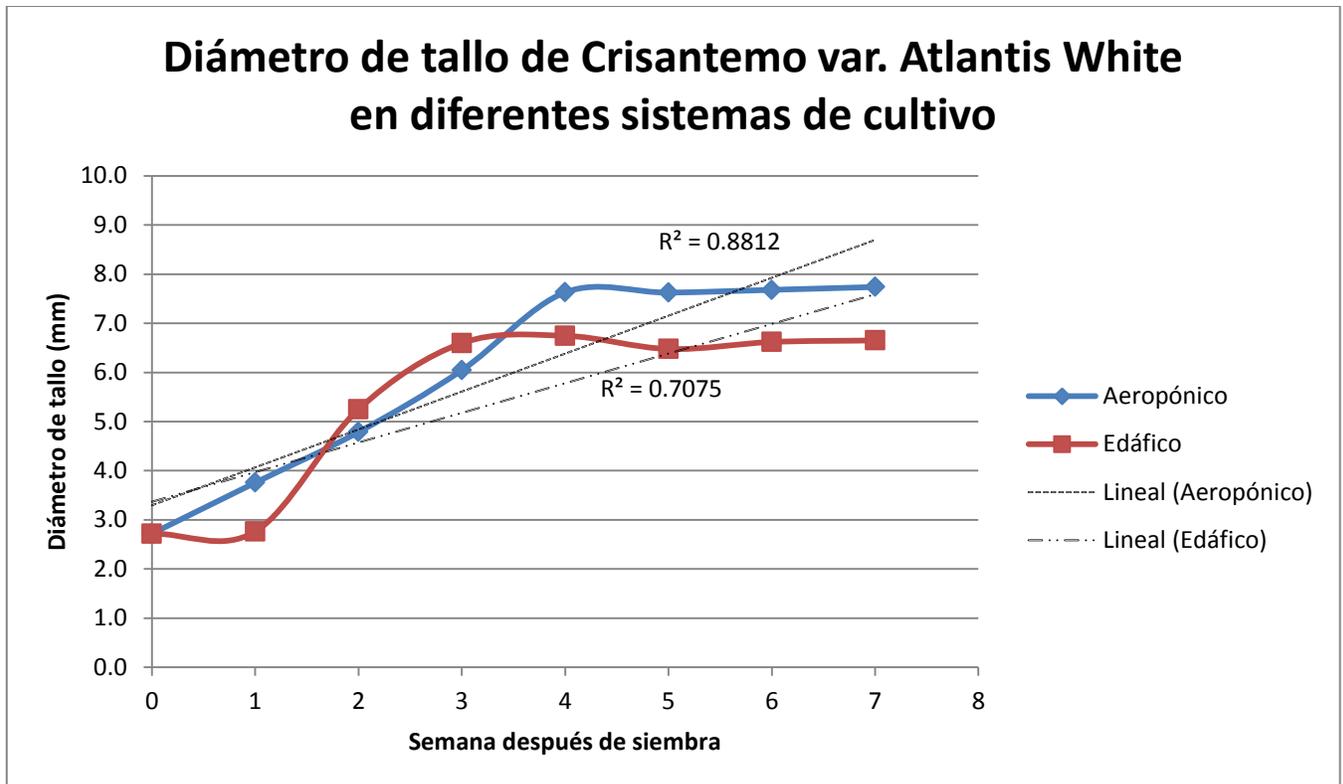


Figura 25. Diámetro del tallo en cada etapa fenológica en ambos sistemas.

Se observa en la gráfica anterior que en ambos sistemas se ajustó el modelo de diámetro de tallo en forma lineal teniendo sus valores de ( $R^2$  en 0.7075 y 0.8812), en el sistema edáfico y aeropónico respectivamente.

Se procedió a realizar un análisis de regresión en forma binaria y poder determinar diferencias significativas en los coeficientes y alfas de ambas regresiones y concluir si tienen el mismo o diferente comportamiento.

Para realizar una regresión binaria se tiene que ajustar el modelo a los datos en donde se obtenga una mejor proporción de ajuste, en la gráfica anterior se observó que ambos modelos se ajustan a una regresión lineal ya que tuvieron valores de ( $R^2$ ), altos mayores de “0.70”.

La variable binaria se denoto de la siguiente manera (Sis=sistema), ya que un sistema fue aeropónico y otro convencional, obtuvo dos valores donde se clasificaron el valor de “0”

será para el sistema convencional o edáfico y el valor de “1” para el sistema aeropónico. La variable de respuesta (Y), tuvo el valor de “diámetro de tallo en milímetros”, la variable independiente es semanas (Sem).

El modelo ajustado en forma lineal se multiplico por la variable binaria para obtener el modelo binario, se puede observar en los cuadros 22 y 24.

Cuadro 22. Ajuste del modelo de regresión en su forma binaria

<b>Función lineal</b>
$y = \alpha + \beta_1 Sem$
<b>Función lineal en forma binaria (AJUSTADA)</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 Sem + \delta_2 Sis + \delta_3 (Sem * Sis)$

Cuadro 23. Función binaria para cada sistema

<b>Sistema Convencional o Edáfico</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 Sem$
<b>Sistema Aeropónico</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 Sem + \delta_2 (1) + \delta_3 (Sem * (1))$
Luego se agrupan términos semejantes y quedan de la siguiente forma:
$y = (\delta_0 + \delta_2) + (\delta_1 + \delta_3) Sem$

Se realizó la regresión binaria y se determinó los coeficientes de cada delta ( $\delta$ ), para poder identificar la función de respuesta de cada sistema, se realizó en Excel® (ver cuadro 24).

Cuadro 24. Resultado del modelo ajustado a una regresión binaria

Delta ( $\delta$ )	Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico t	Significancia
$\delta_0$	Intercepción	3.368571429	0.579835055	5.809533936	8.34809E-05
$\delta_1$	SEM	0.602755102	0.138607089	4.348659981	0.00094707
$\delta_2$	SIS	-0.072452381	0.820010598	-0.08835542	0.931051606
$\delta_3$	(SEM*SIS)	0.169190476	0.196020025	0.863128529	0.404987696
R <sup>2</sup> = 0.8103					
n = 16					

En este análisis fue necesario interpretar los coeficientes del modelo lo cual se realiza con la sustitución de valores, según cuadro 23 y se observan en el cuadro 25.

Cuadro 25. Modelo de cada sistema

<b>Sistema Convencional o Edáfico</b>
$y = 3.3685 + 0.6027Sem$
<b>Sistema Aeropónico</b>
$y = 3.2961 + 0.7719Sem$

Se observa en el cuadro 25, que ambos modelos de regresión en ambos sistemas son muy similares. Y debido a eso se realizó la siguiente prueba del alfa y del coeficiente (ver cuadro 24).

#### **-Prueba de Interceptos en ambos modelos:**

En el cuadro 26 se presentan los criterios de decisión para la prueba de interceptos de ambos modelos.

Cuadro 26. Prueba de alfas

<p>-Hipótesis nula (<math>H_0</math>): <math>\alpha_1 = \alpha_2</math>          -Hipótesis alterna (<math>H_a</math>): <math>\alpha_1 \neq \alpha_2</math></p>
<p>Criterio de rechazo de (<math>H_0</math>), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la (<math>H_0</math>) y se realiza la conclusión.</p>

Como se observa en el cuadro 23, cada modelo tiene sus valores delta solamente que el sector de alfa el modelo aeropónico tiene un (delta dos) extra y debido a eso sobre este delta se verifico la significancia. Donde se observó que la probabilidad de significancia en dicho delta probado a dos colas es mayor a "0.05" teniendo un valor de "0.93" y por eso no se rechaza la hipótesis nula de esta prueba definiendo que no existe diferencia significativa entre ambas altas.

#### **-Prueba del coeficiente lineal en ambos modelos:**

En el cuadro 27 se presentan los criterios de decisión para la prueba de coeficientes lineales de ambos modelos.

### Cuadro 27. Prueba de coeficientes

<p>-Hipótesis nula (<math>H_0</math>): <math>Sem_1 = Sem_2</math>          -Hipótesis alterna (<math>H_a</math>): <math>Sem_1 \neq Sem_2</math></p> <p>Criterio de rechazo de (<math>H_0</math>), si el (<math>p</math>-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la (<math>H_0</math>) y se realiza la conclusión.</p>
---

Como se observa en el cuadro 23, cada modelo tiene sus valores delta solamente que el sector del coeficiente lineal el modelo aeropónico tiene un (delta tres) extra y debido a eso sobre este delta se verifico la significancia. Donde se observó que la probabilidad de significancia en dicho delta probado a dos colas es mayor a “0.05” teniendo un valor de “0.40” y por eso no se rechaza la hipótesis nula de esta prueba definiendo que no existe diferencia significativa entre ambos coeficientes y ningún efecto lineal en la variable.

#### 2.6.5 Desarrollo del cultivo aeropónico

El desarrollo fenológico del Crisantemo en un sistema aeropónico, se puede observar en las figuras 26 y 27.

-Preparación y siembra de las camas aeropónicas

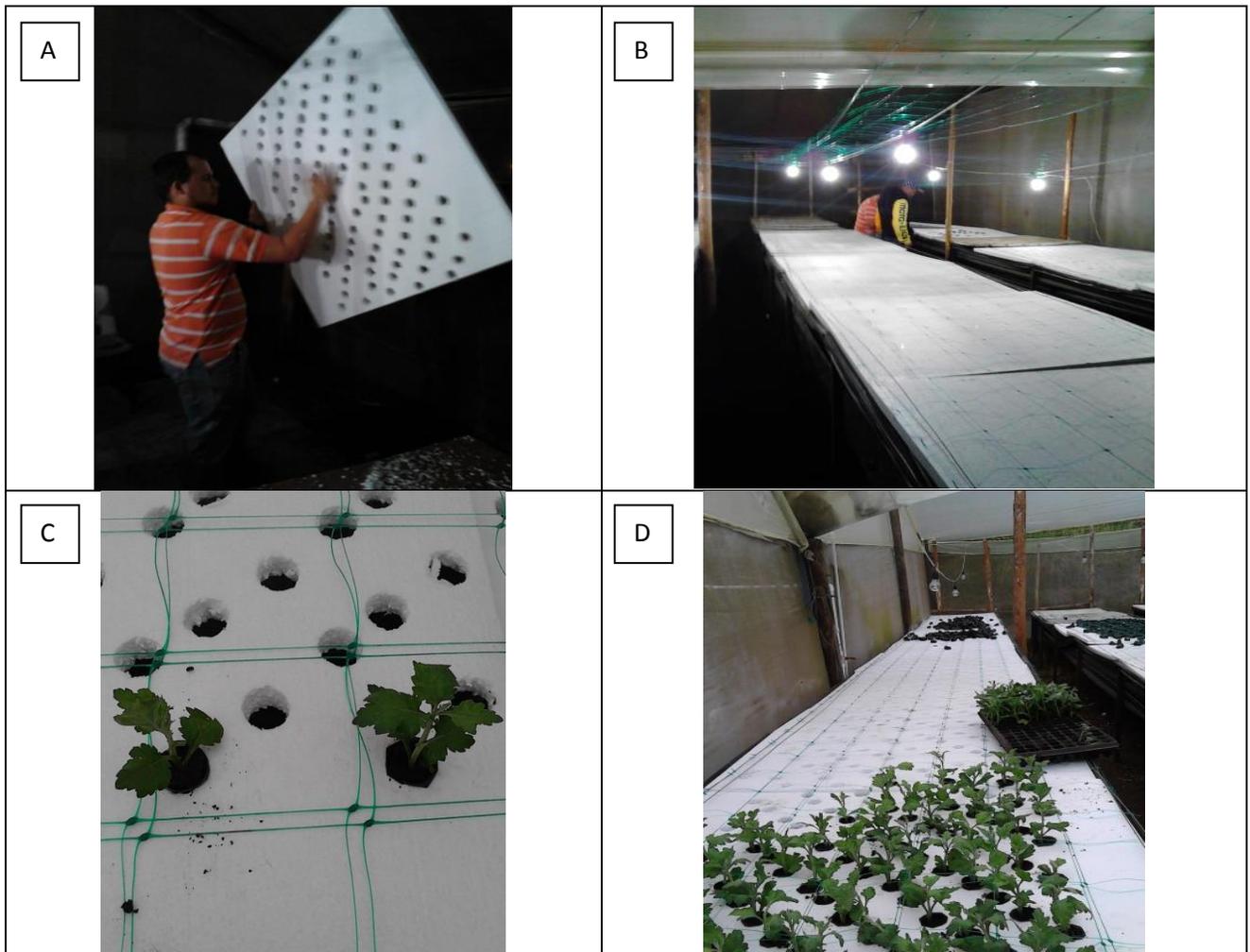


Figura 26. Fotografías de la preparación (A y B), siembra del Crisantemo en un sistema aeropónico (C y D).

En las fotografías anteriores ubicadas en la figura 26, se observa la fabricación de agujeros en el duroport donde luego se fue sembrado la plántula de crisantemo pero introducido dentro de un recipiente plástico.

-Desarrollo del cultivo aeropónico



Figura 27. Fotografías del desarrollo fenológico en un sistema aeropónico:  
 (A: 1 semana, B: 2 semanas, C: 3 semanas, D: 4 semanas, E: 5 semanas, F: 6 semanas,  
 G: 7 semanas, H: corte en la séptima semana).

En las fotografías anteriores ubicadas en la figura 27, se observó el desarrollo semanal del crisantemo en un sistema aeropónico donde la fecha de corte fue exactamente en la séptima semana y permaneció en una semana cortando flor.

### 2.6.5 Materia seca en etapas fenológicas en el sistema aeropónico

En esta curva se explica el crecimiento de la planta en base a la ganancia de biomasa expresada en peso seco “g” a través del ciclo del cultivo en un sistema aeropónico. En el desarrollo vegetativo (0 a 32 DDT), la planta genero 14.62g de biomasa y en la etapa de floración (32 a 48 DDT), la planta genero 34.39g de biomasa. La máxima acumulación de biomasa se produjo en el momento de corte de la flor la cual fue de 43.81g que fue a los (56 DDT), (ver cuadro 28).

Donde la planta obtuvo un mayor porcentaje de desarrollo de su materia seca con respecto al follaje fue en a los (40 DDT), con un 27.33% del crecimiento del total del follaje. Y en la parte radical donde se obtuvo un mayor porcentaje de desarrollo de su materia seca con respecto a la parte radical fue en a los (32 DDT), con un 30.43% del crecimiento del total de la raíz (ver figura 28).

Cuadro 28. Materia seca del Crisantemo en un sistema aeropónico.

Días	Follaje	Raíz	Total	%Follaje	%Raíz
0	0.38	0.107	0.487	0.931	3.579
8	1.179	0.312	1.491	1.957	6.856
16	1.85	0.67	2.52	1.644	11.973
24	3.97	1.1	5.07	5.194	14.381
32	12.61	2.01	14.62	21.166	30.435
40	23.77	2.45	26.22	27.340	14.716
48	31.52	2.87	34.39	18.986	14.047
56	40.82	2.99	43.81	22.783	4.013
				<b>100%</b>	<b>100%</b>

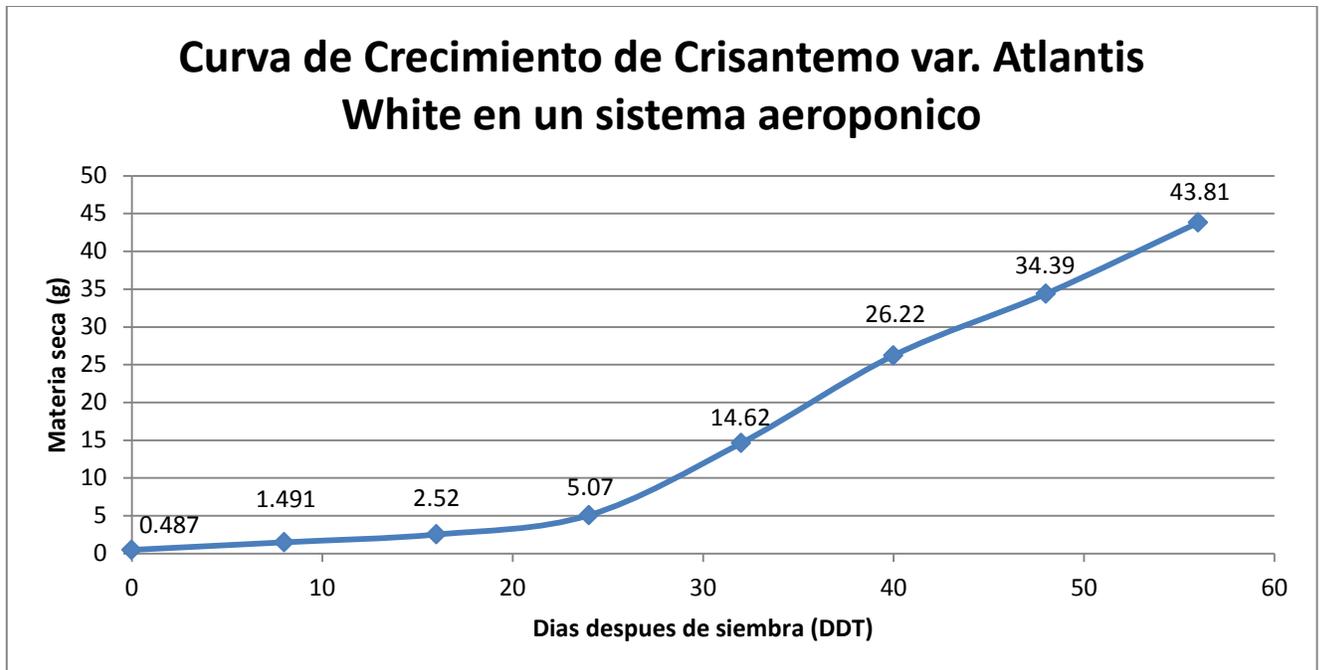


Figura 28. Curva de crecimiento basada en peso seco del crisantemo en un sistema aeropónico.

### 2.6.6 Curvas de nutrientes en las plantas

#### Nitrógeno “N”

En la curva de absorción del nitrógeno se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), la extracción de nitrógeno es de  $650 \text{ kg N ha}^{-1}$  y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT) la planta extrajo  $1421.90 \text{ kg N ha}^{-1}$ . La máxima extracción de nitrógeno en el ciclo del cultivo fue de (32-40 DDT), la cual fue de  $504.86 \text{ kg N ha}^{-1}$  que corresponde al 27.5% de la extracción total del ciclo (ver cuadro 29, figuras 29 y 30).

Cuadro 29. Cantidades de nitrógeno extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	17.518	2.664	20.182	16.347
8	50.814	6.146	56.961	46.138
16	113.222	21.708	134.928	109.290
24	244.155	55.111	299.265	242.401
32	722.553	80.601	803.154	650.547
40	1326.366	100.205	1426.571	1155.509
48	1646.394	109.060	1755.454	1421.902
56	2160.738	105.547	2266.285	1835.670

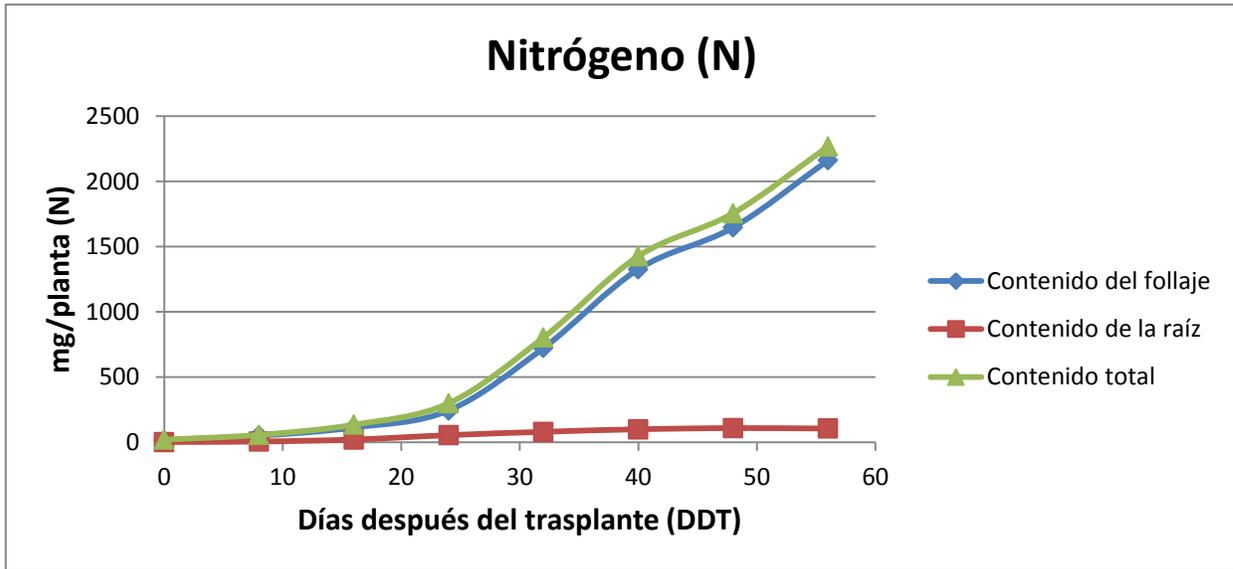


Figura 29. Absorción de nitrógeno en el follaje y raíz

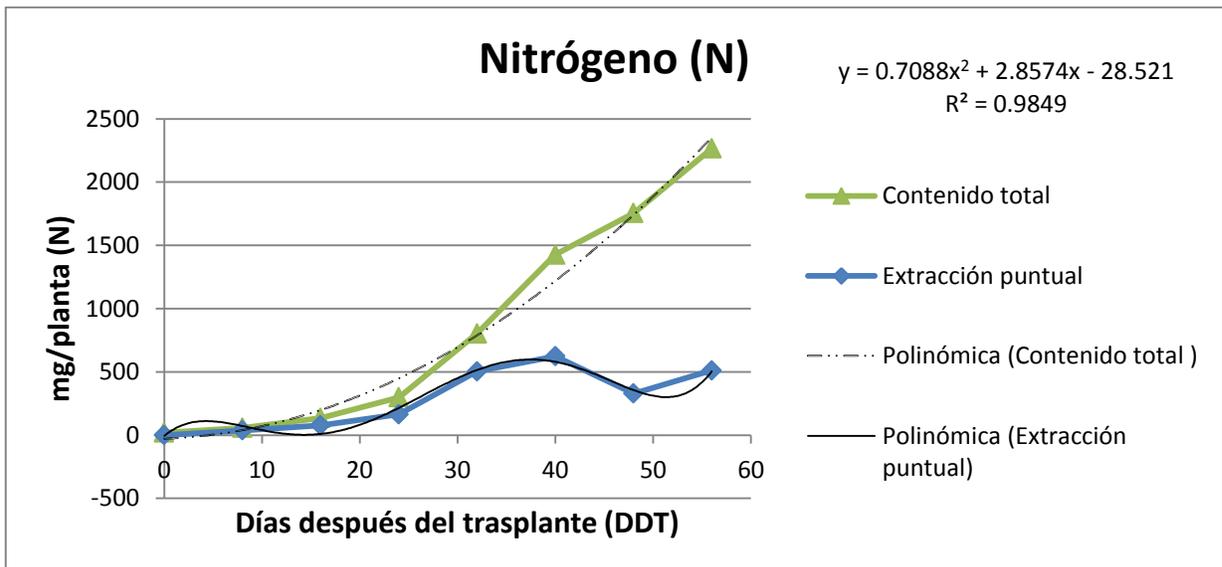


Figura 30. Absorción de nitrógeno acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 30, se observa que el momento máximo de extracción de nitrógeno está ubicado en el rango de 32 a 40 días después del trasplante que equivale a  $504.9 \text{ kg N ha}^{-1}$  o el 27.5% del total extraído.

## Fosforo "P"

En la curva de absorción del fosforo se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), la extracción de fosforo es de  $77.16 \text{ kg P ha}^{-1}$  y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT) la planta extrajo  $146.26 \text{ kg P ha}^{-1}$  (ver cuadro 30, figuras 31 y 32).

Cuadro 30. Cantidades de fosforo extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	2.318	0.417	2.735	2.215
8	4.087	1.622	5.709	4.624
16	15.971	5.159	21.130	17.115
24	25.937	10.560	36.497	29.562
32	78.182	17.085	95.267	77.165
40	104.588	25.480	130.068	105.353
48	151.296	29.274	180.57	146.260
56	205.460	26.312	231.772	187.733

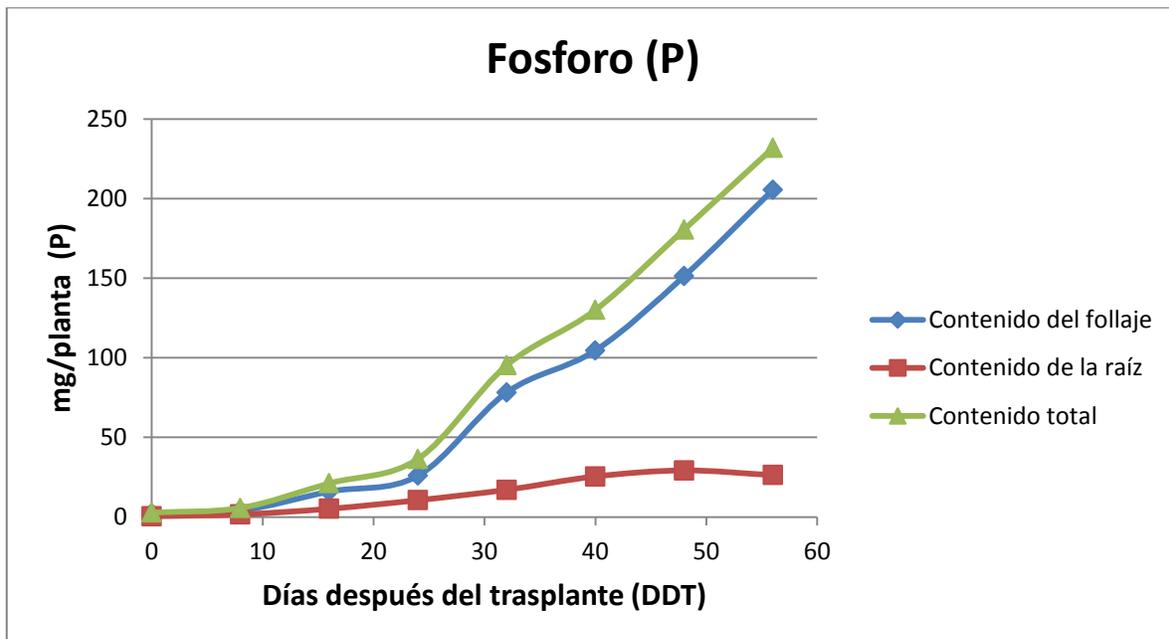


Figura 31. Absorción de fosforo en el follaje y raíz

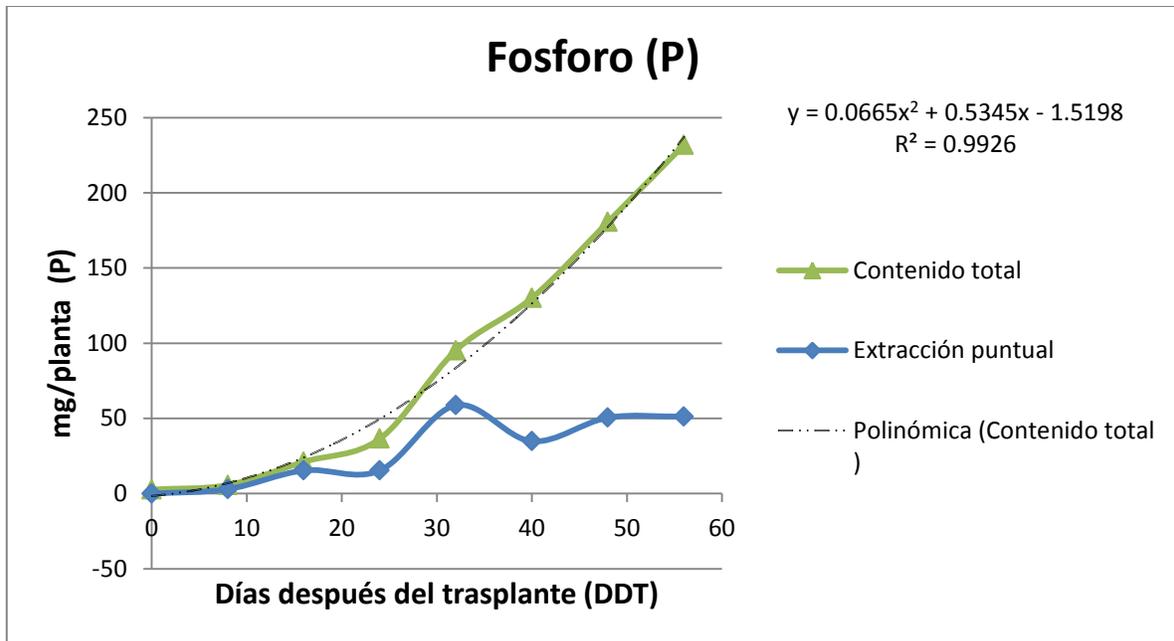


Figura 32. Absorción de fósforo acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 32, se observa que el momento máximo de extracción de fósforo está ubicado en el rango de 24 a 32 días después del trasplante que equivale a  $47.6 \text{ kg P ha}^{-1}$  o el 25.35% del total extraído.

A los cuarenta días después de trasplante se observa que desciende la extracción del elemento fósforo debido a que una semana antes se le realiza un pinch en el botón principal lo cual nos ayuda a identificar que dicho botón contiene altos contenidos de fósforo relevante para la planta.

### Potasio "K"

En la curva de absorción del potasio se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), la extracción de potasio es de  $681.1 \text{ kg K ha}^{-1}$  y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo  $2048.84 \text{ kg K ha}^{-1}$  (ver cuadro 31, figuras 33 y 34).

Cuadro 31. Cantidades de potasio extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	19.848	1.530	21.378	17.316
8	51.679	5.709	57.389	46.484
16	126.910	24.924	151.834	122.984
24	237.406	63.360	300.766	243.617
32	757.861	83.013	840.874	681.100
40	1446.800	80.115	1526.915	1236.787
48	2387.114	142.352	2529.466	2048.845
56	2166.181	94.484	2260.665	1831.118

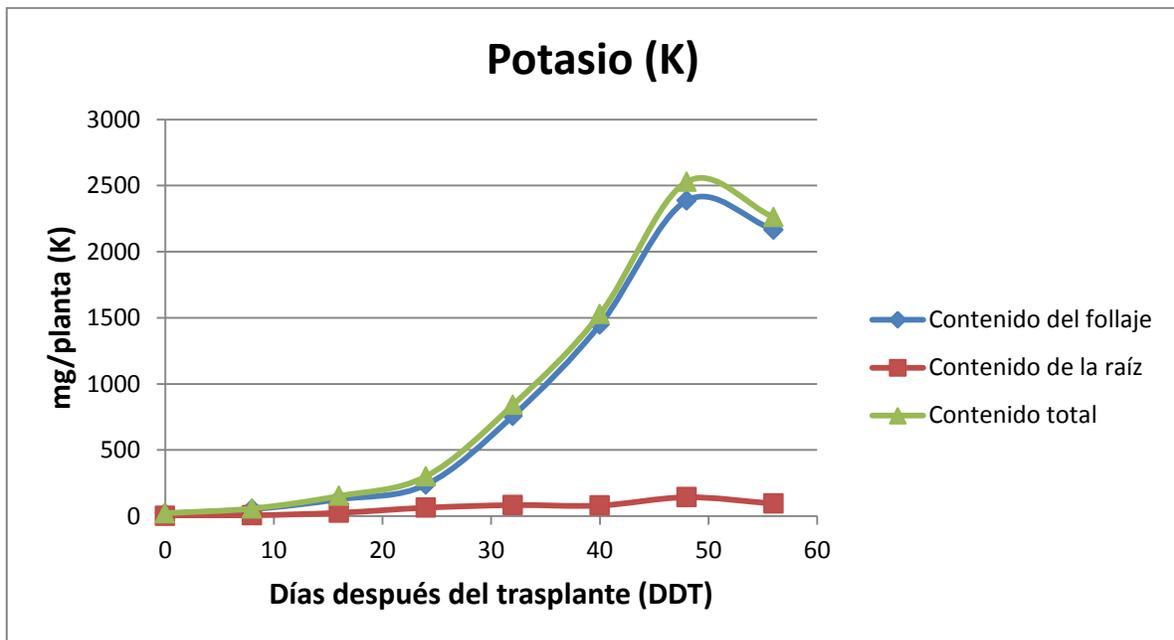


Figura 33. Absorción del potasio en el follaje y raíz

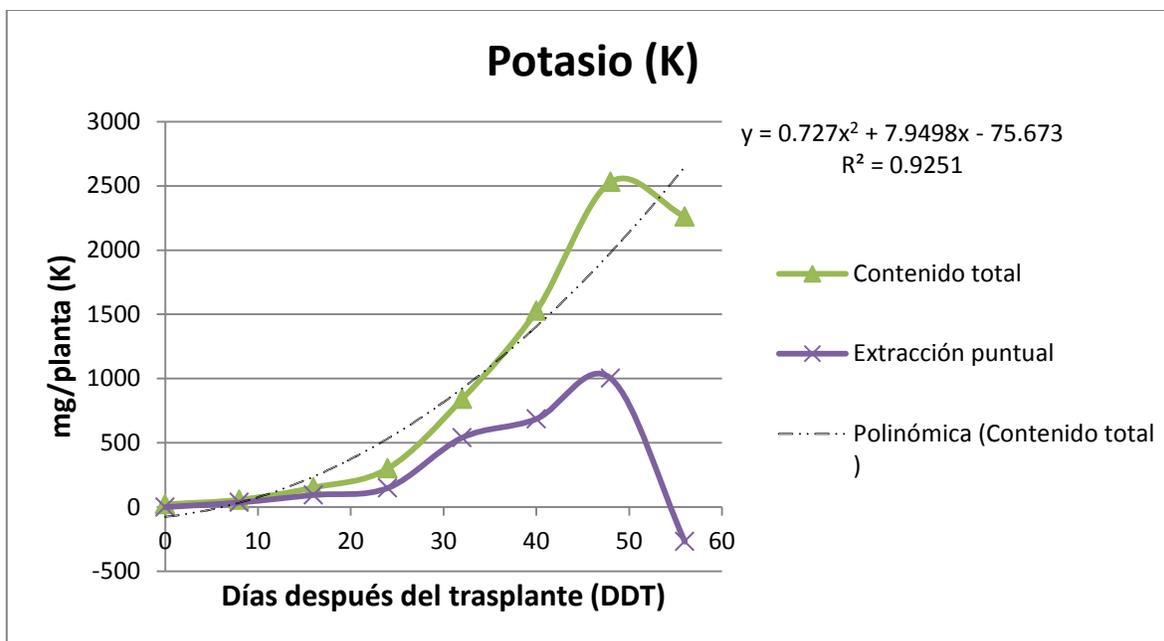


Figura 34. Absorción de potasio acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 34, se observa que el momento máximo de extracción de potasio está ubicado en el rango de 40 a 48 días después del trasplante que equivale a  $47.6 \text{ kg K ha}^{-1}$  o el 39.6% del total extraído.

### Calcio "Ca"

En la curva de absorción del calcio se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), la extracción de calcio es de  $110.58 \text{ kg Ca ha}^{-1}$  y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo  $302.68 \text{ kg Ca ha}^{-1}$  (ver cuadro 32, figuras 35 y 36).

Cuadro 32. Cantidades de calcio extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	4.446	0.556	5.002	4.051
8	8.803	1.809	10.612	8.596
16	10.298	4.757	15.055	12.194
24	32.157	9.790	41.947	33.976
32	111.808	24.723	136.531	110.589
40	193.329	36.505	229.834	186.163
48	294.186	79.499	373.685	302.682
56	383.708	29.900	413.608	335.018

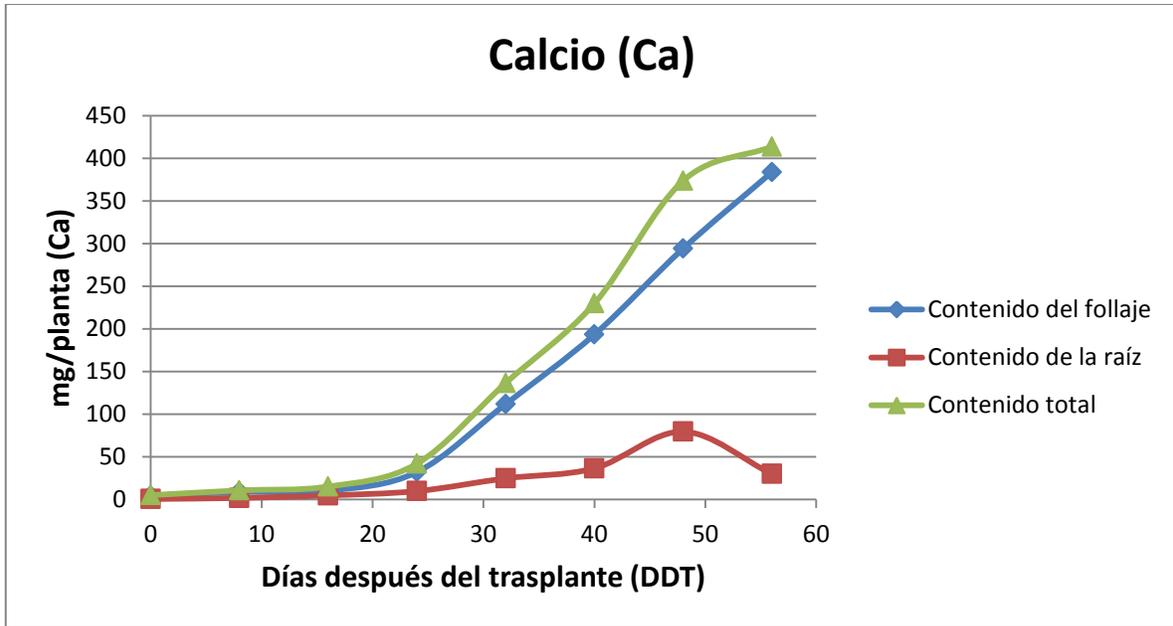


Figura 35. Absorción de calcio en el follaje y raíz

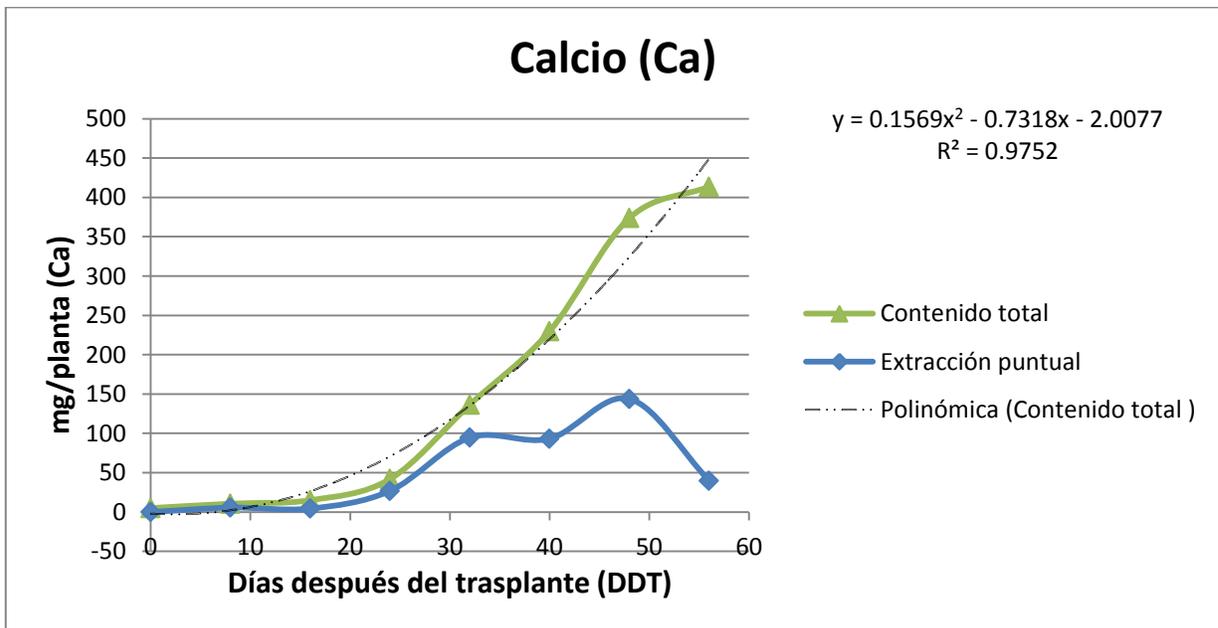


Figura 36. Absorción de calcio acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 36, se observa que el momento máximo de extracción de calcio está ubicado en el rango de 40 a 48 días después del trasplante que equivale a  $116.51 \text{ kg Ca ha}^{-1}$  o el 34.7% del total extraído.

## Magnesio “Mg”

En la curva de absorción del magnesio se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), la extracción de magnesio es de 33.46 kg Mg ha<sup>-1</sup> y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo 81.49 kg Mg ha<sup>-1</sup> (ver cuadro 33, figuras 37 y 38).

Cuadro 33. Cantidades de magnesio extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	1.621	0.353	1.974	1.599
8	3.812	1.029	4.841	3.921
16	4.995	2.278	7.273	5.891
24	11.116	3.520	14.636	11.855
32	34.887	6.432	41.319	33.468
40	59.425	7.350	66.775	54.087
48	81.952	18.655	100.607	81.490
56	108.853	7.176	116.029	93.982

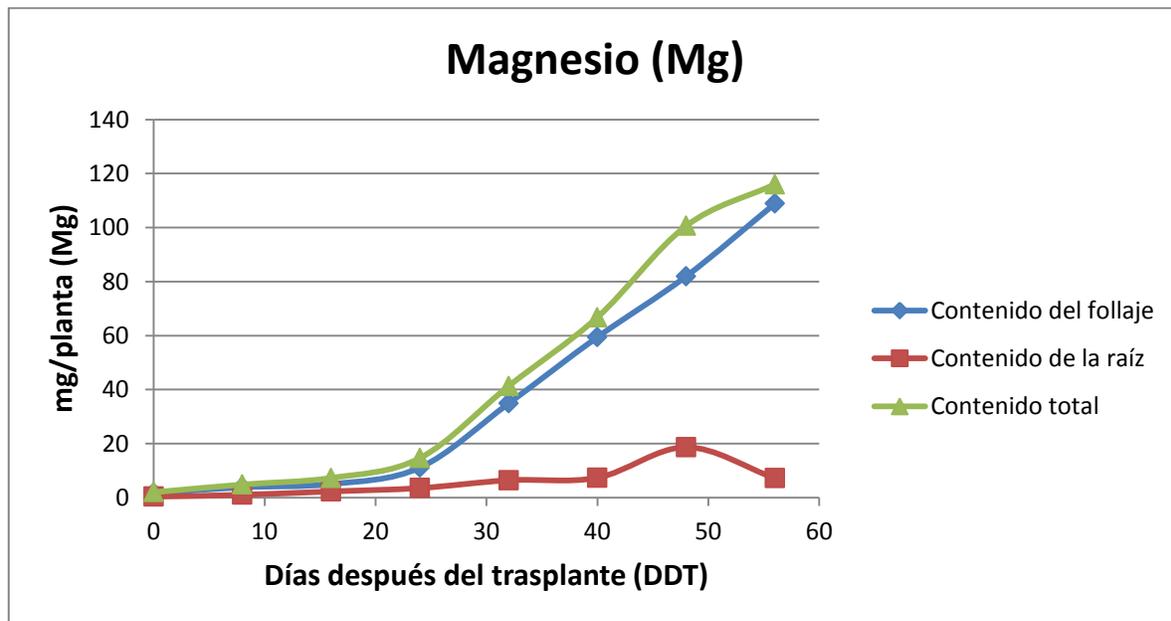


Figura 37. Absorción de magnesio en el follaje y raíz

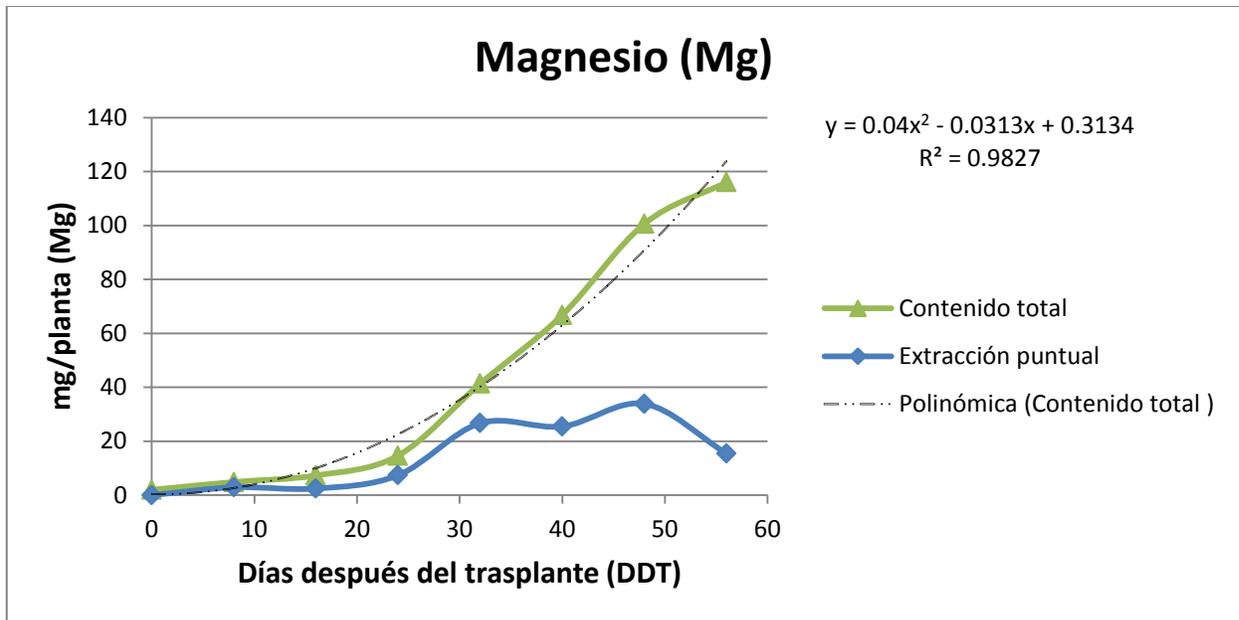


Figura 38. Absorción de magnesio acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 38, se observa que el momento máximo de extracción de magnesio está ubicado en el rango de 24 a 32 días después del trasplante que equivale a 21.61 kg Mg ha<sup>-1</sup> o el 22.9% del total extraído.

### Azufre “S”

En la curva de absorción del azufre se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), la extracción de azufre es de 29.63 kg S ha<sup>-1</sup> y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo 75.68 kg S ha<sup>-1</sup> (ver cuadro 34, figuras 39 y 40).

Cuadro 34. Cantidades de azufre extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	0.810	0.139	0.949	0.769
8	2.436	0.530	2.967	2.403
16	4.810	1.809	6.619	5.361
24	10.586	4.180	14.766	11.960
32	27.742	8.844	36.586	29.634
40	50.709	8.820	59.529	48.218
48	78.800	14.637	93.437	75.683
56	95.246	6.877	102.123	82.719

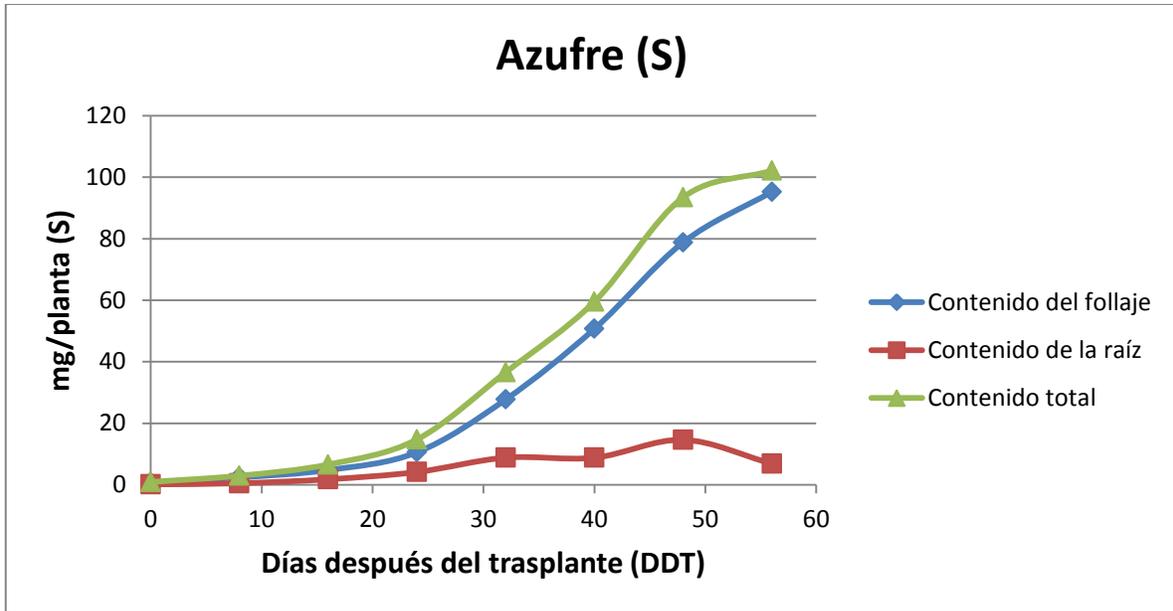


Figura 39. Absorción de azufre en el follaje y raíz

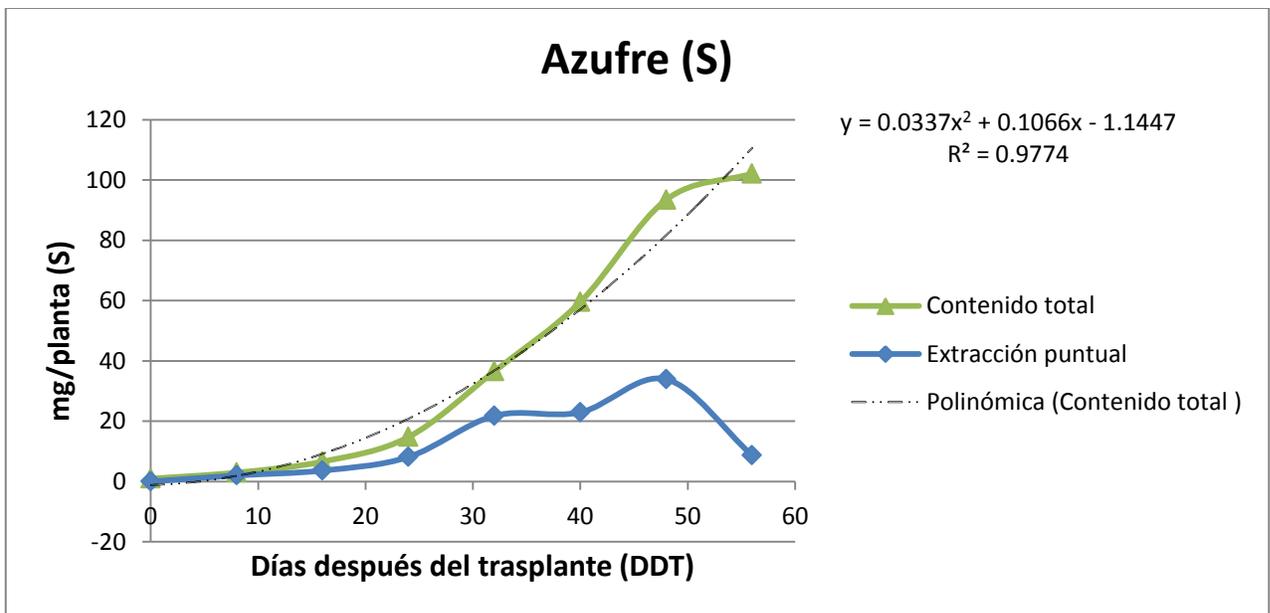


Figura 40. Absorción de azufre acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 40, se observa que el momento máximo de extracción de azufre está ubicado en el rango de 40 a 48 días después del trasplante que equivale a  $27.45 \text{ kg S ha}^{-1}$  o el 33.19% del total extraído.

## Hierro "Fe"

En la curva de absorción del hierro se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), la extracción de hierro es de 6.73 kg Fe ha<sup>-1</sup> y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo 11.7 kg Fe ha<sup>-1</sup> (ver cuadro 35, figuras 41 y 42).

Cuadro 35. Cantidades de hierro extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	0.244	0.893	1.137	0.921
8	0.503	2.483	2.986	2.419
16	0.355	5.205	5.561	4.504
24	1.226	3.540	4.767	3.861
32	3.194	5.125	8.320	6.739
40	4.555	6.186	10.742	8.701
48	6.619	7.892	14.511	11.754
56	6.027	8.372	14.399	11.663

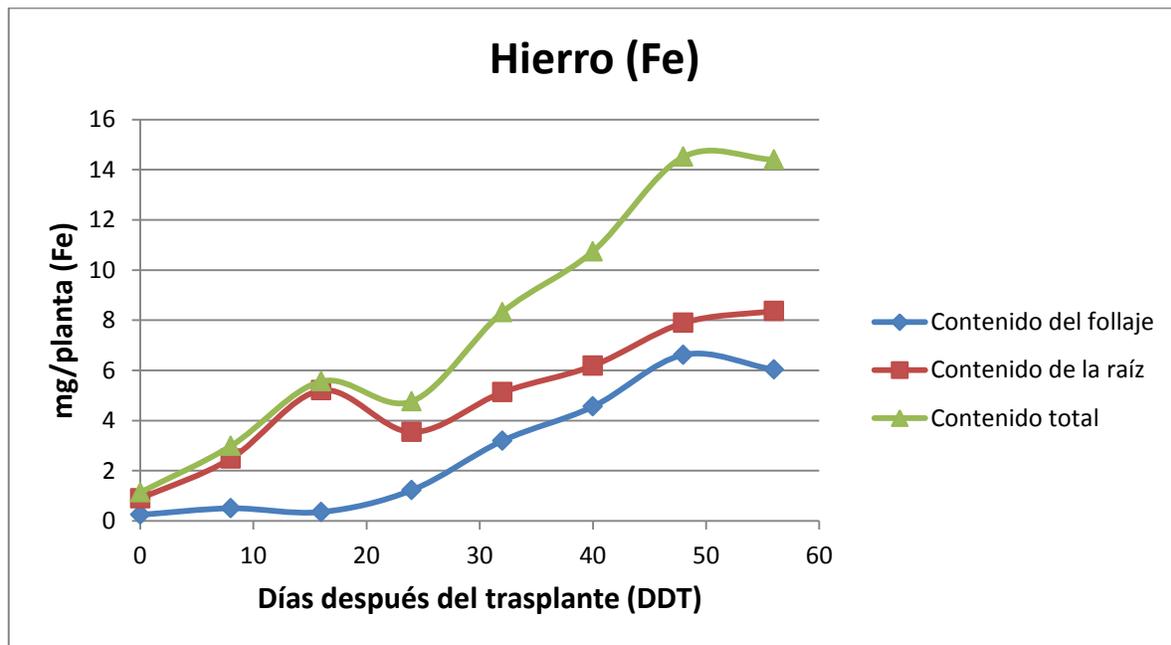


Figura 41. Absorción de hierro en el follaje y raíz

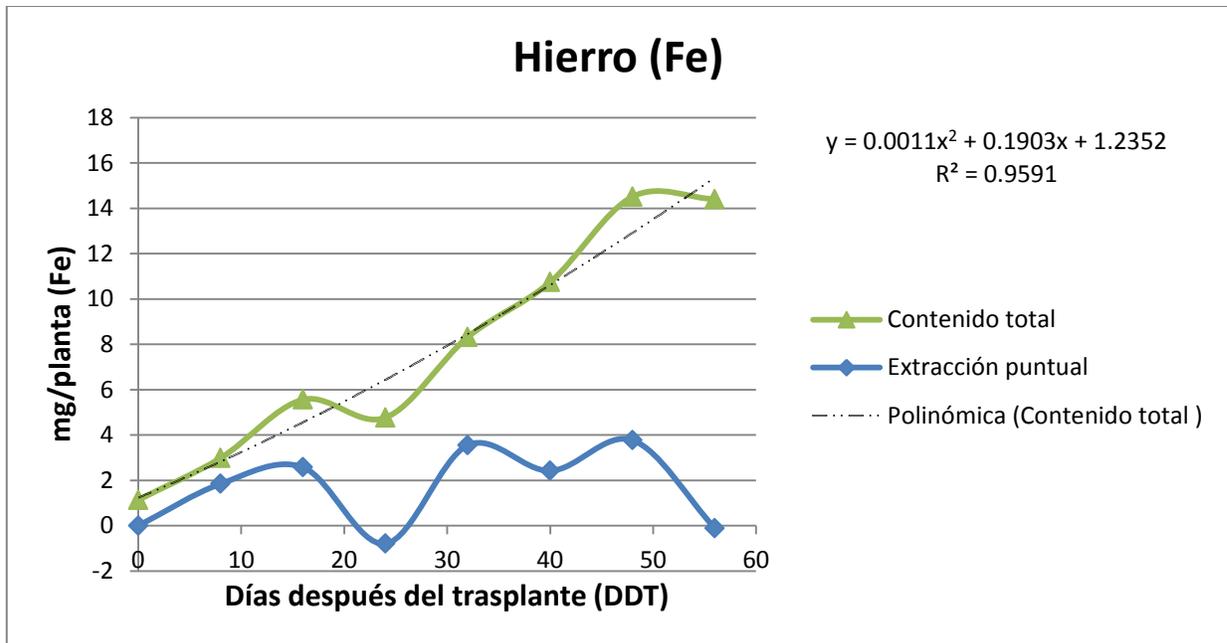


Figura 42. Absorción de hierro acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 42, se observa que el momento máximo de extracción de hierro está ubicado en el rango de 40 a 48 días después del trasplante que equivale a  $3.05 \text{ kg Fe ha}^{-1}$  o el 26.12% del total extraído. En la misma figura anterior en la cuarta lectura de extracción puntual genera un valor negativo debido a que pudo existir un error de laboratorio ya que sucesivamente fue creciendo la concentración del elemento en el vegetal pero en dicho punto la concentración que se determinó con el análisis foliar es menor a la de la lectura anterior por eso la figura se encuentra en valores negativos.

En el caso del hierro se observa en la figura 41, que el contenido en la raíz es mayor que en el resto del vegetal, debido a que existe una reducción del  $\text{Fe}^{+3}$  a  $\text{Fe}^{+2}$  en la membrana plasmática de las células superficiales de la zona subapicales de la raíz, el proceso se realiza por medio de la enzima quelato férrico reductasa (Martínez 2012) repercutiendo en los análisis químico del vegetal en la investigación, ya que se determinó mayor concentración a nivel radical que en el follaje.

En un ensayo realizado en Argentina se demuestra mayor concentración del hierro en la parte radical (54%) que en el follaje (46%) en plantas de girasol que crecieron en un sistema hidropónico (Miravé, Lobartini & Orioli 1987).

## Manganeso “Mn”

En la curva de absorción del manganeso se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), que la extracción del elemento es de  $2.64 \text{ kg Mn ha}^{-1}$  y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo  $5.94 \text{ kg Mn ha}^{-1}$  (ver cuadro 36, figuras 43 y 44).

Cuadro 36. Cantidades de manganeso extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	0.064	0.029	0.094	0.076
8	0.134	0.063	0.198	0.160
16	0.234	0.254	0.488	0.396
24	0.799	0.426	1.226	0.993
32	2.446	0.818	3.264	2.644
40	3.842	1.232	5.075	4.110
48	5.936	1.406	7.342	5.947
56	6.871	1.181	8.052	6.522

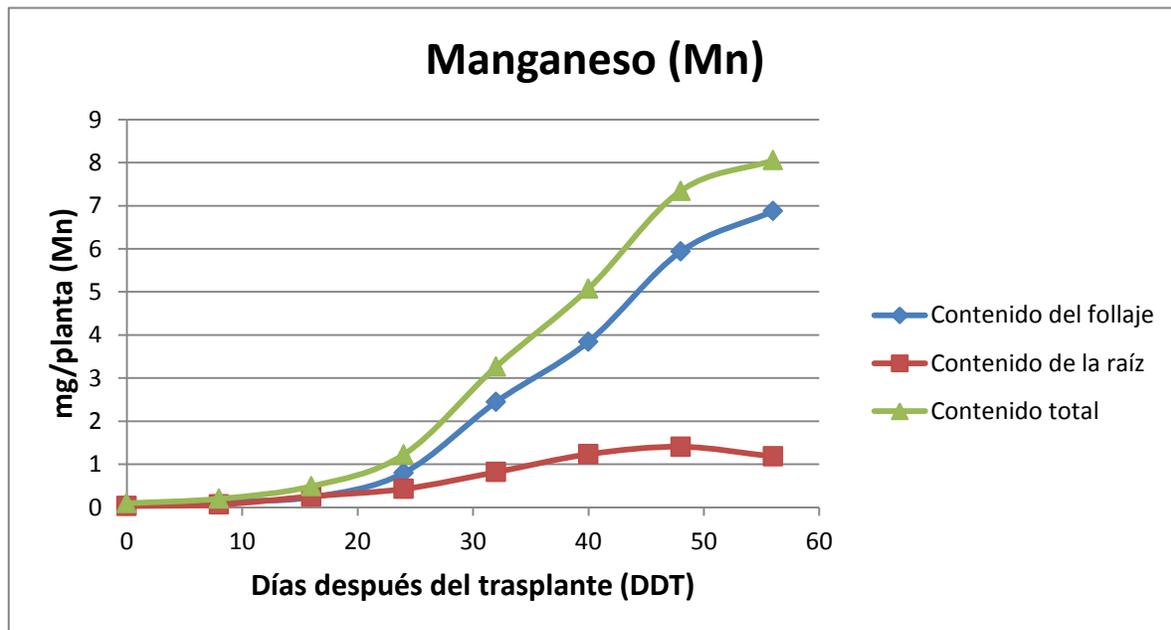


Figura 43. Absorción de manganeso en el follaje y raíz

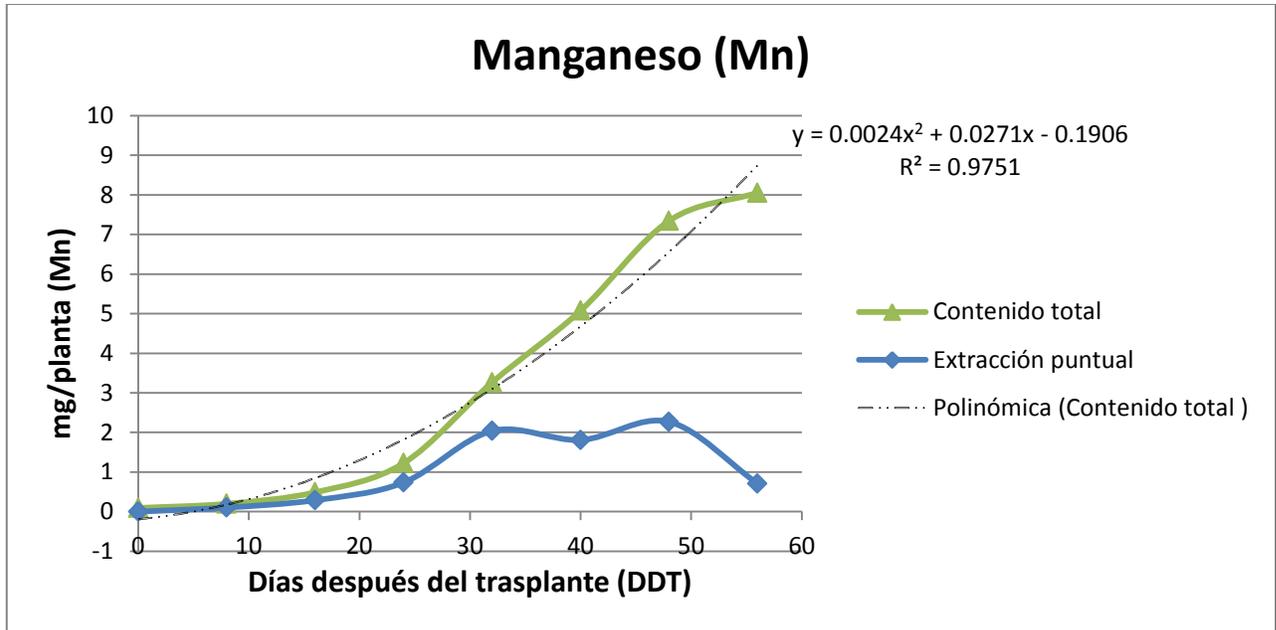


Figura 44. Absorción de manganeso acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 44, se observa que el momento máximo de extracción de manganeso está ubicado en el rango de 40 a 48 días después del trasplante que es equivalente a 1.83 kg Mn ha<sup>-1</sup> o el 28.15% del total extraído.

### Cobre “Cu”

En la curva de absorción del cobre se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), que la extracción del elemento es de 0.40 kg Cu ha<sup>-1</sup> y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo 0.59 kg Cu ha<sup>-1</sup> (ver cuadro 37, figuras 45 y 46).

Cuadro 37. Cantidades de cobre extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	0.009	0.003	0.012	0.009
8	0.014	0.021	0.036	0.029
16	0.035	0.039	0.075	0.060
24	0.066	0.073	0.139	0.113
32	0.281	0.217	0.498	0.403
40	0.293	0.274	0.567	0.459
48	0.420	0.315	0.735	0.596
56	0.517	0.367	0.884	0.716

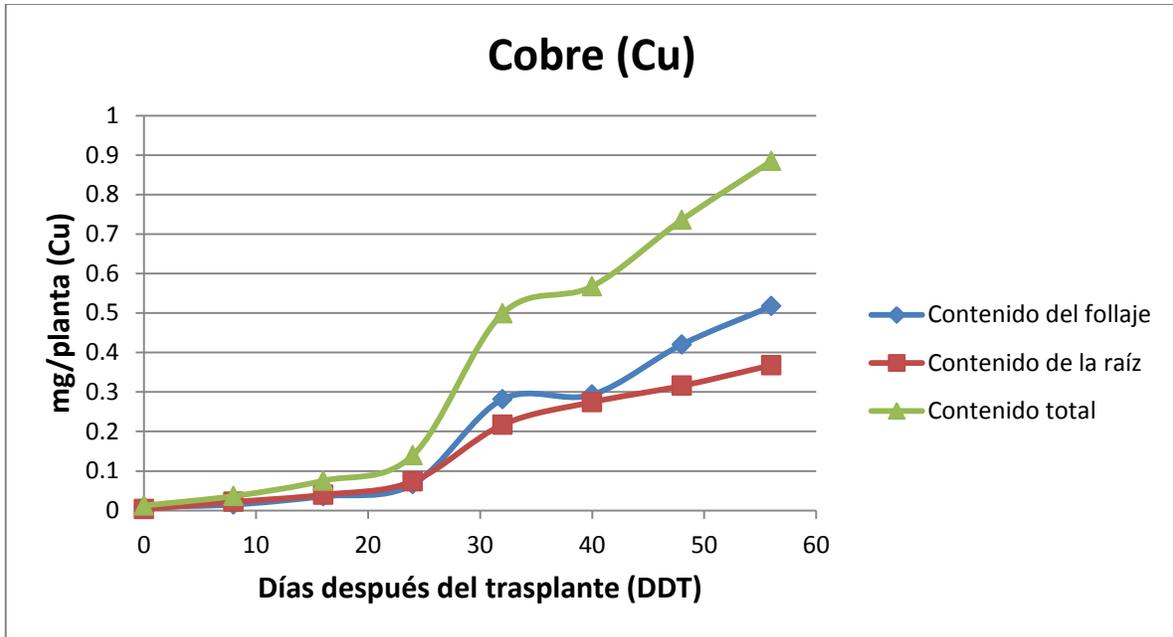


Figura 45. Absorción de cobre en el follaje y raíz

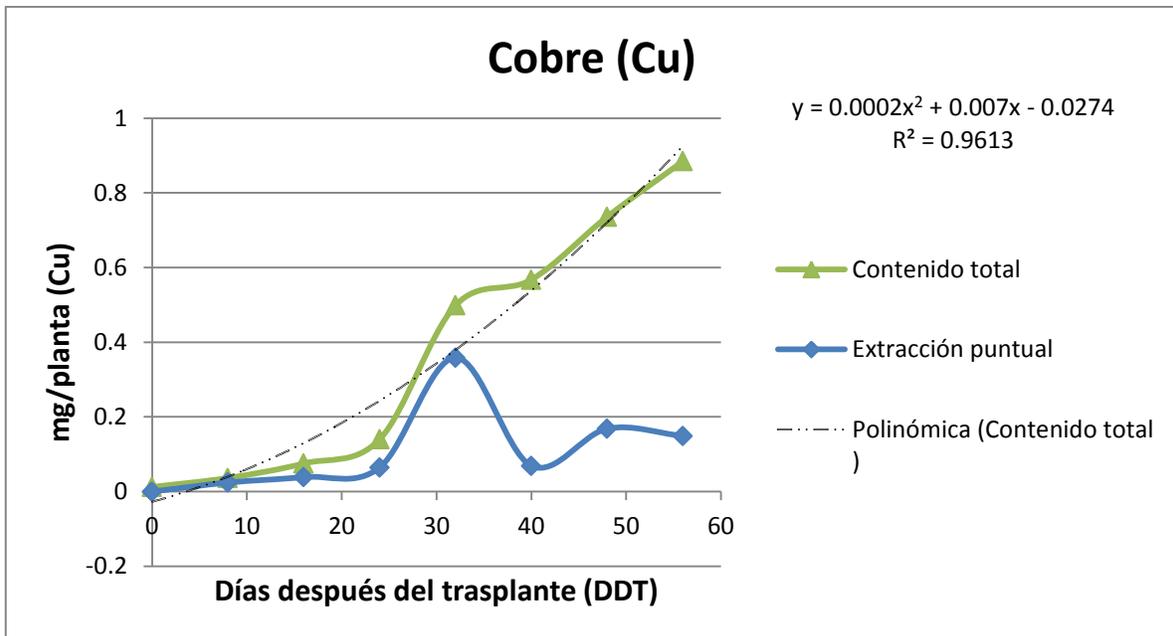


Figura 46. Absorción de cobre acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 46, se observa que el momento máximo de extracción de cobre está ubicado en el rango de 24 a 32 días después del trasplante que equivale a 0.29 kg Cu ha<sup>-1</sup> o el 39.55% del total extraído.

## Zinc "Zn"

En la curva de absorción del zinc se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), que la extracción del elemento es de  $0.86 \text{ kg Zn ha}^{-1}$  y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo  $2.97 \text{ kg Zn ha}^{-1}$  (ver cuadro 38, figuras 47 y 48).

Cuadro 38. Cantidades de zinc extraído en el sistema aerónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	0.023	0.005	0.029	0.023
8	0.039	0.032	0.071	0.058
16	0.082	0.095	0.178	0.144
24	0.209	0.228	0.437	0.354
32	0.550	0.518	1.069	0.866
40	0.958	1.102	2.061	1.669
48	2.237	1.435	3.672	2.975
56	3.170	1.345	4.515	3.657

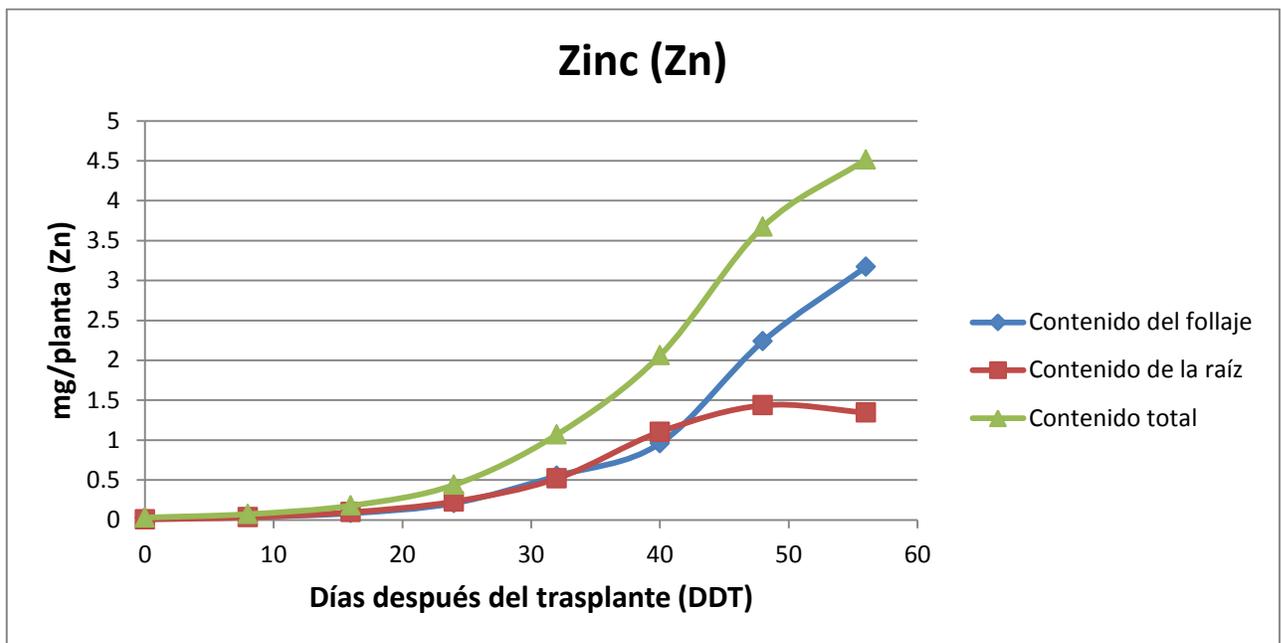


Figura 47. Absorción de zinc en el follaje y raíz

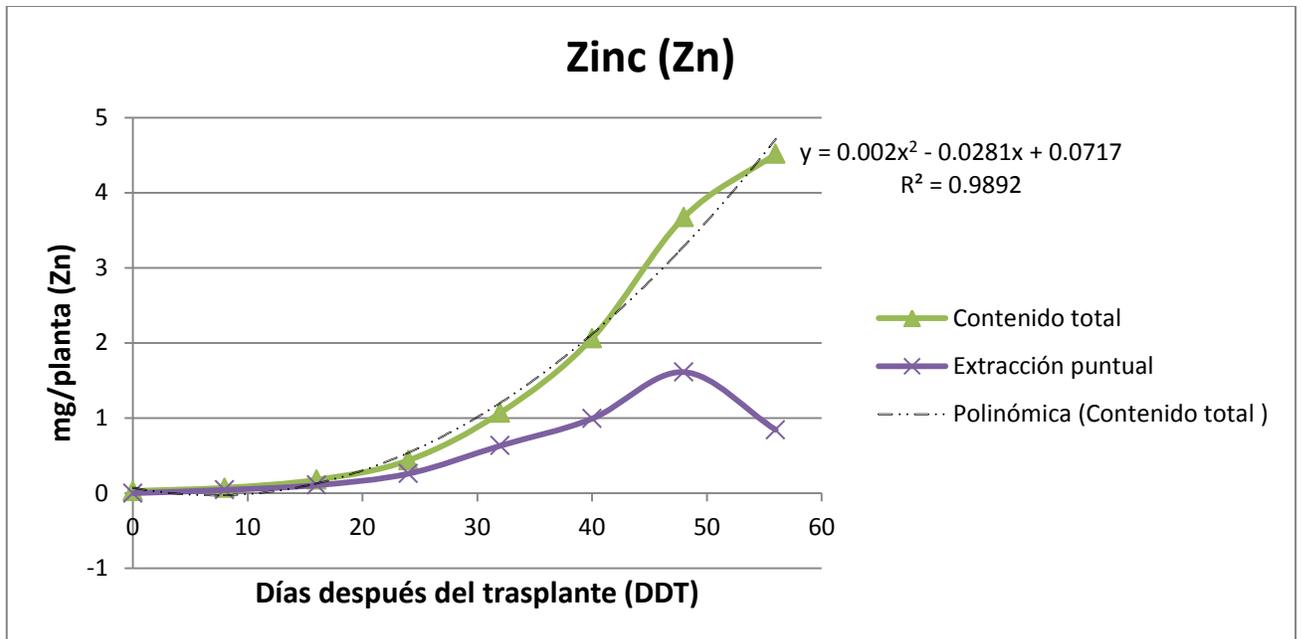


Figura 48. Absorción de zinc acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 48, se observa que el momento máximo de extracción de zinc está ubicado en el rango de 40 a 48 días después del trasplante que equivale a 1.3 kg Zn ha<sup>-1</sup> o el 35.68% del total extraído. Que es el momento de la floración por eso se puede definir que interviene dicho elemento conjuntamente con el boro en el proceso de la floración.

### Boro "B"

En la curva de absorción del boro se observa en la fase vegetativa (0-32 DDT), que la extracción del elemento es de 1.11 kg B ha<sup>-1</sup> y en la fase de formación de botón y floración (32-48 DDT), la planta extrajo 2.24 kg B ha<sup>-1</sup> (ver cuadro 39, figuras 49 y 50).

Cuadro 39. Cantidades de boro extraído en el sistema aeropónico

DDS	mg/Follaje	mg/Raíz	mg/Planta	kg/Ha
0	0.022	0.005	0.028	0.022
8	0.084	0.030	0.115	0.093
16	0.133	0.026	0.159	0.129
24	0.348	0.046	0.394	0.319
32	1.252	0.122	1.375	1.113
40	1.964	0.115	2.080	1.684
48	2.553	0.218	2.771	2.244
56	5.701	0.143	5.844	4.734

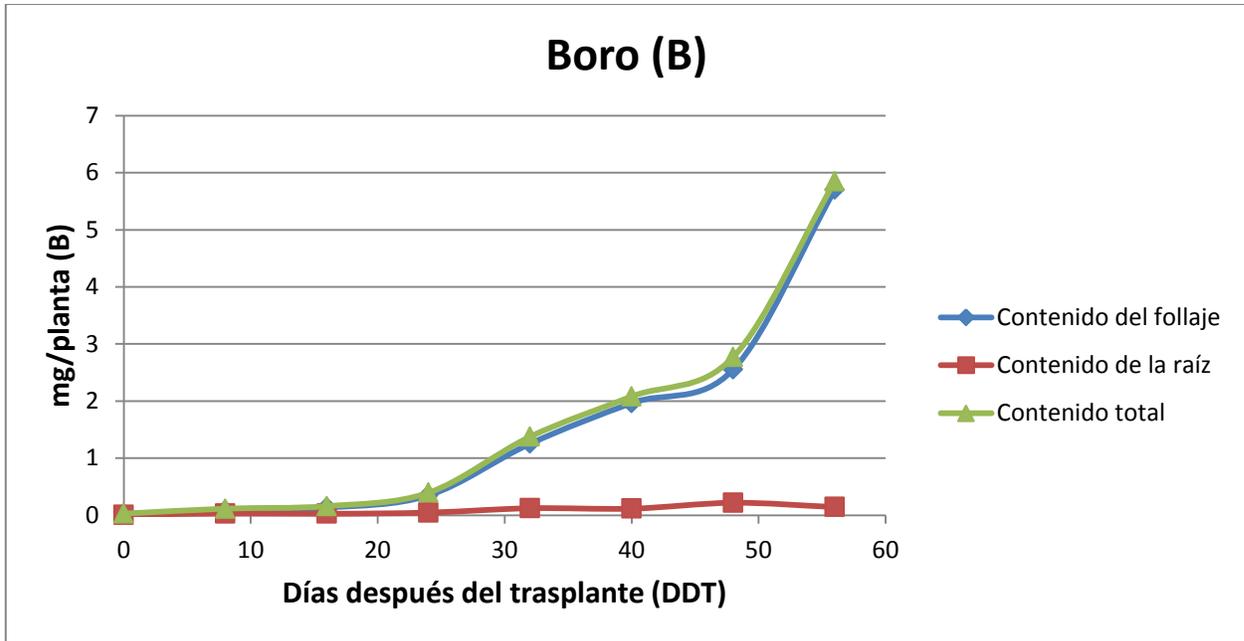


Figura 49. Absorción de boro en el follaje y raíz

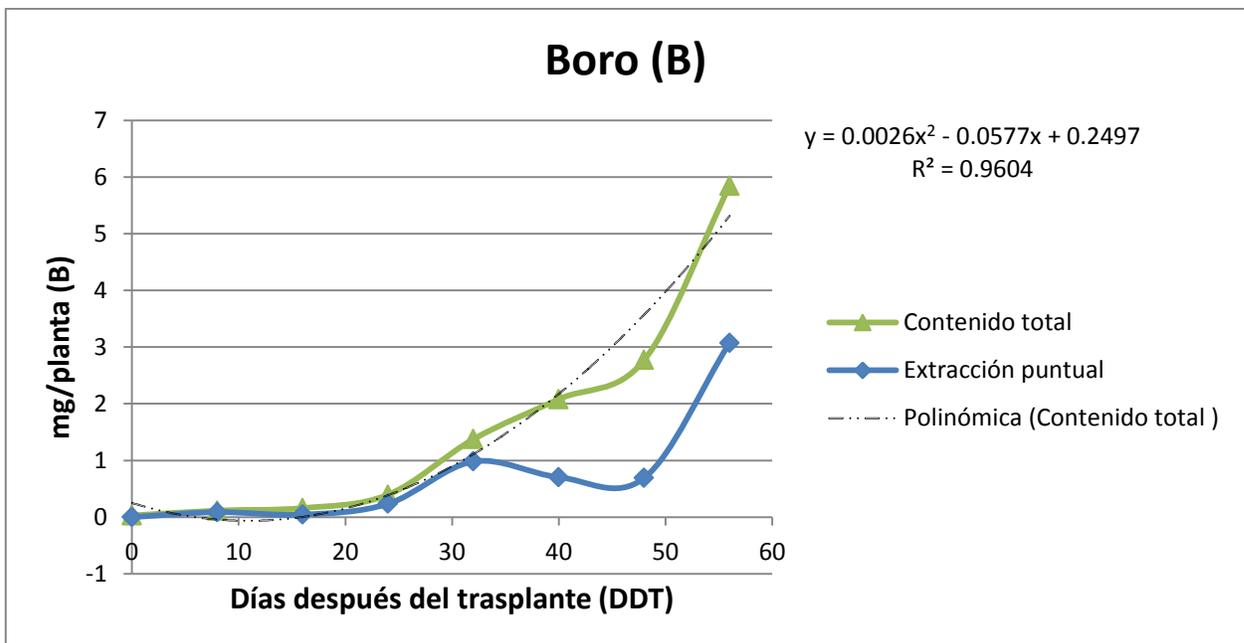


Figura 50. Absorción de boro acumulada y extracción puntual en el ciclo del cultivo

En la figura 50, se observa que el momento máximo de extracción de boro está ubicado en el rango de 48 a 56 días después del trasplante que equivale a  $2.48 \text{ kg B ha}^{-1}$  o el 42.43% del total extraído. Que es el momento de la floración por eso se puede definir que interviene dicho elemento conjuntamente con el zinc en el proceso de la floración.

## 2.6.7 Consumo de agua

### Comparación de ambos sistemas

Se comparó el consumo de agua en el sistema edáfico (convencional) y en el sistema aeropónico (ver cuadro 40).

Cuadro 40. Consumo de agua en diferentes sistemas

<b>Sistema</b>	<b>Consumo diario de agua (litros)</b>
Convencional	275
Aeropónico	70

Se observa que el consumo del agua en ambos sistemas es completamente diferente, en el sistema convencional es una cantidad grande que se utiliza en el riego comparado con el sistema aeropónico que reduce el uso del agua en 205 litros por cama diariamente.

## 2.6.8 Días a desbotone

En el cuadro 41, se comparan los dos sistemas para los días a desbotone.

Cuadro 41. Días a desbotone en diferentes sistemas

<b>Variable/Sistema</b>	<b>Convencional</b>	<b>Aeropónico</b>
Días a desbotone	40	40

No existió ninguna diferencia en los días a desbotone ya que se realizaron a los cuarenta días en ambos sistemas.

## 2.6.9 Prueba de florero

En el cuadro 42, se presenta la comparación de ambos sistemas en la prueba de florero.

Cuadro 42. Días en prueba de florero

<b>Variable/Sistema</b>	<b>Convencional</b>	<b>Aeropónico</b>
Días en prueba de florero	13	13

En este ensayo ambos tratamientos obtuvieron los mismos días en la prueba de florero, donde se concluye que no afecta la durabilidad de los tallos en el florero dependiendo del tipo de sistema que provengan.

### 2.6.10 Puntos hábiles por ramo

En el cuadro 43, se presentan los puntos hábiles de cada sistema.

Cuadro 43. Puntos hábiles por ramo de cada sistema

<b>Variable/Sistema</b>	<b>Convencional</b>	<b>Aeropónico</b>
Puntos hábiles	27	27

En esta investigación no existió diferencia entre los puntos hábiles de cada sistema evaluado.

## 2.7 Conclusiones

1. Los momentos **máximos** de absorción días después del trasplante (DDT) para cada elemento son: N (32-40), P (24-32), K (40-48), Ca (40-48), Mg (24-32), S (40-48), Fe (40-48), Mn (40-48), Cu (24-32), Zn (40-48), B (48-56). Los momentos **mínimos** de absorción días después del trasplante (DDT) para cada elemento son: N (0-8), P (0-8), K (0-8), Ca (8-16), Mg (8-16), S (0-8), Fe (16-24), Mn (0-8), Cu (0-8), Zn (0-8), B (8-16).
2. En los parámetros fenológicos de cada sistema, se determinó con un análisis de regresiones binarias que no existe diferencia significativa entre las variables: Altura de planta y diámetro de tallo. Y en los parámetros fisiológicos días a desbotone, prueba de florero y puntos hábiles por ramo no se determinó ninguna diferencia significativa.
3. El consumo de agua en ambos sistemas es totalmente diferente, en el sistema convencional se utilizó riegos de 275 litros/cama al día mientras el sistema aeropónico 70 litros/cama al día, lo cual nos contrasta una diferencia de 205 litros/cama al día.

## 2.8 Recomendaciones

- Evaluar los momentos máximos y mínimos de absorción en intervalos más cortos para poder tener datos más precisos.
- Realizar estudios con la incorporación de desinfectantes de aguas para poder trabajar en medios con mejor sanidad vegetal.
- Evaluar en diferentes variedades, como por ejemplo variedades anuales para ver el desarrollo del cultivo en estos sistemas.
- Buscar estrategias para la mejora estructural en un futuro de las camas aeropónicas.
- Realizar estudios nutricionales de los productos aeropónicos versus los productos edáficos para determinar si existe diferencia en las propiedades nutricionales de cada sistema.
- Elaborar un programa de fertilización en el sistema edáfico basado en las curvas de absorción aeropónicas, tomando en cuenta la eficiencia de cada elemento en las condiciones edáficas y climáticas de la región.

## 2.9 Bibliografía

- 1 Arias, D. 2009. Producción de semilla pre básica en el sistema aeropónico en el Ecuador. Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 125 p.
- 2 ASOCOLFLORES (Asociación Colombiana de Exportadores de Flores, CO). 2004. VII simposio de la floricultura, nutrición y sustratos. Rionegro, Antioquia, Colombia. 126 p.
- 3 \_\_\_\_\_. 2009. Técnicas de los diferentes cultivos de flores (en línea). Colombia. Consultado 6 abr 2015. Disponible en <http://www.asocolflores.org/comunicaciones/centro-de-documentacion/21>
- 4 \_\_\_\_\_. 2014. Boletín de exportaciones de enero a noviembre (en línea). Colombia. Consultado 7 abr 2015. Disponible en [http://www.asocolflores.org/aym\\_document/BOLETINES/Boletin\\_exportaciones-2014\\_Enero-noviembre\\_2014.pdf](http://www.asocolflores.org/aym_document/BOLETINES/Boletin_exportaciones-2014_Enero-noviembre_2014.pdf)
- 5 Barrera Ocampo, A. 2007. Producción de crisantemo (*Dendranthema* spp.) en Morelos. Morelos, México, SAGARPA. 20 p.
- 6 Bedoya, M. 2015. Cultivo del crisantemo (entrevista). Rionegro Antioquia, Colombia, Uniflor S.A.S.
- 7 Chica Toro, F. 2015. Cultivos aeropónicos (entrevista). Colombia, Universidad Católica de Oriente UCO. (E-mail [fchica@uco.edu.co](mailto:fchica@uco.edu.co)).
- 8 \_\_\_\_\_. 2015. Soluciones nutritivas (entrevista). Colombia, Universidad Católica de Oriente UCO. (E-mail [fchica@uco.edu.co](mailto:fchica@uco.edu.co)).
- 9 DANAЕ (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, CO). 2009. Informe de resultados del censo de fincas productoras de flores en 28 municipios de la Sabana Bogotá y Cundinamarca (en línea). Colombia. Consultado 7 abr 2015. Disponible en [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/flores/Informe\\_resultados\\_2009.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/flores/Informe_resultados_2009.pdf)
- 10 ECURED. 2012. *Chrysanthemum* (en línea). Cuba. Consultado 25 abr 2016. Disponible en [www.ecured.cu/Chrysanthemum](http://www.ecured.cu/Chrysanthemum)
- 11 Estrada Gómez, MA. 2010. Diagnostico general y servicios prestados en la empresa “Grupo Hortícola de Exportación” y determinación de curvas de absorción de nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K) en arveja china (*Pisum sativum* var Atitlán) Sumpango, Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 106 p.

- 12 Gloeckner, F. 1888-89. *Chrysanthemum* manual. New York, United States of America, Society of American Florists. 116 p.
- 13 Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.): caracterización ecofisiológica del cultivo. 2015. Ed. por Luz Marina Melgarejo. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias / COLCIENCIAS / Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia –CEPASS\_. 304 p.
- 14 López Bautista, EA; González, B. 2014. Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en la agronomía. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 248 p.
- 15 Martínez Cuenca, MR. 2012. Respuesta del sistema de absorción de hierro en las raíces de los cítricos ante diferentes condiciones clorosantes del medio, Moncada Valencia, España. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. 228 p.
- 16 Mejía de Tafur, MS. 2010. Conceptos sobre fisiología de absorción y funciones de los minerales en la nutrición de plantas. Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 120 p.
- 17 Melgarejo, LM. 2010. Experimentos en fisiología vegetal. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 277 p.
- 18 Miravé JP; Lobartini JC & Orioli GA. 1987. Absorción y transporte de hierro a partir de fuentes orgánicas de distinto peso molecular. Bahía Blanca, Argentina, Ciencia del Suelo 5:31-35 p.
- 19 Navarro García, G; Navarro García, S. 2014. Fertilizantes: química y acción. Madrid, España, Mundi-Prensa. 229 p.
- 20 Pardo, AL. 2009. Diagnóstico de la producción y comercialización del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) en Colombia. Tesis Ing. Admon. Agroneg. Honduras, Escuela Panamericana El Zamorano. 41 p.
- 21 Portafolio. 2008. El negocio de las flores (en línea). Colombia. Consultado 7 abr 2015. Disponible en <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/flores-colombianas-mercado-cuidar-59720>
- 22 Proexport Colombia. 2008. Desarrollo de la floricultura en Colombia (en línea). Colombia. Consultado 1 abr 2015. Disponible en [http://www.procolombia.co/sites/default/files/periódico\\_de\\_oportunidades\\_2013.pdf](http://www.procolombia.co/sites/default/files/periódico_de_oportunidades_2013.pdf)
- 23 Ramatuelle, JT. 1792. *Chrysanthemum morifolium* Ramat. (en línea). Consultado 7 abr 2015. Disponible en <http://tropicos.org/Name/2700550?langid=66>

- 24 Reyes Hernández, M. 2014. Algunas funciones de producción usadas en la asignación óptima de insumos y diagnóstico de cultivos: propiedades económicas y enfoques para su ajuste. Guatemala. 278 p.
- 25 Saquinga Chango, SJ. 2012. Producción de tubérculo semilla de papa (*Solanum tuberosum*), categoría prebasica utilizando Biol en un sistema aeropónico en el Cantón Mejía, provincia de Pichincha. Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. 90 p.

## 2.10 Anexos

### 2.10.1 Análisis de laboratorio de todos los muestreos de tejido vegetal

#### Parte aérea

Cuadro 44A. Resultado nutricional del tejido vegetal de las tres repeticiones de la parte aérea durante todo el ciclo del cultivo aeropónico

Semana	Repetición	%						$\mu\text{g g}^{-1}$				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1 ( 0 días)	1	5.03	0.53	5.16	1.26	0.46	0.22	657	193	24	66	60
	2	4.54	0.75	5.53	1.19	0.44	0.22	802	169	26	68	62
	3	4.26	0.55	4.98	1.06	0.38	0.2	471	151	22	55	56
	$\bar{X}$	<b>4.61</b>	<b>0.61</b>	<b>5.2233</b>	<b>1.17</b>	<b>0.4267</b>	<b>0.2133</b>	<b>643.33</b>	<b>171</b>	<b>24</b>	<b>63</b>	<b>59.333</b>
2 ( 8 días)	1	4.45	0.3	4.25	0.81	0.32	0.21	412	109	11	32	70
	2	4.27	0.32	4.42	0.85	0.32	0.2	419	113	13	33	72
	3	4.21	0.42	4.48	0.58	0.33	0.21	450	121	14	36	73
	$\bar{X}$	<b>4.31</b>	<b>0.3467</b>	<b>4.3833</b>	<b>0.7467</b>	<b>0.3233</b>	<b>0.2067</b>	<b>427</b>	<b>114.33</b>	<b>12.667</b>	<b>33.667</b>	<b>71.667</b>
3 ( 16 días)	1	6.25	0.86	6.9	0.57	0.27	0.28	261	127	20	46	62
	2	6.15	0.89	6.96	0.54	0.28	0.26	172	132	19	46	69
	3	5.96	0.84	6.72	0.56	0.26	0.24	144	121	19	42	85
	$\bar{X}$	<b>6.12</b>	<b>0.86</b>	<b>6.86</b>	<b>0.56</b>	<b>0.27</b>	<b>0.26</b>	<b>192.33</b>	<b>126.67</b>	<b>19.33</b>	<b>44.67</b>	<b>72.00</b>
4 ( 24 días)	1	6.38	0.68	5.82	0.78	0.27	0.29	200	190	14	40	81
	2	5.91	0.66	6.9	0.88	0.3	0.26	205	213	15	41	100
	3	6.16	0.62	5.22	0.77	0.27	0.25	522	201	21	77	82
	$\bar{X}$	<b>6.15</b>	<b>0.65</b>	<b>5.98</b>	<b>0.81</b>	<b>0.28</b>	<b>0.27</b>	<b>309.00</b>	<b>201.33</b>	<b>16.67</b>	<b>52.67</b>	<b>87.67</b>
5 ( 32 días)	1	5.36	0.6	5.41	0.85	0.26	0.2	390	191	25	44	130
	2	5.94	0.63	6.47	0.93	0.29	0.23	190	206	22	46	108
	3	5.89	0.63	6.15	0.88	0.28	0.23	180	185	20	41	60
	$\bar{X}$	<b>5.73</b>	<b>0.62</b>	<b>6.01</b>	<b>0.89</b>	<b>0.28</b>	<b>0.22</b>	<b>253.33</b>	<b>194.00</b>	<b>22.33</b>	<b>43.67</b>	<b>99.33</b>
6 ( 40 días)	1	5.39	0.44	5.67	0.8	0.24	0.19	240	170	13	47	95
	2	5.54	0.44	6.1	0.81	0.25	0.22	175	165	12	36	82
	3	5.81	0.44	6.49	0.83	0.26	0.23	160	150	12	38	71
	$\bar{X}$	<b>5.58</b>	<b>0.44</b>	<b>6.09</b>	<b>0.81</b>	<b>0.25</b>	<b>0.21</b>	<b>191.67</b>	<b>161.67</b>	<b>12.33</b>	<b>40.33</b>	<b>82.67</b>
7 ( 48 días)	1	5.1	0.48	7.52	0.99	0.27	0.24	230	195	15	73	82
	2	5.16	0.47	7.68	0.93	0.26	0.26	220	190	14	68	73
	3	5.41	0.49	7.52	0.88	0.25	0.25	180	180	11	72	88
	$\bar{X}$	<b>5.22</b>	<b>0.48</b>	<b>7.57</b>	<b>0.93</b>	<b>0.26</b>	<b>0.25</b>	<b>210.00</b>	<b>188.33</b>	<b>13.33</b>	<b>71.00</b>	<b>81.00</b>
8 ( 56 días)	1	5.26	0.52	4.96	1.03	0.29	0.23	159	180	14	88	165
	2	5.28	0.51	4.69	0.86	0.25	0.23	141	155	11	75	160
	3	5.34	0.48	6.27	0.93	0.26	0.24	143	170	13	70	94
	$\bar{X}$	<b>5.29</b>	<b>0.50</b>	<b>5.31</b>	<b>0.94</b>	<b>0.27</b>	<b>0.23</b>	<b>147.67</b>	<b>168.33</b>	<b>12.67</b>	<b>77.67</b>	<b>139.67</b>

## Parte radical

Cuadro 45A. Resultado nutricional del tejido vegetal de la parte radical durante todo el ciclo del cultivo aeropónico

Fecha	Semana	Resultados de los análisis de laboratorio-parte radical										
		%						$\mu\text{g g}^{-1}$				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Oct 26 -0días	<b>1</b>	2.49	0.39	1.43	0.52	0.33	0.13	8350.0	273.0	30.0	48.0	51.0
Nov 3- 8 días	<b>2</b>	1.97	0.52	1.83	0.58	0.33	0.17	7960.0	205.0	69.0	103.0	98.0
Nov 10-16 días	<b>3</b>	3.240	0.770	3.720	0.710	0.340	0.270	7770.0	380.0	59.0	143.0	39.0
Nov 18-24 días	<b>4</b>	5.010	0.960	5.760	0.890	0.320	0.380	3219.0	388.0	67.0	208.0	42.0
Nov 26-32 días	<b>5</b>	4.010	0.850	4.130	1.230	0.320	0.440	2550.0	407.0	108.0	258.0	61.0
Dic 3-40 días	<b>6</b>	4.090	1.040	3.270	1.490	0.300	0.360	2525.0	503.0	112.0	450.0	47.0
Dic 11-48 días	<b>7</b>	3.800	1.020	4.960	2.770	0.650	0.510	2750.0	490.0	110.0	500.0	76.0
Dic 19-56 días	<b>8</b>	3.530	0.880	3.160	1.000	0.240	0.230	2800.0	395.0	123.0	450.0	48.0

### 2.10.2 Regresiones binarias

A continuación se presentan los resultados de las regresiones binarias donde se probaron las hipótesis de la igualdad de interceptos y de coeficientes.

#### Variable altura de planta

Arreglo binario:

Aeropónico	1
Edáfico	0

Resumen

<u>Estadísticas de la regresión</u>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.98360253
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.96747394
R <sup>2</sup> ajustado	0.95934243
Error típico	7.16884595
Observaciones	16

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	18343.7285	6114.57617	118.978329	3.42376E-09
Residuos	12	616.708226	51.3923522		
Total	15	18960.4367			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	2.33690476	4.62747016	0.50500699	0.62270009	
SEM	15.0042517	1.10617694	13.5640611	1.2212E-08	
SIS	0.88690476	6.54423106	0.13552467	0.8944439	No rech Ho.
(SEM*SIS)	-0.4585034	1.56437044	-0.29309132	0.77445903	No rech Ho.

### Variable diámetro de tallo

#### Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.90018202
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.81032766
R <sup>2</sup> ajustado	0.76290958
Error típico	0.8982766
Observaciones	16

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	41.3673867	13.7891289	17.0890002	0.000124942
Residuos	12	9.6828103	0.80690086		
Total	15	51.050197			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	3.36857143	0.57983505	5.80953394	8.3481E-05	
SEM	0.6027551	0.13860709	4.34865998	0.00094707	
SIS	-0.07245238	0.8200106	-0.08835542	0.93105161	No rech Ho.
(SEM*SIS)	0.16919048	0.19602003	0.86312853	0.4049877	No rech Ho.

### 2.10.3 Prueba de florero (Convencional y aeropónico) realizada por Uniflor

ENSAYO DE ATLANTIS DE LA UCO  
**Se montó directamente a prueba de florero.**

**Fecha de corte:** 24 de diciembre 2015.

**Fecha de Empaque:** 25 de diciembre 2015.

**Fecha De Finalización:** 07 enero 2016

**Duración:** 13 días

**Peso:** 300gr

**Puntos florales:** 27

**Diámetro cabeza floral:** 9 cm.

La flor al ingresar se observó con inicio de polinización en algunos ramos; el resto ingreso ajustado.

#### **CAMARA HUMEDA**

El resultado que mostro la prueba, fue la polinización de las flores y el resto salió en buen estado.



Figura 51. Prueba de cámara húmeda del sistema aeropónico.

## PRUEBAS DE FLORERO

Flor abierta y polinizada con maltrato en pétalos. El sépalo quemado en un 5% sin ocasionar daño. Todo el follaje quemado y las hojas bajas presentan un amarillamiento. Tallos medianos más que delgados (5 mm) con pedúnculos de 18 cm. En las bases del tallo se observa sobre hidratación y partiéndolo longitudinalmente se observa bueno.



Figura 52. Prueba de florero realizada en Uniflor.

## TESTIGOS

**Se montó directamente a prueba de florero.**

**Fecha de corte:** 24 de diciembre 2015.

**Fecha de Empaque:** 25 de diciembre 2015.

**Fecha De Finalización:** 07 enero 2016

**Duración:** 13 días

**Peso:** 300gr

**Puntos florales:** 27

**Diámetro:** 9 cm.

La flor al ingresar se observó con inicio de polinización en algunos ramos el resto ingreso ajustado.

## CAMARA HUMEDA

El resultado que nos arrojó fue polinización el resto salió en buen estado.



Figura 53. Prueba de cámara húmeda del testigo.



### 3.1 PRESENTACIÓN

Dentro del área de la floricultura a nivel mundial Colombia es un país que tiene una alta producción y por ello es un ejemplo para varios países en sus labores agrícolas, ya que realizan cada labor de una manera especializada y óptima para ir mejorando constantemente sus rendimientos.

Encontrando previamente en el capítulo I del presente documento, varios factores que influyen en el desarrollo del cultivo dentro de la finca, determinando que los más recurrentes e importantes son las características físicas y químicas del suelo, las cuales influyen directamente en la calidad de los tallos y flores del cultivo.

Con el fin de apoyar en la mitigación de la problemática, se plantearon diversos servicios que apoyaran en el control y fortalecimiento del desarrollo de las diferentes actividades que se desarrollan dentro de la finca

Para mejorar los rendimientos y calidades en diversidad de flores que se cultivan en Colombia la mayoría de fincas se disponen a realizar ensayos constantemente para evaluar el comportamiento de las plantas en cada tratamiento y con los resultados tomar decisiones de cuál es el mejor para las condiciones específicas del cultivo y finca, tal como lo realiza constantemente la finca Uniflor donde se realizaron los siguientes servicios con dos énfasis:

- a) Mejorar los proceso que ya se realizan en la finca
- b) Implementar nuevos proceso para mejora en la finca

## 3.2 SERVICIOS PRESTADOS

### 3.2.1 Prueba de dos fórmulas de fertirriego

En Uniflor se utilizan dos tipos de fórmula, planta pequeña desde la siembra hasta la cuarta semana (F1), la segunda es para planta grande desde la cuarta hasta la séptima semana (F2). Para optimizar costos se propuso eliminar el azufre de la F1 para reducir costos ya que en el suelo se ubicaba en niveles altos y también que la F2 contiene concentraciones bajas de azufre.

#### 3.2.1.1 Objetivos

Contribuir a la implementación de una fórmula más económica para la finca ya que no contiene azufre.

#### 3.2.1.2 Metodología

Se realizó un análisis de varianza binaria, con la variable altura de planta que es el dato que interesa a la finca con respecto a dicha fórmula de fertilizante.

El inicio de la aplicación de la fórmula nueva es 17/03/2015. Y las fechas de siembra de los esquejes están variadas desde el día 12 al día 18 de Marzo.

En el cuadro 46, se observan las diferentes variedades con sus fechas de siembra.

Cuadro 46. Fecha de siembras de las diferentes variedades.

Variedades	Fecha de siembra	
	Testigo (F.91)	Tratamiento (F.95)
-Lolita	12 Marzo 2015	12 Marzo 2015
-Energy	13 Marzo 2015	13 Marzo 2015
-Athos	14 Marzo 2015	14 Marzo 2015
-Forest	18 Marzo 2015	18 Marzo 2015

En el cuadro 47, se observa la distribución del ensayo en el bloque 10.

Cuadro 47. Distribución del ensayo en el bloque.

Formula 1	Bloque 10	Camas
91 (actual)	Testigo	128, 129, 132, 133, 136
95 (nueva)	Tratamiento	127, 130, 131, 134, 135

### 3.2.1.3 Resultados

En el bloque 10 se realizó la prueba para determinar si existe alguna diferencia significativa, al utilizar una fórmula nueva (F.95) comparada con la formula actual (F.91). Las cuales contienen diferentes partes por millón de cada elemento.

Cuadro 48. Concentraciones de fertilizantes de ambos tratamientos ppm.

	N	K	MgO	S	Cu	Fe	Mo
F.95	275	200	80	0	0.3	3.5	0.1
F.91	300	220	90	81	0.4	3	0.1



Forma de aplicación con  
 Dosatron calibrado a  
 1:100  
 (Litro de formula por 100 litros de agua).

Figura 54. Aplicación en campo de la prueba de F1 con el Dosatron.

La forma de realizar la mezcla de la fórmula con el agua para dosificarla con el Dosatron tiene un orden específico (ver cuadro 49).

Cuadro 49. Orden de mezcla de la formula con el agua.

Descripción	Cantidad (L) por 5 camas.
Agua	6
Fórmula	6
Total de mezcla	12

Se verifico la conductividad eléctrica, al momento de regar con la formula nueva donde presento un valor promedio de (1.9 mmhos/cm).

Los resultados obtenidos por las cuatro semanas fueron analizados basándose en la comparando las medias de las regresiones utilizando el método de variables binarias.

Las hipótesis a evaluar se presentan a continuación.

Con respecto al intercepto:

$$H_0 \text{ (nula): } \alpha_{F.91} = \alpha_{F.95}$$

$$H_a \text{ (alterna): } \alpha_{F.91} \neq \alpha_{F.95}$$

Con respecto al coeficiente beta:

$$H_0 \text{ (nula): } \beta_{F.91} = \beta_{F.95}$$

$$H_a \text{ (alterna): } \beta_{F.91} \neq \beta_{F.95}$$

### ANÁLISIS DE REGRESIÓN POR MEDIO DE VARIABLES BINARIAS

El modelo a evaluar en este sistema es el siguiente:

Y = Altura en centímetro

Semana = Semanas después de la siembra

Formula = F.91 Y F.95 (Forma binaria)

$$Y = \gamma + \delta_1 \text{Semana} + \delta_2 \text{Formula} + \delta_3 (\text{Semana} * \text{Formula})$$

Le asignamos la siguiente denominación a las variable Formula en una forma binaria y es son las siguientes: 1 = F.91 y 0 = F.95

- Cuando la fórmula es la **F.91** en la función se le asigna el valor de “1” y queda de la siguiente manera:

$$Y = \gamma + \delta_1 \textit{Semana} + \delta_2 \textit{Formula} + \delta_3 (\textit{Semana} * \textit{Formula})$$

$$Y = \gamma + \delta_1 \textit{Semana} + \delta_2 (1) + \delta_3 (\textit{Semana} * [1])$$

$$Y = \gamma + \delta_1 \textit{Semana} + \delta_2 + \delta_3 (\textit{Semana})$$

Luego se agrupan por semejantes y se separa en el intercepto y el coeficiente

$$Y(\mathbf{F.91}) = (\gamma + \delta_2) + (\delta_3 + \delta_1)\textit{Semana}$$

Se observa la característica del intercepto que es de  $(\gamma + \delta_2)$  y el del coeficiente que es el de  $(\delta_3 + \delta_1)$ .

- Cuando la fórmula es la **F.95** en la función se le asigna el valor de “0” y queda de la siguiente manera:

$$Y = \gamma + \delta_1 \textit{Semana} + \delta_2 \textit{Formula} + \delta_3 (\textit{Semana} * \textit{Formula})$$

$$Y = \gamma + \delta_1 \textit{Semana} + \delta_2 (0) + \delta_3 (\textit{Semana} * [0])$$

$$Y = \gamma + \delta_1 \textit{Semana}$$

Luego se agrupan por semejantes y se separa en el intercepto y el coeficiente

$$Y(\mathbf{F.95}) = \gamma + \delta_1 \textit{Semana}$$

Se observa la característica del intercepto que es de  $(\gamma)$  y el del coeficiente que es el de  $(\delta_1)$ .

Función binaria de F.91	Función binaria de F.95
$Y(\mathbf{F.91}) = (\gamma + \delta_2) + (\delta_3 + \delta_1)\textit{Semana}$	$Y(\mathbf{F.95}) = \gamma + \delta_1 \textit{Semana}$

- Luego de plantear los modelos binarios se procede a correr el análisis binario y se obtuvieron los siguientes resultados:

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.93928243
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.88225149
R <sup>2</sup> ajustado	0.87841187
Error típico	5.64100043
Observaciones	96

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	21934.9718	7311.65728	229.775416	1.3326E-42
Residuos	92	2927.5215	31.8208859		
Total	95	24862.4933			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
<b>Y</b> Intercepción	-7.375	1.99439483	-3.69786358	0.00036952	
d1 Semana	13.8358333	0.72825002	18.9987406	1.3269E-33	
d2 Formula	1.8375	2.82050022	0.65148018	0.51636067	No Rechaza la Ho.
d3 Sem * Form	-0.64	1.02990106	-0.62141892	0.53586079	No Rechaza la Ho.

Con este resultado se procede a replantear las funciones binarias

<i>Función binaria de F.91</i>	<i>Función binaria de F.95</i>
$Y(F.91) = (\gamma) + (\delta_1)Semana$	$Y(F.95) = \gamma + \delta_1Semana$

Y se obtiene que ambas funciones binarias presentan las mismas características de intercepto y coeficiente beta, también el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> también es aprobado para la proporción de ajuste.

<i>Función binaria de F.91</i>	<i>Función binaria de F.95</i>
$Y(F.91) = (-7.375) + (13.83)\beta$	$Y(F.95) = (-7.375) + (13.83)\beta$

Grafica de la altura promedio con respecto del tiempo utilizando las dos fórmulas de fertilizantes evaluados (ver figura 55 y 56).

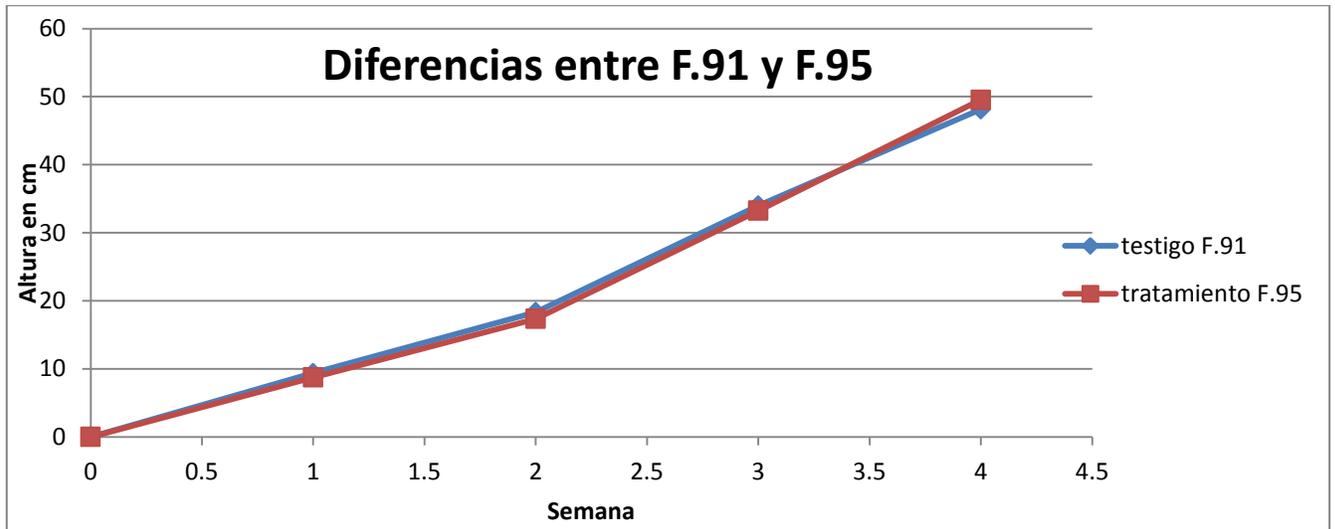


Figura 55. Altura de planta en ambos tratamientos de fórmula 1.

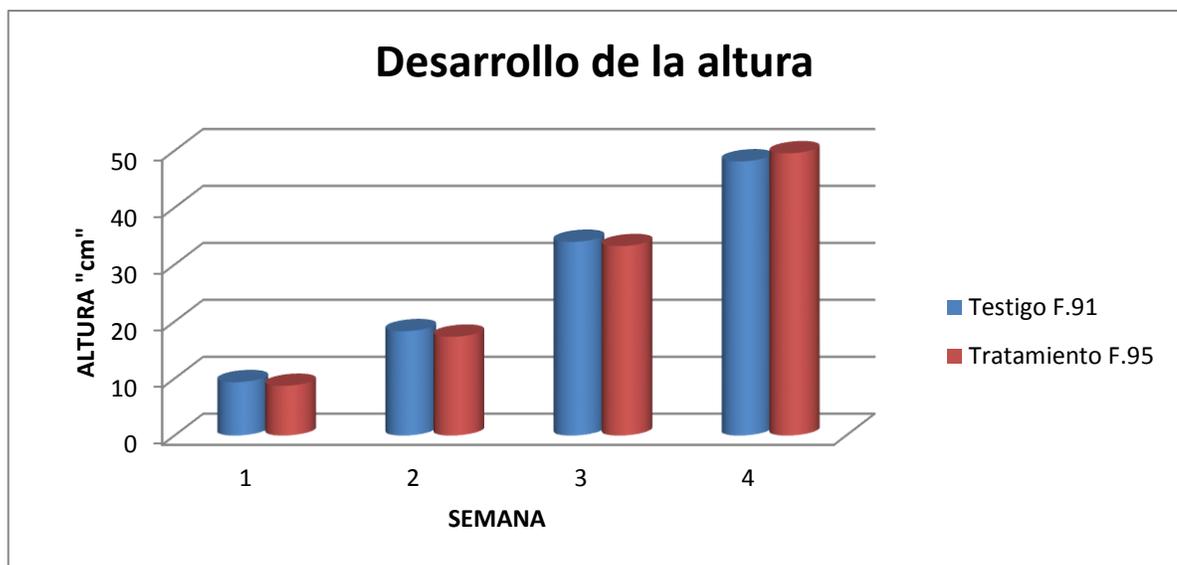


Figura 56. Comparación semanal de altura de planta en ambas fórmulas.

### 3.2.1.4 Conclusiones

Basándonos en los resultados del análisis binario se puede concluir, que no existe diferencia significativa entre las funciones de respuesta de cada fórmula de fertilizante y por eso la decisión es optar por la que no contiene azufre porque es más económica.

Con respecto a la altura de las plantas obtienen los mismos resultados aplicando la fórmula 91 que la fórmula 95.

### 3.2.2 Protocolo de muestro en el área de bancos de enraizamientos de Uniflor.

En la finca es muy importante la medición de pH y conductividad eléctrica debido a que son parámetros en los que se pueden tomar decisiones con respecto a la fertilización y el riego de las plantas en el caso de exceso de sales que lo demuestran con la conductividad eléctrica.

#### 3.2.2.1 Objetivos

Crear una metodología apropiada para la extracción de muestras de suelos en el área de bancos y el procesamiento de los datos en gráficas.

#### 3.2.2.2 Resultados

Los parámetros a analizar en el área de bancos de Uniflor 2, son los de pH y los de Conductividad eléctrica (C.E.) para los cuales es necesaria la recolección de muestras representativas del área de estudio.

Muestra:

Es el subconjunto de una población, que manifiesta las mismas características de la población original de donde fue extraída. Los requisitos deseables de una buena muestra son: representatividad y confiabilidad. Lo primero se consigue a través de la selección del tipo de muestreo adecuado, en tanto que la confiabilidad está referida al tamaño de la muestra.

Estimadores:

Los estimadores para las muestras son dos, el de pH y el de C.E.

Metodología:

La metodología a realizar para la recolección de la muestra es la siguiente:

1. Se selecciona **una bandeja** por cada Lote en el área de bancos
2. Luego se extraen **25 celdas de suelo por bandeja** utilizando una cuchara
3. Se coloca las 25 unidades de suelo en una **bolsa plástica y se mezclan para homogenizar**. Y así tener una muestra con mayor representatividad de la población de cada Lote

4. Luego de la bolsa se **extrae la muestra definitiva** (Medida del laboratorio) y se **dispone a secarla** en el microondas por un tiempo aproximado de 6 minutos
5. La muestra definitiva ya seca se **coloca** en un **vaso**
6. Luego se le incorpora agua a una proporción de (2:1) dos partes de agua y una parte de suelo
7. Se **mezcla** en el vaso y se **deja reposar** por 24 horas.
8. Luego del reposo se dispone a **tomar la lectura** de **pH** y Conductividad Eléctrica (**C.E.**).
9. Tabulan los datos e ingresan al sistema.

La frecuencia de muestreo será la siguiente:

Se realizarán tres muestreos, en diferentes etapas de tiempo de cada Lote identificándolas de las siguientes maneras:

- Semana cero: al momento de la siembra
- Semana uno: una semana después de la siembra
- Semana dos: dos semanas luego de la siembra

### Ejemplo:

Cuadro de pH y CE en bancos de Uniflor 2, identificados por LOTE. Dichos datos serán recolectados en campo basándonos en la metodología de muestreo que se describió con anterioridad.

Cuadro 50. Ejemplo de la tabulación de datos de pH y conductividad eléctrica.

LOTE	LOTE 1		LOTE 2	
semana	pH	CE	pH	CE
0	5.5	0.25	5.4	0.25
1	5.4	0.3	6	0.3
2	5.8	0.3	6.5	0.4

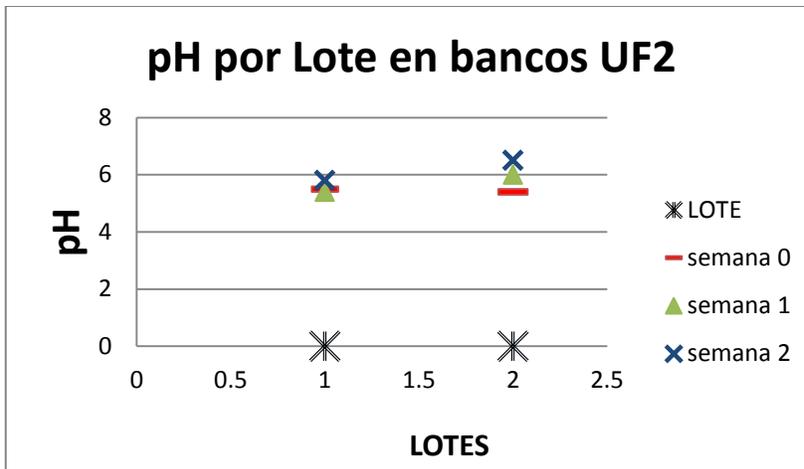


Figura 57. Gráfica de pH en Bancos de Uniflor 2, tomando en cuenta la semana después de la siembra.

Al igual que se realizó la gráfica anterior con el pH así mismo se realizara la de la CE. En cada lote ubicado en bancos de UF2.

Esta grafica nos ayuda a determinar los cambios que existieron en cada semana visualizándolos de una manera vertical de cada lote para ir verificando la tendencia de los lotes ubicado en el área de bancos.

### 3.2.3 Plano de camas aeropónicas para la finca Uniflor

Para la finca los sistemas aeropónicos marcaran tendencia para la optimización de recursos en las empresas y debido a eso la empresa necesita un diseño adaptado a las condiciones de la finca.

#### 3.2.3.1 Objetivos

Realizar un plano de camas aeropónicas que cumpla las necesidades de la finca.

#### 3.2.3.2 Resultados

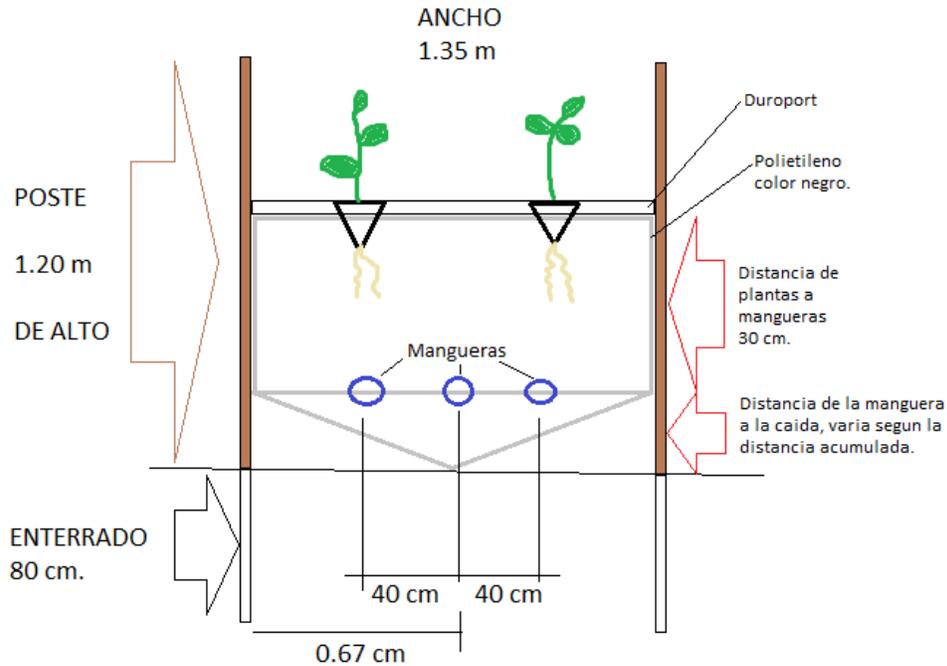


Figura 58. Vista frontal del diseño de una cama aeropónica.

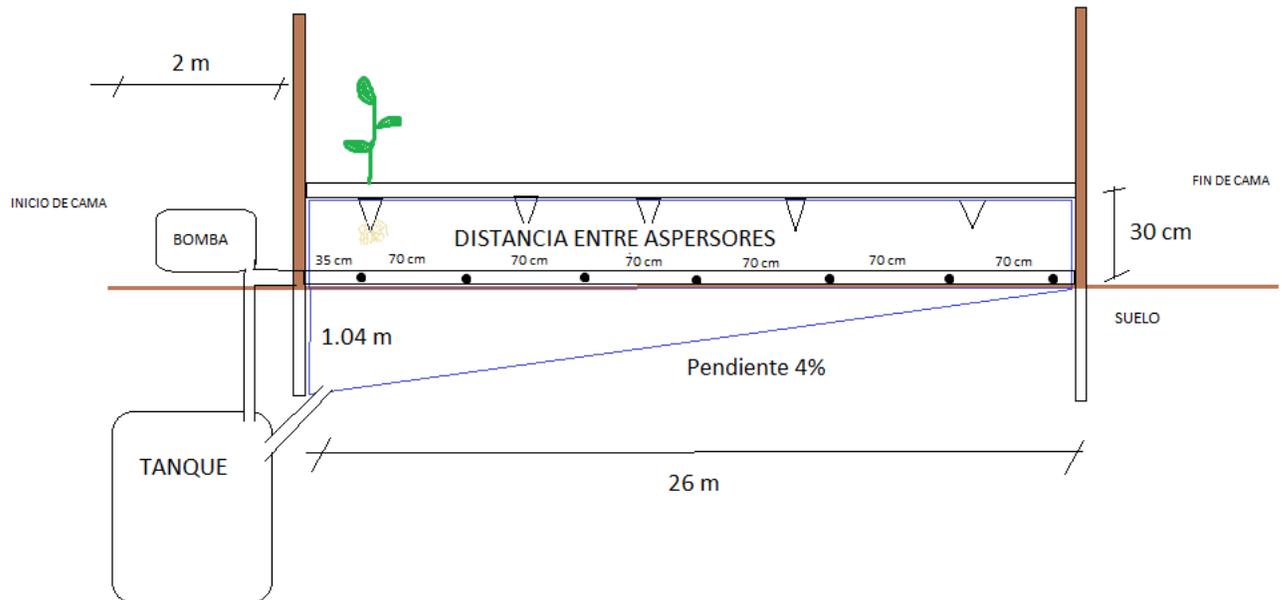


Figura 59. Vista lateral del diseño de una cama aeropónica.

El diseño propuesto de las camas aeropónicas en la finca Uniflor, está condicionado a la mejor manera para poder utilizarse en las instalaciones de la finca (ver figuras 58 y 59).

Dentro de los factores importantes dentro de una cama aeropónica es la pendiente para recolectar y reciclar el agua de fertirriego, también los tiempos de riego dependiendo la temperatura dentro del invernadero.

### 3.2.3.3 Conclusiones

El plano realizado cumplió los requisitos de la empresa tales como largo de la cama ancho y todas las dimensiones para la utilización óptima de los espacios de los invernaderos, en un futuro implementaran el primer prototipo de una cama aeropónica en la finca.

### 3.2.4 Prueba de Aglomerados

En la finca se enraízan los esquejes en un sustrato de tierra negra con una combinación con arena, lo cual se puso a prueba con unos aglomerados para evaluar el efecto en las plantas hasta el momento de corte.

#### 3.2.4.1 Objetivos

Evaluar el sustrato de aglomerados como un sustituto del sustrato convencional utilizado en la finca.

#### 3.2.4.2 Metodología

Se sembraron los esquejes en los aglomerados para enraizarlos hasta darles el seguimiento correcto en campo, lo cual duro aproximadamente diez semanas desde las siembras de los esquejes.

#### 3.2.4.3 Resultados

##### LONGITUD DE TALLO

Entre los tratamientos evaluados, el que presentó mayor longitud de los tallos fue el tratamiento con Aglomerados, seguido del testigo como se aprecia en el siguiente gráfico:

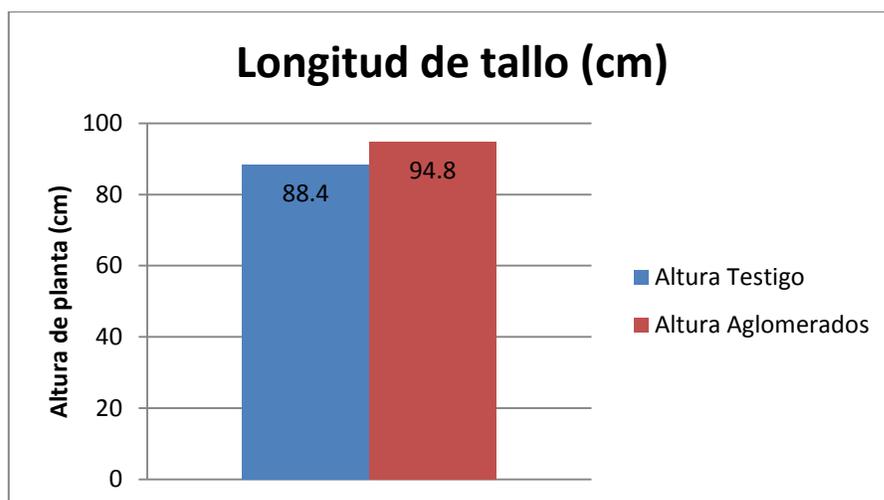


Figura 60. Longitud del tallo.

## Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de prueba de hipótesis comparando las medias del factor de longitud de tallo, utilizando el programa estadístico INFOSTAT para poder determinar si se acepta o rechaza la hipótesis nula.

Prueba de T (Hipótesis de medias independientes)	Prueba F (Igualdad de varianzas)
-Hipótesis nula ( $H_0$ ): $\mu_1 = \mu_2$ -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): $\mu_1 \neq \mu_2$	-Hipótesis nula ( $H_0$ ): $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

**Prueba de T:** Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

**Prueba de F:** Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (pHomVar) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

### Prueba T para muestras Independientes

Variable:Altura - Clasific:Tratamiento - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2	
	Aglomerados Testigo		
n	5	5	
Media	94.80	88.40	
Varianza	12.70	3.30	
Media (1) -Media (2)	6.40		
pHomVar	0.2201		Mayor a "0.05"
T	3.58		
p-valor	0.0072		Menor a "0.05"

Según el valor de (0.2201) en la “prueba de F”, NO se rechaza la (Ho) y se concluye que ambos tratamientos tienen la misma varianza, y según el valor de (0.0072), SI se rechaza la (Ho) y se acepta la (Ha). Y se concluye que existe una diferencia en las medias de las muestras de ambos tratamientos, donde la media de la muestra donde se utilizó Aglomerados fue significativamente mayor que la testigo en la variable estudiada.

#### NÚMERO DE BOTONES PROMEDIO POR TALLO

Entre los dos tratamientos el que presentó el mayor número de puntos florales promedio fue tratamiento con Aglomerados con un (0.4) superior al testigo, como se aprecia en el siguiente gráfico:

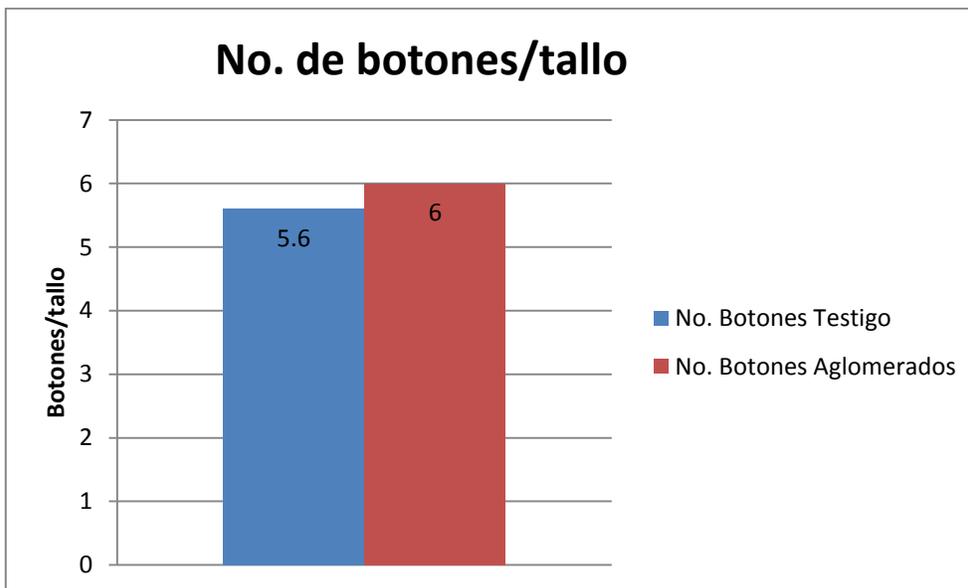


Figura 61. Numero de botones por tallo.

#### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de prueba de hipótesis comparando las medias del factor número de botones por tallo, utilizando el programa estadístico INFOSTAT para poder determinar si se acepta o rechaza la hipótesis nula.

Prueba de Wilcoxon (muestras independientes)	Prueba F (Igualdad de varianzas)
- Hipótesis nula (Ho): <b>Mediana<sub>1</sub> = Mediana<sub>2</sub></b> - Hipótesis alterna (Ha): <b>Mediana<sub>1</sub> ≠ Mediana<sub>2</sub></b>	- Hipótesis nula (Ho): <b><math>\sigma_1^2 = \sigma_2^2</math></b> - Hipótesis alterna (Ha): <b><math>\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2</math></b>

Prueba de Wilcoxon: Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión

Prueba de F: Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el ( $p_{HomVar}$  = prueba de homogeneidad de varianzas) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

#### Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	n (1)	n (2)	Var (1)	Var (2)	F	p	prueba
No. Botones	{Aglomerados}	{Testigo}	5	5	0.50	0.30	1.67	0.6328	Bilateral

Mayor a "0.05"

#### Prueba de Wilcoxon para muestras independientes

*Cálculo exacto de probabilidades*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	W	p (2 colas)
Tratamiento	No. Botones	Aglomerados	Testigo	6.00	5.60	31.50	0.6429

Según el valor de (0.6328 y 0.6429), NO se rechaza la ( $H_0$ ) de ambas pruebas y se concluye que ambos tratamientos tienen el mismo efecto sobre la mediana de la variable evaluada y ambos tienen la misma varianza, y estadísticamente no tienen diferencia significativa sobre la variable estudiada.

#### DIAMETRO DEL TALLO PROMEDIO

Entre los dos tratamientos el que presentó el mayor diámetro de tallo fue tratamiento con Aglomerados con un (0.28) superior al testigo, como se aprecia en el siguiente gráfico:

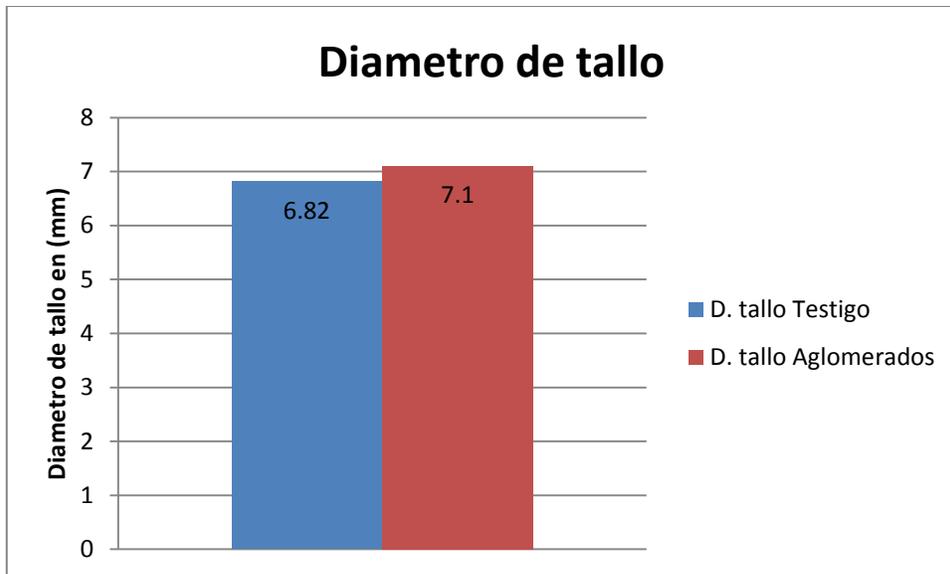


Figura 62. Diámetro de tallo

#### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de prueba de hipótesis comparando las medias del factor diámetro del tallo, utilizando el programa estadístico INFOSTAT para poder determinar si se acepta o rechaza la hipótesis nula.

Prueba de T (Hipótesis de medias independientes)	Prueba F (Igualdad de varianzas)
-Hipótesis nula ( $H_0$ ): $\mu_1 = \mu_2$ -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): $\mu_1 \neq \mu_2$	-Hipótesis nula ( $H_0$ ): $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

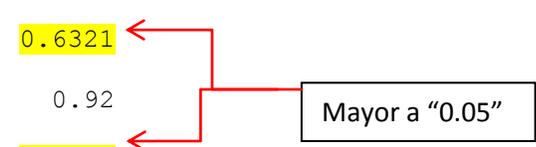
Prueba de T: Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

Prueba de F: Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (pHomVar = prueba de homogeneidad de varianzas) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

### Prueba T para muestras Independientes

Variable:D. Tallo - Clasific:Tratamiento - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Aglomerados	Testigo
n	5	5
Media	7.10	6.82
Varianza	0.18	0.29
Media (1) -Media (2)	0.28	
pHomVar	0.6321	
T	0.92	
p-valor	0.3864	



Según el valor de (0.6321 y 0.3864), NO se rechaza la ( $H_0$ ) de ambas pruebas y se concluye que ambos tratamientos tienen el mismo efecto sobre la media de la variable evaluada y ambos tienen la misma varianza, y estadísticamente no tienen diferencia significativa sobre la variable estudiada.

### PESO FRESCO DE RAIZ POR TALLO

Entre los dos tratamientos se presentó un mayor peso fresco de raíz el tratamiento de Aglomerados con respecto al testigo, como se aprecia en el siguiente gráfico:

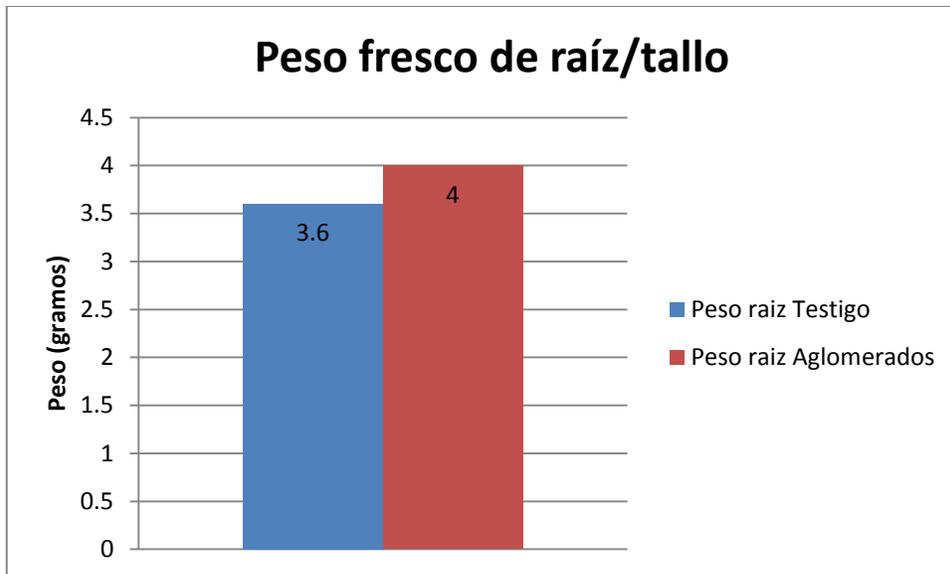


Figura 63. Peso fresco de raíz por tallo.

#### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de prueba de hipótesis comparando las medianas del factor puntos hábiles por tallo, utilizando el programa estadístico INFOSTAT para poder determinar si se acepta o rechaza la hipótesis nula.

Prueba de Wilcoxon (muestras independientes)	Prueba F (Igualdad de varianzas)
-Hipótesis nula ( $H_0$ ): <b>Mediana<sub>1</sub> = Mediana<sub>2</sub></b> -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): <b>Mediana<sub>1</sub> ≠ Mediana<sub>2</sub></b>	-Hipótesis nula ( $H_0$ ): <b><math>\sigma_1^2 = \sigma_2^2</math></b> -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): <b><math>\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2</math></b>

Prueba de Wilcoxon: Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

Prueba de F: Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
Peso Raíz	{Aglomerados}	{Testigo}	5	5	2.00	0.80	2.50	0.3965	Bilateral

Prueba de Wilcoxon para muestras independientes

*Cálculo exacto de probabilidades*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
Tratamiento	Peso Raíz	Aglomerados	Testigo	5	5	1.41	0.89	29.50	>0.9999

Según el valor de (0.3965 y 0.999), NO se rechaza la (Ho) de ambas pruebas y se concluye que ambos tratamientos tienen el mismo efecto sobre la mediana de la variable evaluada y ambos tienen la misma varianza, y estadísticamente no tienen diferencia significativa sobre la variable estudiada.



Figura 64. Fotografías del tratamiento y del testigo antes de cortes (A y B) y durante el corte (C y D).

En las fotografías anteriores se puede corroborar los resultados estadísticos, ya que se observa que en dicha cama del bloque 2 (Aglomerados y Testigo) tuvieron el comportamiento y desarrollo del cultivo fue muy similar fundamentado en el análisis de varianza realizado, solamente la variable que presento significancia fue la de longitud de tallo (ver figuras 64, 65 y 66).

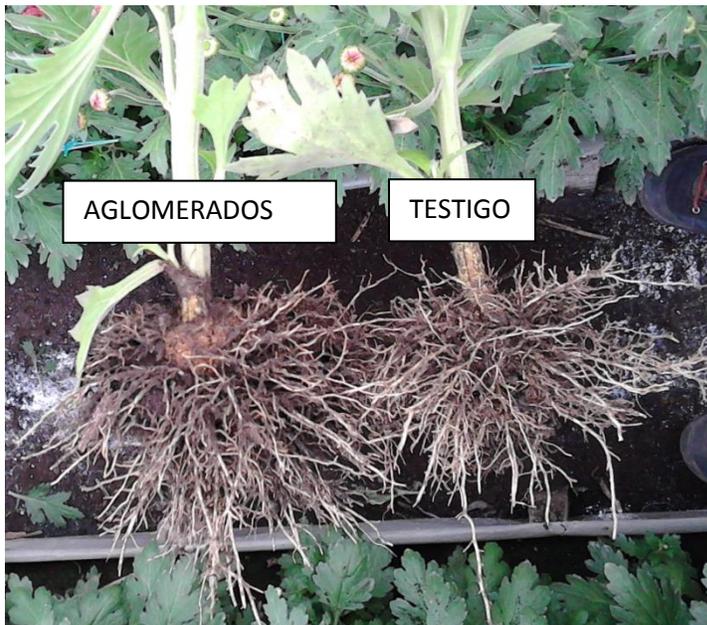


Figura 65. Fotografía en campo de aglomerados (izquierda) y testigo (derecha).

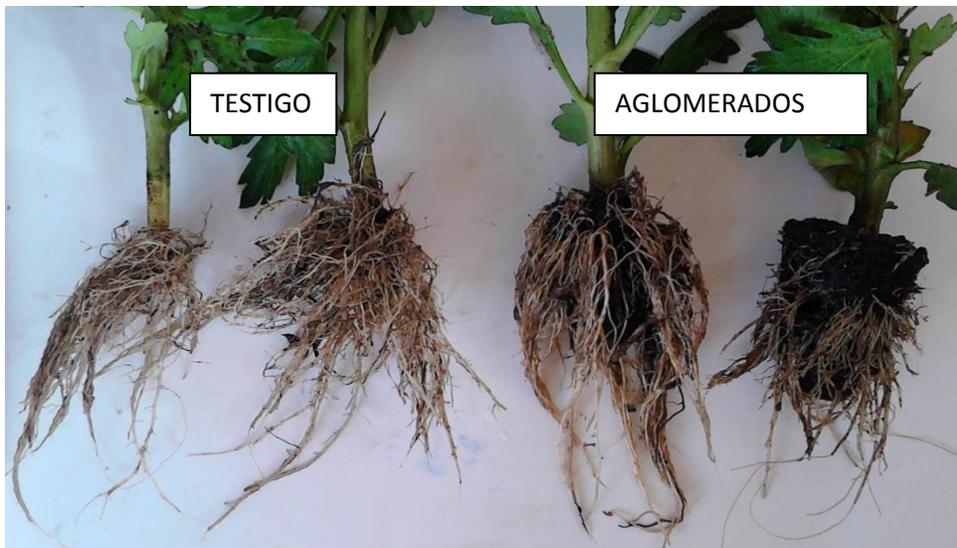


Figura 66. Diferencias visuales de dicha prueba.



Figura 67. Residuos del aglomerado en la cama luego del corte.

En la figura 67 se observan los residuos de los aglomerados que pueden causar inconvenientes luego del corte de la flor, ya que por ser un material difícil de mezclar y picar en el suelo se perdería mano de obra en la limpia de dichos residuos que puede ser perjudicial para la empresa.

### Conclusiones

- En la variable de respuesta longitud del tallo, se obtuvo diferencia significativa según las pruebas de hipótesis de la variable utilizando el Software estadístico Infostat, en el cual el tratamiento de Aglomerados obtuvo una mayor media que la del testigo, se concluye que estadísticamente se produce una mayor altura utilizando Aglomerados.
- En la variable de respuesta número de botones promedio por tallo, no se rechazó la hipótesis nula por lo tanto el tratamiento de Aglomerados y el testigo producen el mismo efecto sobre dicha variable de respuesta.
- En la variable de respuesta peso fresco de la raíz por tallo, no se rechazó la hipótesis nula por lo tanto el tratamiento de Aglomerados y el testigo producen el mismo efecto sobre dicha variable de respuesta.

- En la variable de respuesta diámetro promedio de tallo, no se rechazó la hipótesis nula por lo tanto el tratamiento de Aglomerados y el testigo producen el mismo efecto sobre dicha variable de respuesta.

### Evaluación

Tomando como base todo lo anterior se puede inferir que utilizar aglomerados tiene los mismos rendimientos que al utilizar el método convencional de la empresa, que es mucho más económico por que el sustrato se obtiene de un distribuidor local que nos ofrece siempre las características que desea la empresa para producir sus plántulas.

Debido a los inconvenientes y a ninguna diferencia significativa en la producción en campo la empresa continúa realizando las plántulas de la manera convencional.

### 3.2.4 Prueba con dióxido de cloro

La desinfección del suelo es un proceso importante en el cultivo del crisantemo, ya que en el suelo existen plagas como los nematodos y enfermedades como el fusarium que afectan grandemente los rendimientos del cultivo del crisantemo.

El método convencional de la desinfección del suelo en Uniflor es utilizar un producto químico llamado Basamid® el cual representa un costo elevado para la producción y un tiempo perdido en campo ya que se debe dejar cubierto el suelo por quince días luego de la aplicación del producto y para ello se realizó esta prueba con otro químico que puede reducir el tiempo perdido en campo, y debido a eso se evaluaron las densidad de los nematodos en el suelo y la incidencia del patógeno en el conducto vascular de las plantas.

#### 3.2.5.1 Objetivos

- Determinar si el dióxido de cloro tiene un papel como nematicidas en el suelo.
- Determinar si el dióxido de cloro tiene un papel de fungicida en el suelo.
- Identificar el mejor tratamiento entre el Basamid y Dióxido de cloro para desinfectar el suelo en la finca.

#### 3.2.5.2 Metodología

La unidad experimental se compone de tres camas enumeradas como la 5, 12 y 16 del bloque 1 en Uniflor 2, donde se segmentaron los tratamientos de la siguiente manera: en la cama 12 y 16 la esterilización de la cama se realizó con un drench de Dióxido de cloro a 40ppm, en la primer mitad de la cama se realizó pre siembra y a la siguiente mitad post siembra. La cama 12 fue regada durante todo el ciclo con (agua quebrada + dióxido de cloro) mientras la 16 con agua de la quebrada, mientras la cama 5 se utilizó el sistema convencional o testigo donde el agua de riego pertenece a la fuente de la quebrada y la desinfección del suelo es con Basamid®. Todas las camas en sus riegos contuvieron formulas (1 y 2) dosificadas con el Dosatron y la testigo por el sistema de riego.

Finalizando el ciclo de producción, se tomaron plantas de manera aleatoria, abarcando todos los cuadros de la cama y evitando tomar plantas del primer y último cuadro por el efecto borde, para obtener los datos de las diferentes variables de respuestas y se procedió a realizar un análisis de estadística descriptiva de cada tratamiento en cada variable de respuesta estudiada y con la variable de desarrollo de nematodos con respecto al tiempo se realizó un análisis de regresión en forma binaria.

### 3.2.5.3 Resultados

#### LONGITUD DE TALLO

Entre los cinco tratamientos evaluados, el que presentó mayor longitud de los tallos fue el tratamiento "Testigo" superior en (7.9cm) con el segundo puesto que lo obtuvo la cama 12 con un drench post siembra (ver figura 68).

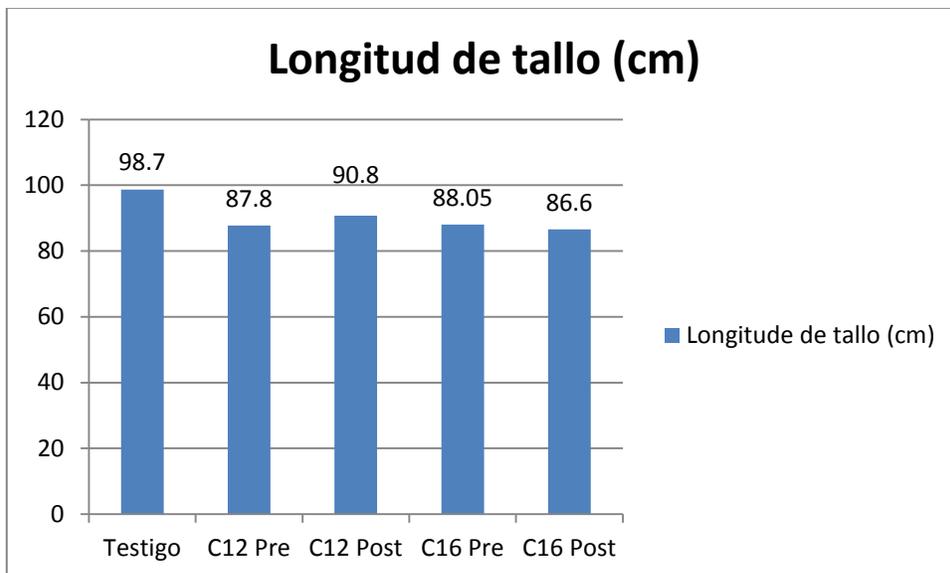


Figura 68. Longitud de tallo de cada tratamiento.

#### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de prueba de hipótesis comparando las medias del factor de longitud de tallo, utilizando el programa estadístico InfoStat® para poder determinar si se acepta lo rechaza la hipótesis nula.

Prueba de T (Hipótesis de medias independientes)	Prueba F (Igualdad de varianzas)
-Hipótesis nula (Ho): $\mu_1 = \mu_2$ -Hipótesis alterna (Ha): $\mu_1 \neq \mu_2$	-Hipótesis nula (Ho): $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ -Hipótesis alterna (Ha): $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Prueba de T: Criterio de rechazo de (Ho), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la (Ho) y se realiza la conclusión.

Prueba de F: Criterio de rechazo de (Ho), si el (pHomVar) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la (Ho) y se realiza la conclusión.

#### Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Tratamiento	Altura	{C12 Post}	{C12 Pre}	9.29	7.96	0.8212	2.28	0.0347	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C12 Post}	{C16 Post}	9.29	22.71	0.1991	2.35	0.0305	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C12 Post}	{C16 Pre}	9.29	6.58	0.6159	2.18	0.0425	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C12 Post}	{Testigo}	9.29	6.01	0.5270	-6.39	<0.0001	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C12 Pre}	{C16 Post}	7.96	22.71	0.1340	0.69	0.5019	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C12 Pre}	{C16 Pre}	7.96	6.58	0.7821	-0.21	0.8381	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C12 Pre}	{Testigo}	7.96	6.01	0.6831	-9.22	<0.0001	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C16 Post}	{C16 Pre}	22.71	6.58	0.0792	-0.85	0.4080	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C16 Post}	{Testigo}	22.71	6.01	0.0606	-7.14	<0.0001	Bilateral
Tratamiento	Altura	{C16 Pre}	{Testigo}	6.58	6.01	0.8950	-9.49	<0.0001	Bilateral

Según los valores (<0.0001) en la “prueba de T” son muy significativos, por lo tanto Si se rechaza la (Ho) y se acepta la (Ha) concluyendo que existe diferencia significativa en dichas pruebas, teniendo un factor en común todas ellas el tratamiento “Testigo” y con eso podemos definir qué este tratamiento es el que tiene la mayor media significativamente comparado con los otros y produce un efecto significativo con la variable estudiada.

En la prueba de “F” podemos observar que todos los valores de (pHomVar) son mayores a “0.05” y podemos concluir que todos los tratamientos tienen varianzas iguales.

#### NÚMERO DE BOTONES FLORALES PROMEDIO POR TALLO:

Entre los cinco tratamientos el que presentó el mayor número botones por tallo fue “C12 Pre” con una diferencia de (0.3) del testigo y (0.4) de la media más baja como se aprecia en el siguiente gráfico:

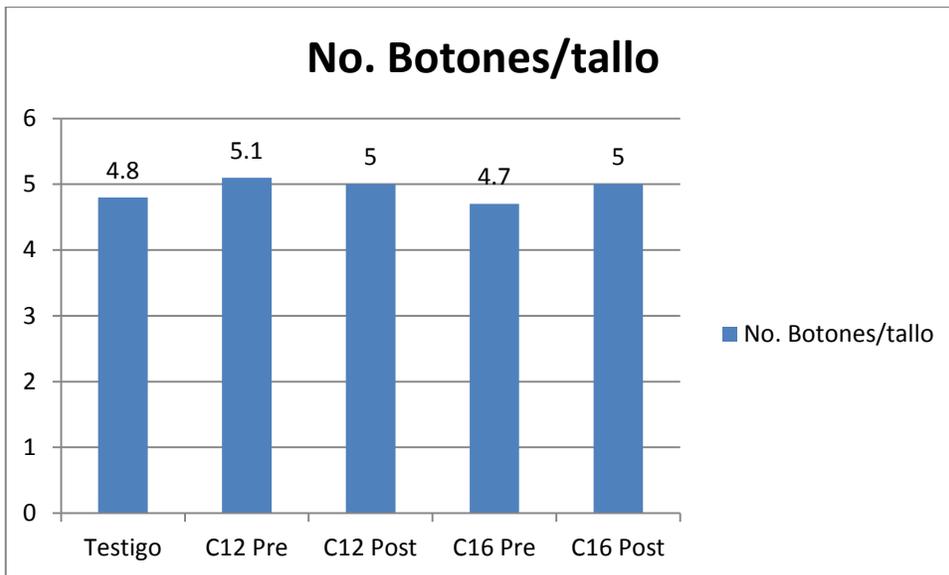


Figura 69. Botones por tallo de cada tratamiento.

#### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de estadística descriptiva en InfoStat, de la variable: número de botones por tallo.

##### Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var (n-1)	CV
C12 Post	No. Bot.	10	5.00	0.94	0.89	18.86
C12 Pre	No. Bot.	10	5.10	0.74	0.54	14.47
C16 Post	No. Bot.	10	5.00	0.67	0.44	13.33
C16 Pre	No. Bot.	10	4.70	0.67	0.46	14.36
Testigo	No. Bot.	10	4.80	0.42	0.18	8.78

Se puede observar que las medias en todos los casos tienen diferencias mínimas y por lo tanto podemos concluir que no existe un tratamiento que realice un efecto significativo sobre esta variable analizada, ya que todas poseen un comportamiento muy similar entre ellas. El coeficiente de variación de los tratamientos se encuentran en el rango de precisión aceptable y muy preciso.

Cuadro 51. Clasificación de los coeficientes de variación.

<b>Coefficiente de variación</b>	<b>Precisión</b>
≤ 7 %	Muy preciso
8 a 14 %	Precisión aceptable
15 a 20 %	Precisión regular
>20%	Poco preciso (solo fines descriptivos)

Fuente: DANE, Estimación e interpretación del CV (2008).

#### DIAMETRO DEL TALLO PROMEDIO:

Entre los cinco tratamientos, el que presentó una media mayor al testigo fue "C12 Post" teniendo una diferencia mínima de (0.16mm) como se aprecia en el siguiente gráfico:

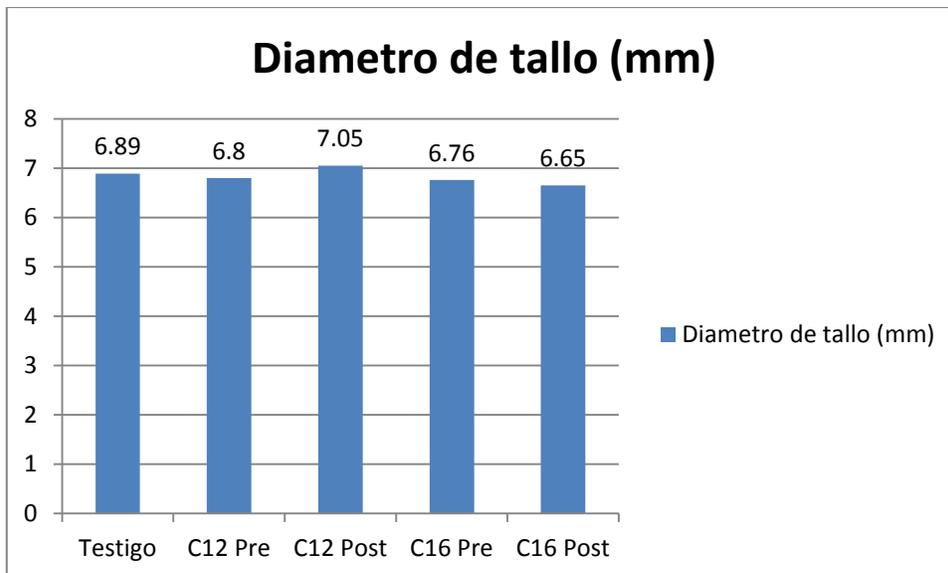


Figura 70. Diámetro de tallo de cada tratamiento.

#### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de estadística descriptiva en InfoStat, de la variable: diámetro del tallo.

### Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	CV
C12 Post	D. Tallo	10	7.05	0.50	0.25	7.05
C12 Pre	D. Tallo	10	6.80	0.42	0.18	6.20
C16 Post	D. Tallo	10	6.65	0.34	0.11	5.07
C16 Pre	D. Tallo	10	6.76	0.64	0.41	9.46
Testigo	D. Tallo	10	6.89	0.39	0.15	5.70

Se puede observar que las medias en todos los casos tienen diferencias mínimas y por lo tanto podemos concluir que no existe un tratamiento que realice un efecto significativo sobre esta variable analizada, ya que todas poseen un comportamiento muy similar entre ellas. Los coeficientes de variación (CV) se ubican en el rango “muy preciso” y uno en el rango “precisión aceptable”.

### INCIDENCIA DE PATOGENO EN TALLOS:

Entre los cinco tratamientos, el que presenta menos la incidencia del patógeno al momento de rajar los tallos fue la cama “Testigo” (ver figura 71).

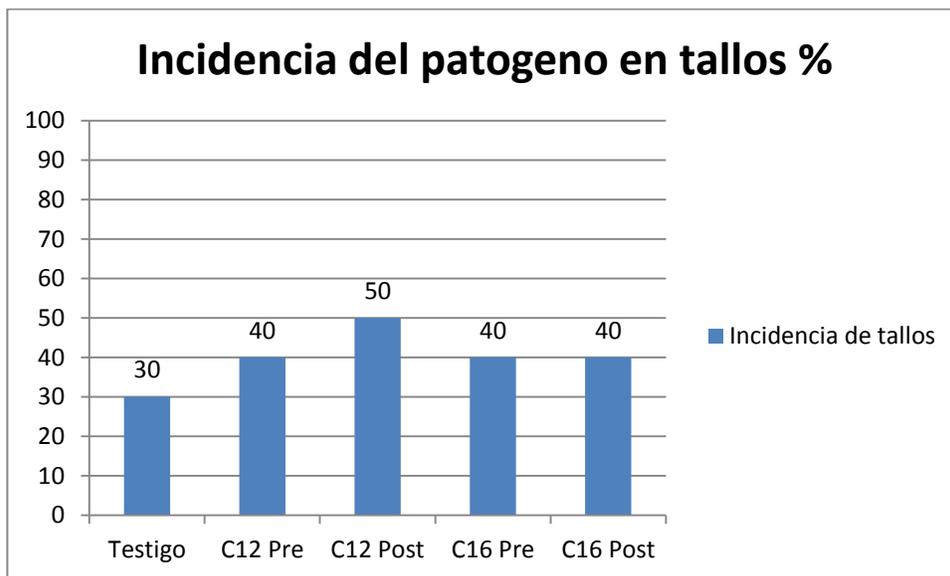
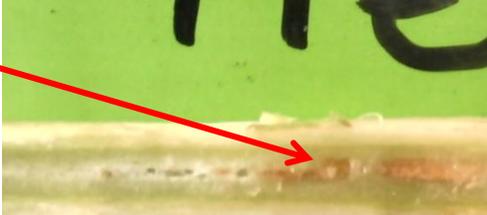
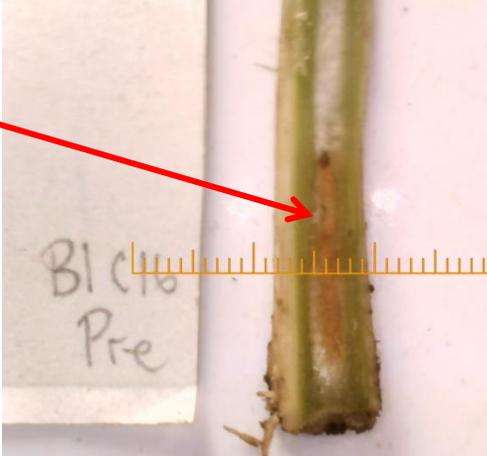
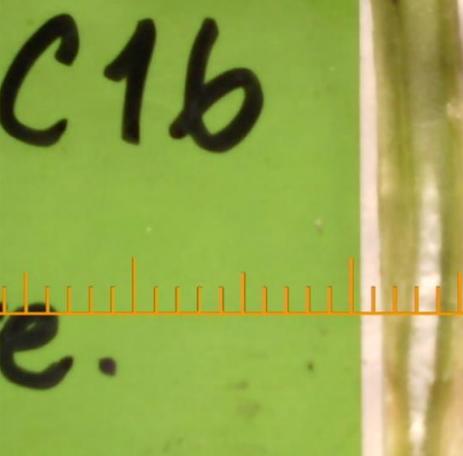
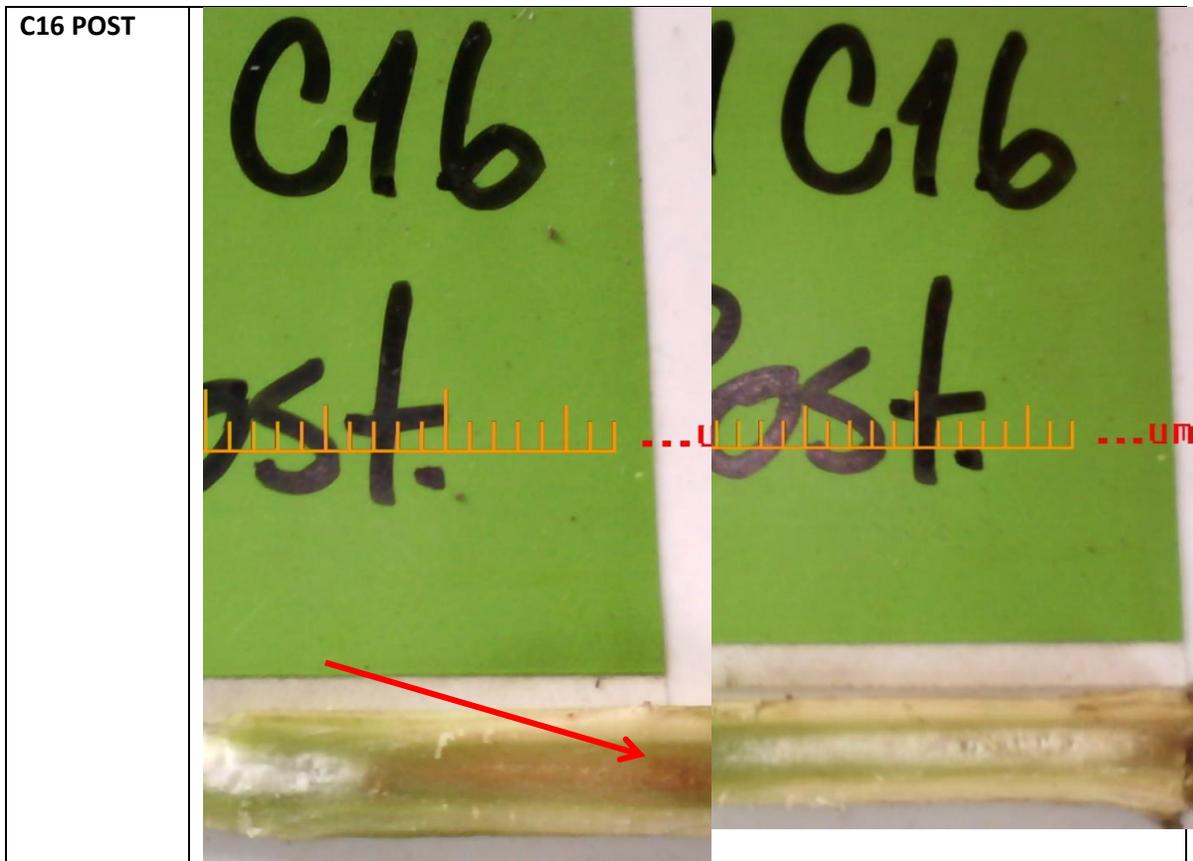


Figura 71. Incidencia de patógenos en el tejido vascular.

Cuadro 52. Incidencia de los patógenos en tallos de crisantemo.

Tratamiento	Tallo con patógeno	Tallo sin patógeno
Testigo		
C12 PRE		
C12 POST		
C16 PRE		



Como se observa en el cuadro 53 es notoria la presencia de un patógeno vascular que infecta las plantas ingresando por la zona radicular, y en la figura 66 se visualiza las diferencias de cada tratamiento y que el testigo que fue desinfectado con Basamid presenta menos incidencia del patógeno.

#### NÚMERO DE NEMATODOS

En el cuadro siguiente se describe el desarrollo de la densidad de nematodos en las camas que componen el ensayo, donde se presentaron nematodos saprobios, Paratylenchus y Pratylenchus, en el resultado siguiente es el total de todos ellos. A continuación se presenta una fotografía de nematodos encontrados en las muestras analizadas:

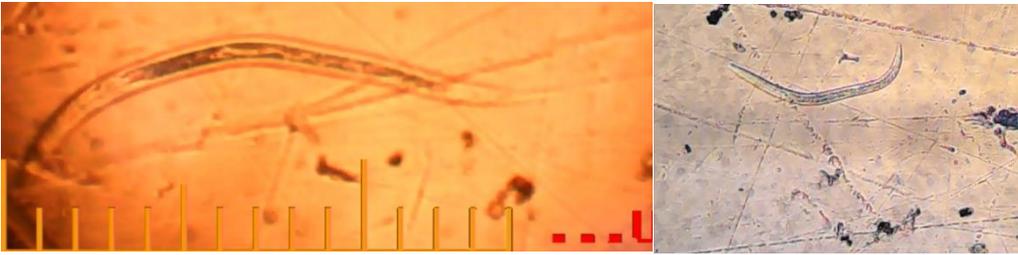


Figura 72. Fotografías de nematodos en el microscopio.

Prueba de hipótesis donde se esterilizo con drench pre siembra y post siembra, con diferente fuente de agua del riego. (Quebrada) y (Quebrada + dióxido de cloro).

Prueba de T (Hipótesis de medias independientes)	Prueba F (Igualdad de varianzas)
-Hipótesis nula ( $H_0$ ): $\mu_1 = \mu_2$ -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): $\mu_1 \neq \mu_2$	-Hipótesis nula ( $H_0$ ): $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ -Hipótesis alterna ( $H_a$ ): $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Prueba de T: Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

Al realizar una prueba de T, en las camas donde se esterilizo con Dióxido de Cloro se logró determinar que las medias de la variable de respuesta de numero de nematodos de dichas camas poseen una distribución homogénea entre ellas, ya que todos los valores de prueba de T son mayores a “0.05” y por lo tanto No se rechaza la hipótesis nula y se acepta la misma: concluyendo que las medias de todos los tratamientos con dióxido de cloro pre y post siembra son iguales.

#### Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	pHomVar	T	p-valor	prueba
Tratamiento	Nematodos	{Dióxido post}	{Dióxido pre}	0.2543	0.42	0.6833	Bilateral
Tratamiento	Nematodos	{Dióxido post}	{Quebrada post}	0.8453	0.18	0.8597	Bilateral
Tratamiento	Nematodos	{Dióxido post}	{Quebrada pre}	0.8129	-0.95	0.3593	Bilateral
Tratamiento	Nematodos	{Dióxido pre}	{Quebrada post}	0.3409	-0.22	0.8284	Bilateral
Tratamiento	Nematodos	{Dióxido pre}	{Quebrada pre}	0.1727	-1.50	0.1561	Bilateral
Tratamiento	Nematodos	{Quebrada post}	{Quebrada pre}	0.6665	-1.15	0.2691	Bilateral

Con el resultado anterior se procede a interpretar a todas las camas que fueron esterilizadas con Dióxido de cloro como una solo cama o tendencia y se procedió a

realizar una media de dichas camas para poder comparar dicha media con la testigo realizando un análisis de regresión binaria.

En el cuadro 54, se observa el comportamiento de la densidad de nematodos en el suelo conforme a los resultados de laboratorio.

Cuadro 53. Desarrollo, semanal del número de nematodos totales por cada 100 de suelo.

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7
Basamid	456	121	212	242	212	242	364	424
Dióxido de cloro	537.5	507.5	522.75	470	636	583.5	636	651.25

La semana "0" es antes de realizar la aplicación de Basamid y el drench con dióxido de cloro, y luego a partir de la semana "1" ya es el desarrollo del cultivo como tal.

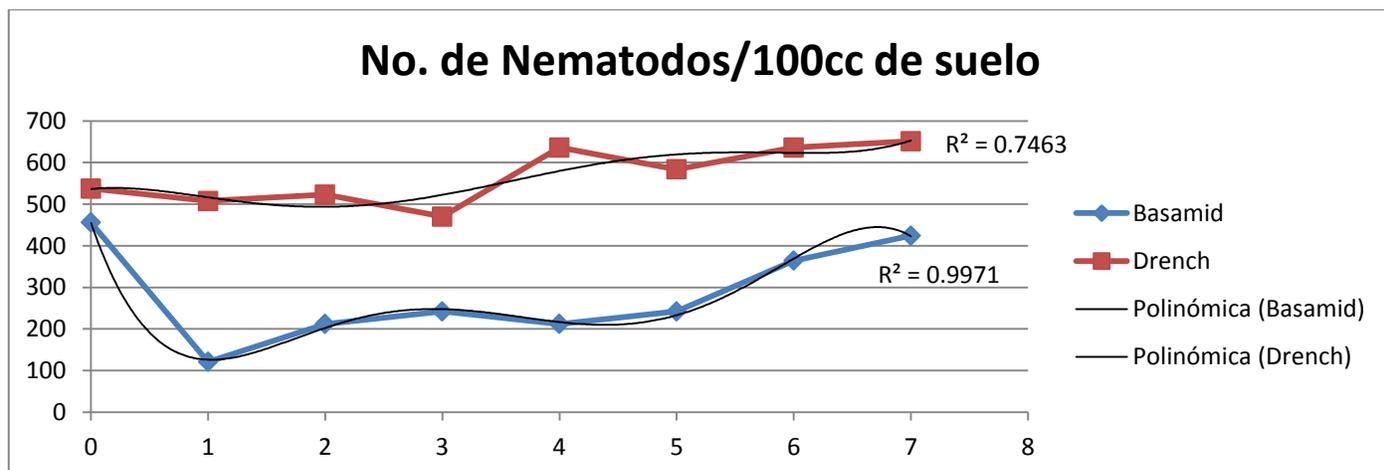


Figura 73. Desarrollo de los nematodos en el suelo de cada tratamiento.

En la anterior gráfica demuestra el desarrollo de los nematodos en el suelo al ser esterilizados con basamid y con un drench de dióxido de cloro, ambas funciones se pueden ajustar a un modelo polinómico con exponente cinco donde se demuestra sus coeficientes de determinación elevados (Basamid  $R^2 = 0.9971$ ) y (Drench de  $\text{ClO}_2$   $R^2 = 0.7463$ ).

Ahora se procede a realizar un análisis de regresión en forma binaria para poder determinar si existen diferencias significativas en los coeficientes de ambas regresiones y así poder determinar si el comportamiento de ambas regresiones es igual uno que el otro.

## ANÁLISIS DE REGRESIÓN EN FORMA BINARIA

Como primer paso para realizar una regresión binaria se tiene que ajustar el modelo a los datos en donde sea mejor la proporción de ajuste, para este caso se demostró en la gráfica anterior donde se observa que al ajustar con una línea de tendencia los datos a un modelo de ajuste polinómico elevado a la quinta se obtiene los mejores ( $R^2$ ) y de acuerdo a eso se procede a ajustar el modelo a un polinomio elevado a la quinta donde al mismo tiempo se le agrega su forma binaria para poder realizar el análisis posterior.

La variable binaria se denotara con una (E=esterilización) ya que un tratamiento se esterilizo con basamid y el otro con un drench de dióxido de cloro, en su forma binaria tendrán dos valores de clasificación cuando tenga el valor de “0” será la esterilización con “Basamid” y cuando tenga el valor de “1” será “Drench de  $\text{ClO}_2$ ”, la variable de respuesta (Y) tendrá el valor de “número de nematodos/100 cc de suelo”, la variable independiente es semanas (S).

Al ajustar el modelo a un polinomio elevado a la quinta se debe elevar la variable independiente al exponente (1, 2, 3, 4 y 5) también multiplicarlo cada uno por la forma binaria quedando de la siguiente manera:

<b>Función lineal</b>
$y = \alpha + \beta_1 S$
<b>Función polinómica con exponente cinco en forma binaria (AJUSTADA)</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 S + \delta_2 S^2 + \delta_3 S^3 + \delta_4 S^4 + \delta_5 S^5 + \delta_6 E + \delta_7 ES + \delta_8 ES^2 + \delta_9 ES^3 + \delta_{10} ES^4 + \delta_{11} ES^5$

Ahora con la función ya ajustada, se procede a realizar la forma binaria en donde se sustituye el valor de “E” cuando dicho valor sea (0) se está identificando el tratamiento de “Basamid” riego con agua de y cuando se sustituye el valor de “R” por (1) se identifica el tratamiento de “Drench de  $\text{ClO}_2$ ” por lo tanto se procede a realizar la sustitución y las funciones binarias quedan de la siguiente manera:

<b>E = 0 (BASAMID)</b>
$y = \delta_0 + \delta_1 S + \delta_2 S^2 + \delta_3 S^3 + \delta_4 S^4 + \delta_5 S^5$

**E = 1 (DRENCH DE ClO<sub>2</sub>)**

$$y = \delta_0 + \delta_1 S + \delta_2 S^2 + \delta_3 S^3 + \delta_4 S^4 + \delta_5 S^5 + \delta_6(1) + \delta_7(1)S + \delta_8(1)S^2 + \delta_9(1)S^3 + \delta_{10}(1)S^4 + \delta_{11}(1)S^5$$

Luego se agrupan términos semejantes y quedan de la siguiente forma:

$$y = (\delta_0 + \delta_6) + (\delta_1 + \delta_7)S + (\delta_2 + \delta_8)S^2 + (\delta_3 + \delta_9)S^3 + (\delta_4 + \delta_{10})S^4 + (\delta_5 + \delta_{11})S^5$$

Luego de obtener la función binaria de cada tratamiento se dispone a realizar la regresión binaria para poder determinar los coeficientes de cada delta ( $\delta$ ) y así lograr determinar la función de respuesta de cada tratamiento, a continuación se presenta la regresión binaria realizada en el análisis de datos de Excel:

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.990462522
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.981016007
R <sup>2</sup> ajustado	0.928810028
Error típico	46.27477857
Observaciones	16

El modelo se ajusta un 98.10% a los datos

La proporción de ajuste es relevante ya que la probabilidad es menor de "0.05"

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	11	442626.314	40238.7558	18.79125756	0.006084148
Residuos	4	8565.42053	2141.355132		
Total	15	451191.734			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
do Intercepción	454.958042	46.1802988	9.851777781	0.000595437
d1 S	-818.348834	183.310823	-4.464269064	0.011123649
d2 S <sup>2</sup>	691.576632	194.615901	3.553546388	0.023722947
d3 S <sup>3</sup>	-234.811917	75.50961	-3.109695802	0.035882458
d4 S <sup>4</sup>	34.7106643	12.1784751	2.850165065	0.04638806
d5 S <sup>5</sup>	-1.84391026	0.6931322	-2.660257693	0.056375213
d6 E	81.3800991	65.3088049	1.246081584	0.280731168
d7 (E*S)	847.494566	259.240651	3.269142247	0.030814055
d8 (E*S <sup>2</sup> )	-776.992096	275.228447	-2.823080631	0.047678701
d9 (E*S <sup>3</sup> )	278.277681	106.786715	2.605920425	0.059675327
d10 (E*S <sup>4</sup> )	-42.2723266	17.2229647	-2.45441638	0.070111217
d11 (E*S <sup>5</sup> )	2.28092949	0.98023695	2.326916448	0.080523696

Mayor a 0.05

Menor a 0.05

El coeficiente de determinación afirma que el modelo está ajustado en un 98.10% a los datos y que la proporción de ajuste es relevante ya que el “valor crítico de F” es menor a “0.05”

#### Interceptos de ambas funciones

En delta 6 ( $\delta_6$ ) por contener el coeficiente de la binaria y ser el delta distinto entre ambos interceptos puede marcar la diferencia y debido a eso se prueba la siguiente hipótesis del intercepto (Alfas) de ambas funciones:

-Hipótesis nula ( $H_0$ ):  $\alpha_1 = \alpha_2$

-Hipótesis alterna ( $H_a$ ):  $\alpha_1 \neq \alpha_2$

Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

Según delta 6 ( $\delta_6$ ) con un valor de “0.2807” es mayor al criterio de rechazo por eso NO se rechaza la hipótesis nula y se acepta la misma, determinando que ambas funciones no presentan diferencia alguna en sus alfas y que en su fase inicial presentaran las misma densidad de nematodos ya que provienen de un manejo convencional en ambas camas.

#### Efecto de los polinomios en las funciones

En delta 7, 8, 9, 10 y 11 ( $\delta_7$ ,  $\delta_8$ ,  $\delta_9$ ,  $\delta_{10}$  y  $\delta_{11}$ ) por contener el coeficiente de los polinomios, se prueba la siguiente hipótesis del efecto que pueda tener el polinomio al cual fue elevado en la función de respuesta.

-Hipótesis nula ( $H_0$ ):  $S_1^n = S_2^n$

-Hipótesis alterna ( $H_a$ ):  $S_1^n \neq S_2^n$

Criterio de rechazo de ( $H_0$ ), si el (p-valor) es menor a (0.05) se rechaza la hipótesis nula y por consecuencia se acepta la hipótesis alterna. Y si es mayor a (0.05) no se rechaza la ( $H_0$ ) y se realiza la conclusión.

Como se puede observar en la regresión binaria anterior todos los valores de ( $\delta_9$ ,  $\delta_{10}$  y  $\delta_{11}$ ) son mayores a “0.05” por lo tanto NO se rechaza la hipótesis nula y los efectos cúbicos, exponente cuatro y exponente cinco no son diferentes.

Mientras las deltas ( $\delta_7$  y  $\delta_8$ ) su probabilidad es menor que "0.05" por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna donde se concluye que los coeficientes de ambas regresiones son distintos y debido a este criterio se define que los efectos lineales y cuadráticos son los que están marcando la diferencia entre ambas regresiones.

Con lo anterior se concluye: de la semana 0 a la semana 7 el desarrollo de nematodos en el suelo al ser esterilizados con Basamid o un Drench de Dióxido de Cloro, presentan una diferencia significativa debido a que existen efectos de algunos coeficientes de las regresiones y ambas funciones tienen un comportamiento distinto. Las regresiones de acuerdo al análisis de binaria quedan de la siguiente manera:

E = 0 (BASAMID)
$y = 454.95 - 818.34S + 691.57S^2 - 234.81S^3 + 34.71S^4 - 1.84S^5$

E = 1 (DRENCH DE ClO <sub>2</sub> )
$y = 536.33 + 29.14S - 85.41S^2 + 43.46S^3 - 7.56S^4 + 0.437S^5$

Realizando una tendencia de las regresiones finales de cada tratamiento se puede apreciar que la tendencia hipotética del desarrollo de los nematodos al esterilizar con Basamid tiene a decrecer mientras al utilizar un drench de dióxido de cloro tiende a crecer (ver figuras 74 y 75).

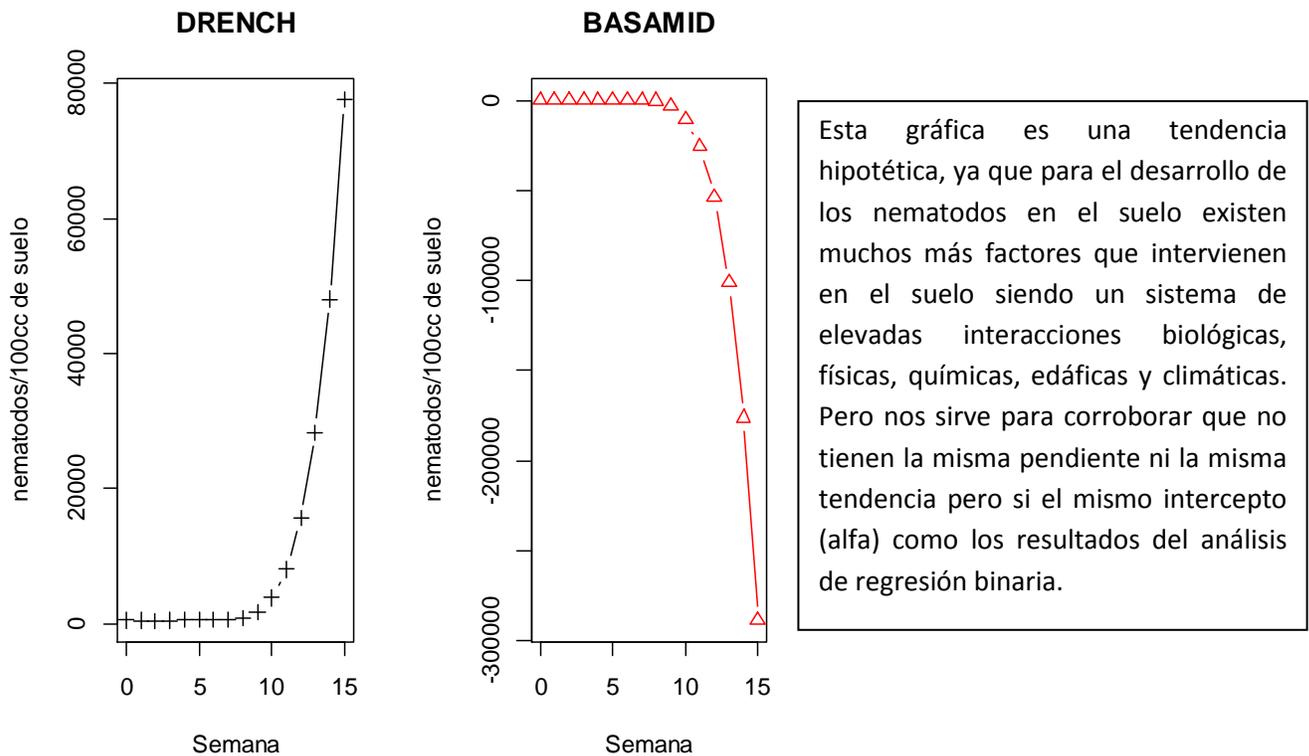


Figura 74. Tendencia sobre el comportamiento de los nematodos en el suelo.

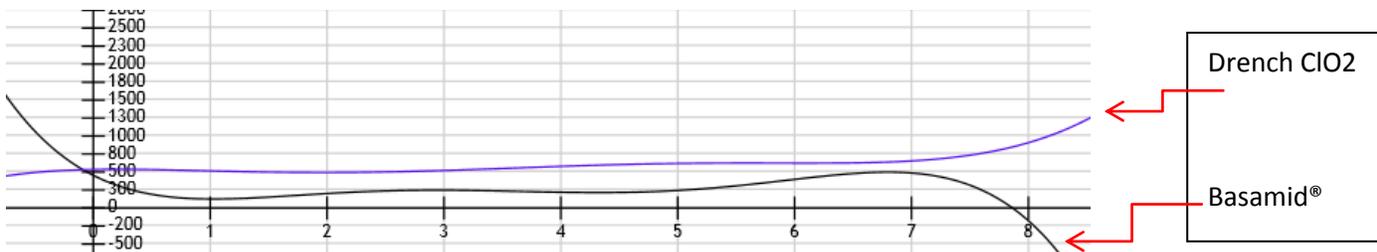


Figura 75. Comparación de ambos sistemas basados en una función de respuesta.

El intercepto en ambas funciones se observa que son similares ya que provienen de un manejo convencional para todas las unidades experimentales de este ensayo.

Si ambos tratamientos producen el mismo efecto sobre la variable analizada sus tendencias fueran homogéneas pero como se observa en grafico anterior, las pendientes de un tratamiento con el otro son totalmente diferentes y este resultado está ligado con la conclusión de que los coeficientes de los regresores de cada tratamiento no son iguales.

Cuadro 54. Fotografías de los tratamientos en campo.

	<p>TRATAMIENTO: -ESTERILIZACION CON BASAMID</p>
	<p>TRATAMIENTO: -ESTERILIZACION CON DRENCH DE ClO<sub>2</sub></p> <p>APLICADO POST-SIEMBRA</p>

	<p>TRATAMIENTO: -ESTERILIZACION CON DRENCH DE ClO<sub>2</sub></p> <p>APLICADO PRE-SIEMBRA</p>
---	---

#### 3.2.5.4 Conclusiones

- En la variable de respuesta longitud del tallo, se obtuvo una media mayor en el tratamiento: Testigo (Esterilización con Basamid®), basándonos en las pruebas de T.
- En la variable de respuesta número de botones por tallo, todos los tratamientos obtuvieron la misma tendencia en sus resultados y no existe alguno que sobre salga de los demás.
- En la variable diámetro de tallo, todos los tratamientos obtuvieron resultados muy similares y por lo tanto no existe ninguno que sobre salga de los demás.

- En la variable de incidencia del patógeno en tallo, la que obtuvo un menor número de tallos con presencia del patógeno fue el tratamiento que se esterilizó con Basamid®.
- En la variable de respuesta densidad de nematodos en el suelo, se puede concluir basándose en los resultados del análisis de regresión binaria que la función de esterilización con Basamid® y utilizando un Drench con Dióxido de Cloro presentan diferencia significativa en sus coeficientes de regresión, por lo tanto se puede definir que el comportamiento con respecto del tiempo no es similar, al esterilizar con Basamid® la densidad de nematodos es menor que al utilizar el Drench con Dióxido de Cloro. Afirmando que la esterilización con Basamid® es más eficiente para el control de nematodos que la esterilización con un Drench de Dióxido de Cloro.

### **3.2.5.5 Evaluación**

Basados en todo lo anterior, se puede definir que el dióxido de cloro actuó en ninguna manera como nematicidas y fungicida en el suelo. Y debido a eso la empresa no cambio su método de desinfección actual que la realiza con Basamid®.